

UN CENTRE CANADIEN DE RECHERCHE

75 ans de recherche fédérale sur les minéraux, les métaux et les combustibles

A. IGNATIEFF



Canada

This document was produced
by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une
numérisation par balayage
de la publication originale.

UN CENTRE CANADIEN DE RECHERCHE

Historique de
75 ans de recherche et développement à
la Direction des Mines du gouvernement
fédéral (minéraux, métaux et combustibles)

A. Ignatieff
Direction des Mines (1947-1972)

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1982

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste au:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnement et Services Canada
Ottawa, Canada, K1A 0S9

N° de catalogue M 39-8/1982F
ISBN 0-660-90958-8

Canada: \$15.00
à l'étranger: \$18.00

Prix sujet à changement sans avis préalable

Photo de couverture: George Hunter

Maquette de couverture: Mark Toy

Coulée d'acier fondu (1600°C) d'une cuillère de coulée en source dans un moule de sable à la Section de la fonderie des Laboratoires de recherche en métallurgie physique. Ces installations, seules de leur genre au Canada, sont indispensables pour un organisme de recherche sur les nouveaux alliages et sur les procédés de fabrication de pièces métalliques.

*No man is an island, entire of
itself, every man is a piece of the
continent, a part of the main.*

DEVOTIONS, Upon Emergent Occasions
(1624) by John Donne (1573 - 1631)

*Ce livre est dédié aux générations passées, présentes et à venir des employés de
l'organisme du gouvernement fédéral qui s'est appelé successivement Direction des
Mines - Bureau des Mines - Direction des Mines - CANMET*

*Beaucoup d'entre eux ont servi le Canada non seulement dans cette institution mais
également dans ses forces de défense. La Direction des Mines a accueilli un nombre
particulièrement important d'anciens combattants de la Seconde Guerre mondiale, et
leur service est mentionné chaque fois qu'il est connu. Toutefois, les documents sont
incomplets. La présente dédicace salue toutes les générations qui ont payé de leur
personne au temps où leur pays avait besoin d'eux.*

NOTE D'INTRODUCTION

Alex Ignatieff a travaillé avec John Convey pendant presque tout le temps où celui-ci était directeur de la Direction des Mines. Le docteur Convey a suggéré à Alex Ignatieff de préparer une histoire de la Direction des Mines, et le successeur du docteur Convey, Don Coates, a apporté son appui et son encouragement à cette suggestion. A ma demande, le docteur Convey a accepté d'ajouter une préface, qui donne des informations sur le tableau résumant l'évolution de la recherche sur les minéraux.

Après sa retraite en 1972, Alex Ignatieff a reçu un doctorat Honoris Causa de l'université de l'Alberta, distinction qu'il avait bien méritée.

Alex Ignatieff a consacré à cette histoire beaucoup d'efforts sans rémunération pendant ses années de retraite; la Direction et le Ministère lui en seront toujours redevables.

W.G. Jeffery,
Directeur général,
CANMET

AVANT-PROPOS

Quand j'ai demandé pour la première fois à Alexis Ignatieff d'envisager d'écrire une histoire de la Direction des Mines, j'imaginai la présentation chronologique habituelle des événements saillants dans le développement de la Direction. Connaissant Alex, j'aurais dû me douter qu'il allait préparer et présenter une évaluation approfondie, minutieuse, organisée, chronologique et technique. Il a toujours cru fermement qu'une information adéquate permet à quiconque d'améliorer sa vie et sa santé, et en fait d'améliorer le monde.

Pendant bien des années, Alex occupait le bureau principal de l'édifice de la rue Booth connu sous le nom de Division des Carburants. Dans une grande pièce se trouvait un énorme bureau de style ancien, d'ordinaire complètement recouvert de rapports, de tout cela mémos et du contingent quotidien de lettres désagréables; au milieu on pouvait découvrir Alex. Malheureusement, son bureau était trop petit pour supporter tout son assemblage de papier; aussi fit-il installer dans son bureau une grande table de conférence rectangulaire ... censément pour les réunions de personnel. Cette deuxième table fut bientôt ensevelie comme son bureau. Toutefois, si submergé qu'il fût sous les papiers, chaque fois qu'un sujet se présentait, il était en mesure de retrouver immédiatement la référence voulue dans cette la jungle. Etant donné ce talent pour retrouver immédiatement les renseignements nécessaires dans des rames de documents écrits, on peut comprendre comment le présent volume sur l'histoire de la Direction des Mines reflète l'aptitude incroyable d'Alex à filtrer, examiner et présenter les réalisations techniques valables de la Direction des Mines.

Par choix et par formation, Alex est un ingénieur des mines, produit de l'école royale des Mines en Grande Bretagne (1927). Au début de sa carrière professionnelle, il passa plusieurs années dans les industries minières de l'or, du plomb, du zinc et du charbon; ceci lui a assuré une expérience internationale, en Afrique de l'Ouest, en Amérique Centrale, en Europe de l'Est et en Grande Bretagne. Il finit par arriver au Canada en 1947, pour devenir membre de la Direction des Mines à Ottawa. Je crois qu'il est correct de dire que sa véritable préférence allait aux charbonnages, ou, comme il le dirait lui-même - à la défense des causes perdues. L'intérêt qu'il portait au charbon s'est étendu au cours du temps pour s'appliquer à d'autres ressources énergétiques, et son horizon s'est élargi à tout le domaine de l'énergie. En avance de ses collègues, il est devenu sans le vouloir un des pionniers de ce qu'on appelle maintenant "la science des matériaux". Par exemple, il a introduit les physiciens à l'extraction souterraine de charbon, comme membres de son équipe d'étude

sur la mécanique des roches. Pour lui, toutes les mines, de charbon ou en roche dure, ouvertes ou souterraines, étaient des laboratoires, offrant des possibilités d'étude sur la sécurité, l'extraction économique et la conservation des ressources minérales. Des équipes d'étude de la Direction des Mines ont été installées dans toutes les régions minières du Canada. En tant que scientifique, il croyait que la conservation des ressources était essentielle, et au début des années 1950 il s'est rendu compte que le Canada manquait d'information concernant les réserves de charbon et de pétrole, particulièrement dans l'ouest du pays.

Ceux qui connaissent Alex Ignatieff voient immédiatement en lui un savant, toujours courtois, spirituel et sans prétention, qui consacre son temps à aider les autres à s'aider eux-mêmes. Il semble toujours avoir le plein contrôle de lui-même. Au cours de toute sa carrière dans la Direction des Mines, il a appuyé les valeurs humaines pour lesquelles il avait le plus d'admiration: le travail, l'économie, et un courage calme dans les moments difficiles. Ajouter à cela son aptitude particulière à écouter et sa chaleur humaine et on se rendra compte facilement qu'il lui était facile de devenir chef d'une équipe.

De temps en temps, il déclarait se considérer comme très verbeux, mais quant à moi, sa verbosité supposée m'est toujours apparue très soignée et d'une présentation logiquement rigoureuse. S'il est vraiment aussi verbeux qu'il se considérait l'être, je suis sûr qu'il a eu beaucoup de difficulté à se retenir d'embellir son histoire technique de la Direction des Mines de nombreuses anecdotes personnelles. Peut-être un jour pourra-t-on noter ses expériences extraordinaires au sein de l'équipe de la Direction des Mines.

Au début de la Direction des Mines, on reconnut le besoin d'examiner des possibilités de techniques canadiennes de traitement des minéraux, pour remplacer celles qui avaient été importées dans le pays; dès lors, la Direction a mis l'accent sur l'évaluation et la possibilité de production des ressources minérales. Le traitement des minéraux en était à son enfance, et l'expertise canadienne a crû dans les laboratoires d'Ottawa, particulièrement pendant la Première Guerre mondiale.

La Seconde Guerre mondiale a causé un besoin très urgent d'accélérer la production de minéraux et de métaux. Il devint essentiel d'introduire de nouvelles techniques et de nouveaux contrôles de la production, au point que les opérations de production assez pragmatiques des années précédentes ont été fortement améliorées, et dans bien des cas remplacées par des méthodes à base plus scientifique. Les métaux exotiques comme l'uranium, le titane et le magnésium étaient très recherchés, et il fallait créer pour ces métaux des techniques d'extraction et de raffinage. De plus, on se rendit compte que les sources d'énergie n'étaient pas aussi abondantes que prévu. L'équipe de la Direction des Mines a fait face à ce défi ensemble dans ce que l'on peut appeler la phase II de l'histoire de la Direction.

L'intérêt porté au développement des ressources de carburant du Canada a stimulé une croissance rapide de la Division des Carburants de la Direction des Mines. Etant donné que l'extraction du charbon a toujours causé des difficultés techniques, la Direction a lancé un groupe de recherche sur les mines. Cette entreprise était due principalement à l'initiative d'Alex Ignatieff.

Le besoin d'augmenter la production de métaux et d'améliorer les propriétés métallurgiques est à l'origine de la Division de la Métallurgie Physique. Les réacteurs atomiques avaient besoin d'uranium métallique presque pur, ce qui a constitué une introduction à l'étude métallurgique des métaux purs.

Etant donné la prise de conscience croissante des questions environnementales, et la nécessité d'économiser l'énergie, on a porté une attention plus grande aux méthodes d'extraction des métaux à partir des concentrés minéraux. On a fait beaucoup de progrès dans l'utilisation de l'hydrométallurgie dans le but de surmonter les problèmes causés par les émissions de gaz sulfureux associées à la pyrométallurgie. L'approche scientifique a été de plus en plus utilisée pour le traitement des minerais et les procédés d'extraction, dans les divisions des sciences minérales et de la métallurgie de l'extraction.

La phase III de l'histoire de la Direction des Mines concerne l'industrie canadienne des minéraux du point de vue de l'économie d'énergie et des ressources minérales, de la réduction de la pollution et de la production économique. L'équipe de la Direction des Mines reconnaît alors que chaque division dite technique constitue une composante d'une approche scientifique globale au développement de l'industrie canadienne des minéraux. La science atomique a livré la clé, lorsque l'étude des propriétés des minéraux et des métaux au niveau microscopique a remplacé l'approche ancienne au niveau macroscopique. Les minéraux métalliques et non métalliques, les métaux ferreux et non ferreux, les conducteurs et les isolants possédaient tous des structures de base atomique reconnues et apparentées. La science moderne des matériaux était lancée, et le développement de la Direction des Mines a reflété cette révolution. Le personnel est devenu multi-disciplinaire.

A travers les pages de cette histoire du développement technique de la Direction des Mines, nous avons une présentation extraordinaire du travail et des réussites de ceux qui nous ont précédés comme membres de l'équipe de la Direction des Mines. Ceux d'entre nous qui sont encore en vie disent: merci, Alex, pour nous permettre de revivre des expériences mémorables, pour nous donner une meilleure appréciation de nombreux collègues qui, par leur travail d'équipe et parfois tout simplement par leur énorme persévérance ont contribué à rendre le Canada plus autonome. Aux lecteurs qui n'ont jamais été membres de l'équipe de la Direction des Mines, je peux assurer qu'ils trouveront dans ce volume un réservoir énorme et facile à consulter d'information technique reflétant la croissance de l'industrie canadienne des minéraux.

John Convey
Directeur (1951-1973)

PRÉFACE

Maggie Ralph (1919-1956) s'est efforcée pendant plusieurs mois en 1948 de publier une circulaire mensuelle de la Direction des Mines, dans laquelle elle présentait, sous forme de feuilleton, une section concernant l'histoire de la Direction. Cet effort n'a pas duré très longtemps, faute de contributions de la part du personnel. Un livret comportant des notes historiques a été publié à l'occasion de l'ouverture officielle de l'édifice du 555 rue Booth, 300 rue Lebreton en 1957, qui coïncidait avec le cinquantième anniversaire de la loi du Ministère des Mines de 1907; des notes historiques du même genre ont été publiées dans les premiers numéros de Mines Meme, rapport annuel de la Direction des Mines. Un livret a été publié concernant l'histoire de la Division des Carburants, première division de laboratoire de la Direction de Mines, intitulé "Fifty years of fuel testing and research" par A.A. Swinnerton. Dans la fin des années 60, Betty Hutchings (née Macfarlane) a recueilli beaucoup de documents sur les anciens directeurs, comme Eugene Haanel, John McLeish, W.B. Timm, et C.S. Parsons. Elle a transcrit certains des rapports d'origine. L'auteur du présent volume désire exprimer sa dette pour l'information tirée des documents mentionnés.

A l'exception des chapitres 1 et 2 concernant l'origine de la Direction des Mines et de la législation pertinente, ce rapport historique est organisé en périodes correspondant approximativement aux périodes de fonction des six directeurs, avec les modifications législatives associées. La période totale couverte par ce rapport va de 1901 à 1975. Toutefois, pour assurer une plus grande clarté dans la description des projets mineurs, ceux-ci sont décrits sans interruption, dépassant à l'occasion la période mentionnée dans le titre du chapitre. Cette méthode se manifeste particulièrement dans le chapitre 6, le plus long, où les descriptions se prolongent jusqu'aux années 1970.

Pour traiter d'une période de près de soixante quinze ans en un seul volume, il a fallu effectuer une synthèse assez condensée; par conséquent, ce rapport ne saurait être une histoire vraiment complète. On espère toutefois avoir présenté un résumé suffisamment détaillé des activités d'une institution fédérale scientifique et technique, au cours des vicissitudes d'une période de l'histoire canadienne qui a connu deux guerres mondiales et une importante dépression économique.

Au lieu d'un index par sujet, la table des matières présente tous les titres principaux et secondaires, pour aider le lecteur à trouver un sujet particulier. Dans tout le volume, on utilise deux systèmes différents de titres - l'un concerne l'organisation et l'autre la recherche et le développement, par denrée ou par discipline. On utilise également deux systèmes différents de référence ou de citations bibliographiques; l'un est indiqué dans le texte sous forme abrégée, alors que le deuxième concerne généralement des projets de recherche ou des études plus étendues et apparaît dans une bibliographie à la fin du volume.

On s'est efforcé d'humaniser le récit technique en mentionnant autant de membres de la famille de la Direction des Mines que possible; il n'a toutefois pas été possible de mentionner tous les contributeurs aux projets particuliers, en raison du manque d'information sur le personnel et de limitations de volume. La première mention d'un nom dans le texte est accompagnée des dates de service pertinentes entre parenthèses; lorsque seule la date initiale apparaît, ceci signifie que la personne en question était encore au service de la Direction le 31 décembre 1975. On donne en appendice des listes séparées des femmes et des hommes comptant dix années de service ou plus; les femmes, qui constituent un groupe restreint mais respecté, seraient difficiles à identifier, si elles étaient groupées dans la même liste que les hommes.



Carolyn Beaton



Don Coates



Nola Ferguson



Joan Stewart



Graham Taylor



John Walsh



Art Darling



Joan Scott



Doug Montgomery



Ron Kelso



John Perry



Basil Whalley



Gloria Peckham



Irene Wilkes



Elaine Atkinson



Bob Cunningham



Cyril Dixon



Nita Metz



Marilyn Fraser



Krisztina Nagy



Ray MacDonald

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à exprimer sa gratitude envers feu M. Donald F. Coates, Ph.D., Directeur général, pour lui avoir attaché l'aide des membres du personnel de CANMET, sans lesquels on n'aurait pu compléter la version anglaise, ni la sub-séquente version française de ce volume.

L'auteur désire aussi remercier les nombreux lecteurs qui ont gracieusement donné de leur temps pour vérifier l'exactitude du texte anglais, particulièrement: feu Donald F. Coates, Bob Cunningham, John Perry, John Ingles, Doug Montgomery, John Walsh, Tom Cochrane, Art Darling et Joan Scott.

La traduction de ce volume vers le français a été effectuée à forfait, par l'entremise du Secrétariat d'Etat.



Tom Cochrane



Chris Mamen



Al Gilmore



Jim Kanasy



John Ingles



Les Job

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>		<u>Page</u>
AVANT-PROPOS	v	<i>La fonte à l'électricité</i>	36
PRÉFACE	ix	LES COMBUSTIBLES SOLIDES	37
REMERCIEMENTS	xi	La tourbe	37
		Le charbon	39
		<i>L'Université McGill</i>	39
CHAPITRE 1		<i>Le laboratoire d'essais des combustibles</i>	40
LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA	1	<i>L'extraction de la houille</i>	41
		<i>Les gazogènes</i>	42
		<i>Les essais de chaudière</i>	43
CHAPITRE 2		<i>La carbonisation</i>	43
APPELLATIONS ET LÉGISLATION	5	LES HYDROCARBURES	43
MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR, 1901 - 1907	5	Les schistes bitumineux	44
MINISTÈRE DES MINES, 1907 - 1936	8	Sables bitumineux	44
Loi sur les Explosifs, 1920	9	Le pétrole et le gaz naturel ...	45
Loi des Explosifs, 1946	9	<i>Les ateliers du Ministère</i>	47
MINISTÈRE DES MINES ET DES RESSOURCES, 1936-1950	10	<i>Les explosifs de mine</i>	48
MINISTÈRE DES MINES ET RELÈVES TECHNIQUES, 1950-1966	11	LES MÉTAUX COMMUNS	51
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES, 1966	14	Le zinc	51
		Le molybdène	53
		Le cobalt	54
		Le cuivre	54
		Les pyrites	55
		L'OR	56
		<i>L'exploitation de veines</i>	56
CHAPITRE 3		<i>Études spéciales</i>	58
PREMIÈRE PARTIE - LES DÉBUTS 1901-1907 ...	19	LES MINÉRAUX INDUSTRIELS	58
LE MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR	19	L'amiante	59
EUGÈNE HAANEL - Premier directeur de la Direction des Mines	19	Le gypse et le sel	59
L'OR	21	Le mica	60
LE FER	22	La pierre de taille	60
LA TOURBE	25	Le phosphate et le feldspath ...	60
LES MÉTAUX COMMUNS	26	Le calcaire, le sable, et le grès	60
LES MINÉRAUX INDUSTRIELS	26	Le graphite	61
<u>Généralités</u>	27	Autres minéraux	62
		La céramique	62
		Matériaux routiers	64
DEUXIÈME PARTIE - L'ÉMERGENCE	30	<i>Division de la Chimie</i>	64
LE MINISTÈRE DES MINES, 1907-1920 - PREMIÈRE GUERRE MONDIALE	30	<i>Laboratoires de la Direction des Mines en 1917</i>	65
Composition de la Direction des Mines	30	<i>La Division des Ressources minières et des Statistiques</i>	67
LE FER	34	<i>L'inventaire des ressources minières</i>	68
<i>Les gisements</i>	34	<i>La Division du Dessin industriel</i>	69
<i>Le traitement</i>	34	<i>Les publications</i>	69
		<i>La coopération avec la Commission géologique</i>	70
		<i>Eugene Haanel, Ph.D., F.R.S.C.</i>	70

CHAPITRE 4	<u>Page</u>		<u>Page</u>
L'AFFERMISSEMENT DANS LE PROGRÈS	73	La bibliothèque	117
<u>LE MINISTÈRE DES MINES, 1920-1936 - LA GRANDE</u>		<u>Division du dessin</u>	117
<u>DÉPRESSION</u>	73	<u>Le conseil national de recherches</u>	118
JOHN McLEISH: SECOND DIRECTEUR DE LA		<u>Commentaires généraux</u>	118
<u>DIRECTION DES MINES</u>	73		
<u>Organisation de la Direction des Mines</u>	74	CHAPITRE 5	
<u>Publications</u>	77	LA DEUXIÈME GUERRE MONDIALE - LE PRÉLUDE, LES	
LES MINÉRAUX	77	HOSTILITÉS ET LES CONSÉQUENCES (1936-1951) ...	121
Les pigments minéraux	78	<u>MINISTÈRE DES MINES ET DES RESSOURCES,</u>	
Les sels alcalins	78	1936-1949	121
Le spath fluor	79	WILLIAM BENJAMIN TIMM, TROISIÈME CHEF DE LA	
La silice	79	DIRECTION DES MINES (BUREAU DES MINES)	121
La bentonite	79	CECIL STEWART PARSONS, QUATRIÈME CHEF DE LA	
Le talc et la stéatite	79	DIRECTION DES MINES (BUREAU DES MINES)	123
Le feldspath	80	<u>Organisation du Bureau des Mines</u>	124
Les abrasifs	80	<u>L'effort de guerre</u>	128
Le graphite	81	LES MÉTAUX	130
Le mica	81	L'or	130
L'amiante	81	Le fer	131
La pierre à chaux et la		Le tungstène	131
dolomie	81	Le molybdène	131
Le gypse et le sel	81	Le chrome	132
Le granit	83	Le manganèse	132
Les sables pour utilisations		Le nickel	132
particulières	83	Le cobalt	132
<u>Le laboratoire des minéraux industriels</u>	84	Le tantale	132
<u>L'appellation 'minéraux industriels'</u>	84	Les métaux communs (cuivre,	
LES MÉTAUX	86	plomb, zinc)	132
<u>Structuration de la Division de la préparation</u>		L'aluminium	132
<u>des minerais et de la métallurgie</u>	86	<u>Organisation de la Division de la Préparation</u>	
LES MÉTAUX COMMUNS	88	<u>des minerais et des Opérations métallurgiques</u>	133
Le molybdène	88	L'uranium	134
<i>La flottation différentielle et les études</i>		<i>Recherche sur la transformation</i>	134
<i>des réactifs de flottation</i>	89	<i>Recherches en métallurgie physique incluant</i>	
<i>Recherche et développement sur le traitement</i>		<i>les réacteurs atomiques</i>	136
<i>des minerais de métaux communs</i>	89	<u>Organisation des Laboratoires de recherche</u>	
<i>Recherche en hydrométallurgie et en électro-</i>		<u>en métallurgie physique</u>	142
<i>chimie</i>	90	COMBUSTIBLES	144
L'OR ET L'ARGENT	92	Charbon	144
LES MÉTAUX FERREUX	93	<i>Evaluation des ressources</i>	144
LES MINÉRAIS RADIOACTIFS	97	<i>La carbonisation</i>	146
LES COMBUSTIBLES	97	<i>Enrichissement</i>	147
<u>Structuration de la Division des combustibles</u>		<i>Combustion</i>	148
<u>et des essais de combustibles</u>	100	<i>Hydrogénation</i>	150
La tourbe	101	<i>Exploitation minière</i>	151
Le charbon	102	Tourbe	151
<i>L'évaluation des ressources</i>	103	Sables bitumineux	152
<i>La carbonisation</i>	104	Schistes bitumineux	155
<i>La combustion</i>	106	Pétrole et gaz naturel	155
Les schistes bitumineux	107	<u>Organisation de la Division des Combustibles</u> ...	156
Les sables bitumineux	110	<u>Explosifs</u>	157
Pétrole et gaz naturel	111	MINÉRAUX INDUSTRIELS	158
L'hélium	112	Syénite néphélinique	159
<u>Division de la céramique et des matériaux</u>		Talc et stéatite	159
<u>de voirie</u>	113	Brucite (hydroxyde de magnésium)	159
<u>Division de la chimie</u>	115	Dolomite	160
<u>Division des ressources minérales</u>	116		

	<u>Page</u>		<u>Page</u>
Silicate de magnésium	160	<i>Recherche sur le traitement</i>	214
Dolomite à magnésite	160	<i>Recherche en Métallurgie physique</i>	216
Potasse	160	MÉTAUX PRÉCIEUX	218
Phosphate	160	L'or	218
Mica	161	Argent	220
Minerais industriels divers	161	Groupe du platine	221
Matériaux pour routes et terrains d'aviation	161	<u>Division de Métallurgie extractive</u>	221
Céramique	161	<u>Organisation de la Division de la Métallurgie extractive, 1965</u>	222
<u>Changements dans l'organisation de la Division des Minéraux industriels</u>	162	FER ET ACIER	225
<u>Division de l'économie (Ressources minérales)</u>	163	<i>Traitement du minerai de fer</i>	226
<u>Publications</u>	164	<u>Division du Traitement des minéraux (minerais ferreux)</u>	226
<u>Organisation de la Division des Ressources minérales</u>	166	<i>Recherche en Traitement des minéraux</i>	227
<u>Administration du Bureau des Mines (Direction des mines)</u>	166	<u>Organisation de la Division du Traitement des minéraux, 1959</u>	230
<u>Changements dans l'infrastructure du Bureau des Mines, 1946-1950</u>	166	<i>Recherche en chimie et en spectrographie</i>	230
<u>CHARLES CAMSELL</u>	167	<i>Chimie physique et des cristaux</i>	233
		<i>Recherche et développement en Métallurgie physique</i>	234
		ADDITIFS POUR LE FER ET L'ACIER	234
		Chrome et Manganèse	234
		Niobium (Colombium)	236
		Tantale	237
		Vanadium	237
		Molybdène	238
		Tungstène	239
		Silicium	240
		Zirconium	240
		<u>Conseil national de la Productivité</u>	240
		MÉTAUX NON FERREUX	242
		<i>Traitement des minerais</i>	243
		<i>Métallurgie physique</i>	246
		Aluminium et Magnésium	246
		Cuivre	247
		Zinc	247
		Plomb	249
		AUTRES MÉTAUX SOUS-PRODUITS	250
		Cobalt	250
		Cadmium	250
		Autres métaux sous-produits	250
		<u>Organisation de la Section des Métaux non ferreux, Division du Traitement des minéraux, 1965</u>	250
		<i>Corrosion des Métaux</i>	251
		<u>Division de la Métallurgie physique</u>	254
		<u>Organisation de la Division de la Métallurgie physique, 1957</u>	254
		<u>Disciplines - Physique, Traitement et Application des Métaux</u>	255
		<i>Physique des Métaux</i>	256
		<i>Traitement des Métaux - Fonderie</i>	259
		<i>Traitement des Métaux - Métallurgie des poudres</i> ..	262
		<i>Traitement des Métaux - Façonnage</i>	263
		<i>Traitement des Métaux - Soudure</i>	263
		<i>Application des métaux - Evaluation du service</i> ..	265
		<i>Application des métaux - Génie-physique</i>	265
		<i>Application des métaux - Laboratoires d'essais</i> ..	267
 CHAPITRE 6 			
LES ANNÉES DE CROISSANCE AU CANADA			
- PLACE À LA SCIENCE (1951-1966)			
	173		
 <u>MINISTÈRE DES MINES ET RELEVÉS TECHNIQUES,</u>			
<u>1949-1966</u>	173		
<u>JOHN CONVEY, CINQUIÈME DIRECTEUR DE LA DIRECTION DES MINES</u>	176		
<u>Construction et décentralisation</u>	178		
<u>Organisation et Personnel de la Direction des Mines</u>	181		
<u>Ressources financières</u>	186		
<u>Publications</u>	186		
<u>Priorités</u>	188		
<u>Solution de problèmes</u>	189		
LES MÉTAUX	192		
L'uranium	192		
<u>Le défi</u>	192		
<u>Analyse minéralogique</u>	195		
<u>Traitement chimique</u>	196		
<u>Analyse chimique</u>	197		
<u>Physique et électronique</u>	198		
<u>Organisation de la Division de la Radio- activité, 1959</u>	200		
<u>Subdivision de la Physique et des Traceurs radioactifs de la Division des Sciences minérales</u>	203		
Alliages d'uranium	205		
<u>Division des Sciences minérales</u>	206		
<u>Chimie analytique</u>	207		
<u>Minéralogie</u>	209		
<u>Chimie physique</u>	210		
<u>Physique des minéraux</u>	210		
<u>Programme des sulfures</u>	211		
Titane	212		

	<u>Page</u>		<u>Page</u>
MINÉRAUX INDUSTRIELS	269	Hydrocarbures	343
<u>Evaluation des Ressources</u>	270	<u>Mise au point de brûleurs</u>	345
<u>Section des Minéraux non métalliques</u>	271	<u>Mines</u>	347
Silice	271	CHARBON	347
Amiante	272	<u>Boulonnage des plafonds</u>	354
Potasse	273	<u>Boulonnage en roche dure</u>	355
Soufre	274	<u>Explosions de charbon et de gaz</u>	356
Autres minéraux	274	<u>Physique</u>	358
<u>Usinage des minéraux industriels</u>	276	<u>Pratique étrangère</u>	360
Lithium	276	MINÉRAUX INDUSTRIELS	362
Kaolin	276	<u>Organisation, 1950-1967</u>	364
Magnésite	277	MÉTAUX	367
Baryte et Célestite	277	<u>Mines souterraines</u>	367
CÉRAMIQUES	278	<u>Mines à ciel ouvert</u>	371
Céramiques électroniques	282	<u>Mesures de contraintes (instrumentation)</u>	372
Kyanite	283	<u>Mécanique des piliers</u>	377
<u>Matières premières des céramiques</u>	284	<u>Classification des roches</u>	379
<u>Organisation de la Section des Céramiques</u>	285	<u>Environnement minier</u>	380
MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION	285	<u>Poussières respirables</u>	380
Agréats légers	286	<u>Emanations de radon</u>	383
Agréats normaux	287	<u>Bruit</u>	383
Agréats lourds	287	<u>Résidus de mine</u>	383
Béton	288	<u>Certification d'équipements électriques (Labora-</u>	
Pierre	289	<u>toire canadien des atmosphères explosives</u>	383
Eaux industrielles	290	<u>Section de recherche sur les explosifs (Labora-</u>	
COMBUSTIBLES	294	<u>toire canadien de recherches sur les explosifs)</u>	388
<u>Organisation de la Division des Combustibles</u>		<u>Recherche sur la rupture des roches par explosif</u>	392
<u>après la Seconde Guerre mondiale</u>	295	<u>Rupture des roches sans explosifs</u>	394
<u>Rapports divisionnaires</u>	297	<u>Division des ressources minérales</u>	396
<u>Rapports historiques</u>	297	<u>Services techniques</u>	399
Tourbe	299	<u>Information, communication et liaison</u>	405
Charbon	300	<u>Bibliothèques</u>	409
<u>Recensements, analyses et potentiel d'explosion</u>		<u>Édition</u>	410
<u>de la poussière</u>	302	<u>Administration</u>	411
<u>Préparation</u>	304	<u>"Retombées" de la recherche</u>	412
<u>Cyclone hydraulique compound (Laboratoire</u>			
<u>régional de l'ouest</u>	308		
<u>Carbonisation</u>	310		
HYDROCARBURES	322		
<u>Séparation à l'eau froide et raffinage</u>			
<u>préliminaire du bitume</u>	322		
<u>Organisation du groupe des hydrocarbures</u>	325		
<u>Analyse du pétrole et du gaz - évaluation</u>			
<u>des ressources</u>	326		
<u>Recherche fondamentale sur les substances</u>			
<u>bitumineuses</u>	328		
<u>Recherches appliquées</u>	330		
<u>Personnel de recherche appliquée</u>	331		
<u>Traitement du pétrole</u>	331		
<u>L'hydrogénation en phase vapeur</u>	332		
<u>Catalyse</u>	334		
<u>Combinaison de l'hydrogénation en phase</u>			
<u>liquide et vapeur</u>	336		
<u>Combustion</u>	337		
<u>Combustibles et énergie</u>	338		
Charbon	339		
<u>Mise au point de chargeurs automatiques</u>	340		
<u>Combustion industrielle</u>	342		
		CHAPITRE 7	
		PLANIFICATION, PROGRAMMATION ET BUDGET	
		L'ACCENT SUR LA TECHNOLOGIE	415
		MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES	
		<u>RESSOURCES (1966-)</u>	415
		<u>Changements d'organisation</u>	416
		<u>Programmes des ressources minières et</u>	
		<u>énergétiques (PRME)</u>	418
		<u>Approvisionnements en énergie</u>	418
		<u>Evaluation des ressources en charbon</u>	418
		<u>Formes du soufre dans le bitume et les</u>	
		<u>huiles lourdes</u>	419
		<u>Evaluation des réserves d'uranium</u>	420
		<u>Traitement de l'énergie</u>	420
		<u>Charbon</u>	420
		<u>Bitume et huiles lourdes</u>	421
		<u>Utilisation</u>	422
		<u>Utilisation de l'énergie</u>	422
		<u>Combustion</u>	422

	<u>Page</u>		<u>Page</u>
<i>Boues de charbon</i>	423	<i>Récupération des déchets</i>	427
<i>Incinération et utilisation de la</i>		<i>Utilisation des minéraux</i>	427
<i>chaleur perdue</i>	424	<i>Transport, améliorations métallurgiques</i>	427
<i>Combustion en lit fluidisé</i>	424	<i>Gestion matricielle</i>	427
<i>Emissions de cubilot</i>	424	<i>DONALD FRANCIS COATES, SIXIÈME DIRECTEUR DE LA</i>	
<i>Pipe-lines et utilisation des métaux dans</i>		<i>DIRECTION DES MINES (CANMET)</i>	428
<i>l'Arctique</i>	424	<i>Conclusion</i>	429
<i>Approvisionnement en minéraux</i>	425	<i>RÉFÉRENCES</i>	433
<i>Extraction</i>	425		
<i>Méthodes analytiques et documents de</i>			
<i>références</i>	426		
<i>Traitement des minéraux</i>	426		
<i>Métaux communs et minerais de fer</i>	426		
<i>Aluminium</i>	426		
<i>Minéraux industriels - Argiles et phosphates</i>			
<i>rocheux</i>	427		

APPENDICE

<i>PERSONNES À L'EMPLOI DE LA DIRECTION DES MINES</i>	
<i>POUR DIX ANS OU PLUS ENTRE 1901 ET 1975</i>	441

CHAPITRE 1

LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA (CGC)

L'exploitation des ressources minérales requiert trois étapes distinctes: l'exploration géologique et l'établissement de cartes, la mise en exploitation de mines pour l'extraction des minerais et minéraux, et le traitement et raffinage de ces matériaux d'origine géologique. Leur appartenance au domaine géologique est maintenue tant on n'a pas atteint un degré de purification suffisant pour permettre la manufacture d'objets utilisables. La science et la technologie qui vont de pair avec ces trois étapes permettent une complète évaluation des ressources minérales du pays et aident à leur exploitation rationnelle.

Le rôle primaire de la géologie est reflété dans l'évolution historique des études sur les ressources minérales au Canada. Leur début date d'une résolution du Parlement de la Province unie du Canada (le Haut-Canada et le Bas-Canada ont perdu leur identité en 1840 et les termes Canada-Ouest et Canada-Est étaient en usage en 1841). Cette résolution du 10 septembre 1841 "instituait la mise en oeuvre d'un Levé géologique de la province" pour laquelle était allouée la somme de 1500 livres. William Edmond Logan, plus tard chevalier, fut choisi pour diriger ce levé en 1842, date théorique de lancement de ce qui était à l'époque un projet de durée limitée. Il fallut la loi de 1845 pour octroyer une continuité réelle à la Commission géologique du Canada. Pour une période de 35 années, de 1842 à 1877, la Commission a fonctionné selon les critères d'un organisme de la Couronne, son mandat étant renouvelé de

temps en temps par le Parlement; elle relevait au début du Secrétaire provincial et plus tard du Secrétaire d'Etat. Pendant cette période, le personnel ne jouissait pas du statut de fonctionnaire. Le Ministère de l'Intérieur a été créé en 1873 en grande partie pour ouvrir l'Ouest à la colonisation et à ses ressources. En 1877 la Commission géologique, située à Montréal, devint une direction "extérieure" du Ministère de l'Intérieur et le personnel se vit octroyer le statut de fonctionnaire. La Commission déménagea à Ottawa en 1881. Par la loi du 16 mai 1890, (53 Victoria, chapitre 11) la Commission se vit octroyer un statut spécial sous la responsabilité du Ministre de l'Intérieur avec son propre directeur ou sous-ministre. Dans cette loi comme dans celle de 1845, l'accent était encore mis sur les mines et les ressources minières dans les trois sous-sections de la section 5 traitant des devoirs, des objectifs, et des buts du Ministère. La sous-section 5a) déclare qu'elle a pour fonctions "de faire un examen de la structure géologique, de la minéralogie, des ressources minières et des mines, de la faune et de la flore". La première partie de la section 5b) traite du besoin "d'avoir un musée de géologie et d'histoire naturelle et de recueillir, classifier et présenter en vue d'une exposition dans un musée du ministère les spécimens qui sont nécessaires à la bonne compréhension de la géologie, de la minéralogie et des ressources minières du Canada. La sous-section 5c) traite de la préparation et de la publication des cartes, etc. pour illustrer et élucider les rapports des enquêtes



ANNO OCTAVO
VICTORIÆ REGINÆ.

CAP. XVI.

Acte pour pourvoir à une Exploration Géologique de cette Province.

[17 Mars, 1845.]

AT TENDU que l'on a déjà commencé une exploration géologique de cette province du Canada, pour en connaître et constater les ressources minérales; et attendu que la somme de quinze cents livres qui a été accordée à Sa Majesté pour subvenir aux dépenses probables de cette exploration, n'a pas été trouvée suffisante pour explorer efficacement un territoire aussi étendu que celui qui est compris dans les limites de la province; et attendu qu'il est expédient que la dite exploration soit continuée et menée à fin: qu'il soit en conséquence statué par la Très-Excellente Majesté de la Reine, par et de l'avis et du consentement du conseil législatif et de l'assemblée législative de la province du Canada, constitués et assemblés en vertu et sous l'autorité d'un acte passé dans le parlement du royaume-uni de la Grande-Bretagne et d'Irlande, intitulé: *Acte pour réunir les provinces du Haut et du Bas-Canada, et pour le gouvernement du Canada*; et il est par ces présentes statué, par la dite autorité, qu'il sera et pourra être loisible au gouverneur de cette province, en conseil, d'employer un nombre convenable de personnes qualifiées, dont le devoir sera de faire, sous la direction du gouverneur en conseil, une exploration géologique complète et exacte de cette province, et de donner une description pleine et scientifique de ses roches, de son sol et de ses minéraux, accompagnée de cartes, plans et desseins convenables, et d'une collection d'échantillons pour servir d'explication; lesquels desseins, plans, cartes, etc. seront déposés dans une place convenable qui sera désignée par le gouverneur en conseil, et formeront une collection provinciale; et après avoir servi au but de l'exploration, il en sera déposé des *duplicata*, dans les institutions littéraires et d'éducation de la partie orientale et occidentale de cette province, ainsi que le gouverneur en conseil le jugera le plus avantageux.

Préambule.

Le gouverneur en conseil pourra nommer des personnes convenables pour faire une exploration géologique de cette province.

II. Et qu'il soit statué, que sur les deniers publics et non appropriés de la province, il sera employé annuellement, pendant un terme d'années n'excédant pas cinq ans, après la passation du présent acte, une somme n'excédant pas deux mille louis, pour défrayer les dépenses de la dite exploration, ou tous arrérages de dépenses déjà encourus; et laquelle somme sera payée en tel temps et en la manière que le gouverneur en conseil l'ordonnera.

Somme annuelle appropriée pendant cinq années pour cet objet.

III. Et qu'il soit statué, que la personne ou les personnes employées par le gouverneur en conseil pour les fins mentionnées dans la première section du présent acte, seront tenues, le ou après le premier jour de Mai de chaque année, de faire un rapport constatant généralement les progrès qui auront été faits dans l'exploration autorisée par le présent.

Il sera fait rapport au gouverneur.

IV. Et qu'il soit statué, que les mots "gouverneur en conseil," partout où ils se rencontrent dans cet acte, seront censés désigner le gouverneur, le lieutenant-gouverneur, ou la personne chargée de l'administration du gouvernement de cette province, agissant par et de l'avis du conseil exécutif de la dite province.

Clause d'interprétation.

V. Et qu'il soit statué, qu'il sera rendu compte à Sa Majesté, Ses Héritiers et Successeurs, par la voie des lords-commissaires de la trésorerie de Sa Majesté, de l'emploi légal des deniers appropriés par le présent, en telle manière et forme qu'il plaira à Sa Majesté, Ses Héritiers et Successeurs l'ordonner; et il en sera soumis un compte à la législature provinciale à la session alors prochaine.

Clause de comptabilité.

MONTRÉAL :—Imprimé par STEWART DERBISHIRE et GEORGE DESBARATS,
Imprimeur des Lois de La Très-Excellente Majesté de la Reine.

et études, et la sous-section 5d) parle de "réunir et publier, aussitôt que ce serait possible après la fin de l'année civile, des statistiques complètes sur la production minérale et sur l'industrie minière et métallurgique du Canada; étudier les possibilités d'approvisionnement en eau à la fois pour l'irrigation et les besoins domestiques, et recueillir et conserver tous les renseignements possibles sur les puits artésiens existants et autres puits, ainsi que sur les mines et ouvrages s'y rapportant".

Etant donné notre connaissance a posteriori de l'effort énorme déployé pour produire une carte géologique de base du Canada, le changement de l'expression "ressources minières" dans l'acte de 1845 en "ressources minérales" dans celui de 1890, semble surprenant puisque "minières" peut être interprétée comme "exploitables". On s'attendait que l'enquête ait une conclusion rapide, et qu'elle permette d'évaluer les minéraux et les ressources minières du Dominion du Canada "d'un océan à l'autre". Ceci laisse donc croire que les législateurs du temps n'avaient pas une conscience bien claire de l'ampleur de la tâche confiée à un personnel limité. Après la seconde guerre mondiale, des méthodes d'arpentage modernes et le transport aérien permirent d'accélérer le rythme de travail et aujourd'hui le Canada possède un levé géologique presque complet, à l'échelle d'un pouce pour huit milles, fondé sur des enquêtes de reconnaissance; pour de grandes régions, il existe des cartes à l'échelle d'un pouce pour 4 milles - échelle standard - d'un pouce pour un mille, et même à plus grande échelle. Ces dernières cartes concernent des régions de géologie complexe, et plus particulièrement si la minéralisation est considérée comme offrant des possibilités économiques. Des rapports accompagnant les cartes interprètent ces possibilités. Pendant toute la durée du levé géologique, au cours des enquêtes de reconnaissance, les agents de terrain notèrent les venues minérales. C'est ainsi que d'importantes découvertes ont été faites, dont la mise en valeur a été reportée à une époque économiquement plus propice.

Les recherches sur les mines et les questions de traitement ont été abordées dès les premières années de la Commission et confiées principalement à monsieur T.S. Hunt, chimiste et minéralogiste, qui fut embauché en 1847 pour devenir le principal assistant de Sir William Logan, premier directeur.

En 1869, deux ans après la Confédération, alors que le Canada commençait sa démarche de scientification nationale, le second directeur, le docteur A.R.C. Selwyn prit la relève. Il considérait que sa première tâche était l'exploration géologique et le levé cartographique de l'étendue entière du pays. Il se donna à cette tâche pendant plusieurs années.

L'attention portée par la Commission aux régions les plus peuplées et les plus prometteuses au niveau des ressources minières ne satisfaisait ni le milieu de

l'industrie naissante des mines du Canada, ni certains politiciens, ni la population. C'est ce qui amena une enquête parlementaire en 1884; la Commission faisait alors depuis sept ans partie du Ministère de l'Intérieur. Le comité d'enquête était formé de membres du Parlement qui représentaient principalement des circonscriptions minières; bien entendu, leur opinion était que le premier rôle de la Commission était "de recueillir et de faire connaître aussi vite et aussi loin que possible des informations 'pratiques' sur les ressources minières économiques du pays, et que les recherches scientifiques en elle-mêmes ne devraient pas être de première importance sauf lorsqu'elles étaient nécessaires à l'obtention de résultats pratiques" (2) Cette façon de voir persista dans une partie du public canadien en rapport avec les mines pendant 20 ans. Par exemple, en 1902, dans la résolution de l'Institut canadien des Mines, devenu plus tard l'Institut canadien des Mines et de la Métallurgie (Canadian Institute of Mining and Metallurgy, CIM), on peut trouver ceci: "insiste sur l'établissement d'un Ministère des Mines fort et dont l'objectif 'pratique' sera de développer les mines et la métallurgie, et qui comprendrait la Commission géologique et les autres directions nécessaires." (3).

On notera que la critique n'était pas unanime; dans le cercle des professions des mines, beaucoup appréciaient le travail de la Commission qui ne faisait qu'accroître les connaissances sur la géologie du Canada.

Le docteur Selwyn n'attendit pas le rapport du comité parlementaire pour engager en 1883 deux ingénieurs des mines, E.D. Ingall et E. Koste, et les nommer géologues des mines avec H.P.H. Brunell comme assistant, qui devint responsable de la partie statistique. M. Selwyn ne donna pas le rang d'assistant directeur à l'ingénieur en chef des mines, comme le recommandait le comité. Dans la période 1886-1907, beaucoup de régions minières furent examinées en détail et des rapports furent publiés. Ingall commença à faire un relevé des registres de forage en 1889; ce fut le premier pas vers la Division des Sondages dont il prit à la tête de 1907 à 1928. Le premier rapport statistique intitulé "Rapport sur les mines et Statistiques minières du Canada, production, exportation et importation; 1886" fut publié en 1887. Avec la formation du Ministère des Mines en 1907, cette tâche fut reprise par le Service des Mines pour être transférée en 1921 au Bureau de la statistique du Dominion et rester jusqu'à ce jour à son successeur, Statistique Canada.

Le passage de la Commission au statut ministériel par l'acte de 1890 ne lui laissa pas l'autonomie dont elle avait joui avant 1877, car il lui fallait alors rendre compte au Cabinet et au Parlement en la personne du Ministre de l'Intérieur, principal ministre du Canada responsable des ressources renouvelables et non renouvelables et de la colonisation dans l'Ouest et le Nord, qui assumait un rôle de gestion important dans

toutes les agences sous son contrôle.

Clifford Sifton fut nommé Ministre de l'Intérieur en 1896, à un moment où l'industrie minière du Canada atteignait une importance économique équivalente à celle de l'agriculture et de l'industrie du bois. Des associations minières se formèrent et leur voix se fit encore plus forte à travers la publication de "Canadian Mining Review", prédécesseur du présent "Canadian Mining Journal". On y demandait fortement que le gouvernement soit attentif aux besoins de l'industrie des mines, entre autres de l'information spécialisée et des statistiques. Il semble que Sifton ait été favorable à ce point de vue de l'industrie. Un des principaux conseillers de Sifton à cette époque a été Eugene Haanel, son professeur de sciences à l'Université Victoria alors que celle-ci était située à Cobourg en Ontario. Le docteur Haanel partit pour l'Université de Syracuse en 1888, mais gardait des contacts avec le Canada où son enseignement et ses aptitudes administratives étaient reconnues. Sa compétence s'est totalement manifestée plus tard quand il a été chargé de l'administration de la Direction des Mines pendant dix-neuf ans. Le docteur Haanel se vit offrir le poste de Surintendant des Mines dans le Ministère de l'Intérieur en 1901. La nomination date du 5 juin. Avant cette nomination, il était déjà conseiller du Ministre sur la politique générale ainsi que sur des points spécifiques comme l'établissement du laboratoire à Vancouver, qui ouvrit ses portes en juillet 1901. Le vingt-huitième rapport annuel (1901) du Sous-ministre de l'Intérieur, dans la section "Changements au Ministère" déclare ce qui suit: "Je désire aussi rendre compte de la nomination le 5 juin dernier du professeur Eugene Haanel, Ph.D. comme Surintendant des Mines à la place de monsieur William Pierce qui a été transféré par Ordre du conseil le 8 juin à son poste d'Inspecteur en chef des Levés."

"On peut expliquer sur ce point qu'en raison du récent développement des ressources de l'industrie minière dans le territoire du Yukon et autres parties du pays qui sont sous juridiction du Dominion, le besoin s'est fait sentir de la nomination d'un haut fonctionnaire spécialiste. Celui-ci pourra grâce à ses connaissances scientifiques et à son expérience pratique dans le domaine des mines prendre en charge cette direction particulière et conseiller le Ministère quant aux besoins du service, et enfin compiler des données à des fins de publication. Le professeur Haanel, qui a été professeur de physique à l'Université de Syracuse dans l'état de New York, avait pendant 15 ans aupara-

vant occupé la chaire des sciences à l'Université de Victoria, à Cobourg en Ontario. Il est membre de la Société royale du Canada, expert en minéralogie, et possède d'autres qualifications spéciales, par ses connaissances scientifiques et son expérience, pour prendre en charge le poste important auquel il a été nommé. Il a déjà rendu des services nombreux pour l'instauration du nouveau bureau du Dominion à Vancouver, et comme il sera chargé de la compilation d'informations précises et de statistiques officielles en rapport avec les mines et l'industrie des mines en général, à travers tout le Dominion, il n'y a aucun doute qu'il remplira un poste dont le manque s'est fait sentir depuis longtemps."⁽⁴⁾ L'interprétation des débuts de la Commission géologique et de la naissance de l'un de ses rejetons, la Direction des Mines, mène à conclure que le travail a été accompli en grande partie par un petit nombre de personnes fortement motivées, aux prises avec des difficultés considérables et des frustrations personnelles, dues en grande partie au déséquilibre des ressources disponibles par rapport aux buts fixés aux institutions auxquelles ils étaient rattachés. La plus grande difficulté pour la Commission géologique a été de décider quelle proportion de ses ressources limitées devrait être allouée d'une part à la recherche géologique détaillée, afin d'ouvrir des régions minières prometteuses, et d'autre part à la réalisation du levé géologique de base à l'échelle nationale, but normal de la plupart des enquêtes géologiques nationales. Il est naturel que l'érection d'une organisation comme la Direction des Mines cause des ressentiments, mais elle était inévitable du fait de son caractère interdisciplinaire et de la nécessité dans la nouvelle organisation de technologies diversifiées. On a un bon exemple d'évolution d'une telle organisation aux Etats-Unis. Nonobstant leurs ressources plus importantes, qui permettent au "U.S. Geological Survey" de fournir une aide considérable aux mines américaines, le "Bureau of Mines" a été fondé en 1910. Les deux organisations sont restées jusqu'à ce jour dans le même "Interior Department". Comme on l'a dit au début de ce chapitre, l'origine géologique des ressources minérales requiert logiquement que coexistent ces deux groupes scientifiquement distincts, chacun respectant les réalisations de l'autre; c'est le cas de la Commission géologique du Canada et de la Direction des Mines, qui cohabitent dans le même ministère depuis 70 ans. Un travail considérable a été effectué grâce à la coopération et aux contacts des deux groupes; depuis la création du Ministère des Mines à deux directions en 1907, ils ont pris part à quatre réorganisations ministérielles.

CHAPITRE 2

APPELLATIONS ET LÉGISLATION

La date de fondation de la Direction des Mines est d'ordinaire fixée au 27 avril 1907, date de promulgation de la loi sur la Géologie et les Mines, qui établissait le Ministère des Mines. Toutefois, il existait déjà alors, depuis près de six ans, au Ministère de l'Intérieur, un organisme ayant des fonctions et des objectifs semblables à ceux de la Direction des Mines à venir. Cet organisme était dirigé par le docteur Eugene Haanel, qui avait été nommé Surintendant des mines en juin 1901.

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR - 1901 - 1907

Les termes "Surintendant des mines" et "Direction des Mines" ont été hérités du Ministère de l'Intérieur, où ils décrivaient des fonctions différentes de celles du nouveau directeur et de la Direction, comme le montre l'interprétation qui suit. Les désignations "surintendant" et "commissaire" étaient appliquées à des postes de gestion chargés des domaines de responsabilités du Ministère de l'Intérieur, comme l'immigration, les forêts, les terres domaniales, etc. Les chefs de ces centres administratifs étaient appelés surintendants pour l'immigration, les forêts et le parc des montagnes Rocheuses, alors que pour les terres domaniales le chef était un commissaire. Certains de ces chefs relevaient directement du ministre, d'autre du sous-ministre. Dans l'administration des terres domaniales, il y avait à cette époque un bureau de Surintendant des mines à Calgary. Le rapport annuel de

1900, par William Pearce, Surintendant, responsable envers le commissaire, mentionne principalement le bétail, et ne fait que quelques brèves mentions des développements concernant le charbon et le coke en Alberta. Un an plus tard, Eugene Haanel était placé à ce poste, qui manifestement avait été élevé, puisque son premier rapport pour la période du 16 juin au 30 juin 1902, ainsi que les rapports annuels ultérieurs jusqu'à 1907 inclusivement étaient adressés au Ministre de l'Intérieur.

L'existence de directions à l'intérieur du Ministère n'était pas fondée sur des statuts. Le nom "Direction des Mines" apparaît pour la première fois dans le rapport annuel 1903-04 du docteur Haanel, qui mentionnait "la conduite de la Direction des Mines" (5). Il resta Surintendant des mines jusqu'à la formation officielle de la Direction des Mines en 1907.

Il se présente une situation curieuse dans le rapport annuel 1906-07 du Ministère, qui mentionne le changement d'année fiscale du 31 juin au 31 mars, et ne couvre que neuf mois. Ce rapport contient deux rapports séparés de deux Directions des Mines différentes, l'une par E. Haanel au Ministre de l'Intérieur et l'autre par H.H. Rowatt, commis principal, qui fait rapport au Sous-ministre de la création d'une Direction des Mines dans l'administration des terres domaniales le 1er juillet 1906. Cette dernière Direction fut par la suite rebaptisée Direction des Terres minières et du Yukon.



6-7 EDOUARD VII.

CHAP. 29.

Loi créant un ministère des Mines.

[Sanctionné le 27 avril 1907.]

SA Majesté, de l'avis et du consentement du Sénat et de la Chambre des communes du Canada, décrète:

1. La présente loi peut être citée sous le titre de *Loi de la Géologie et des Mines*. Autre titre

2. Dans la présente loi, à moins que le contexte n'exige une interprétation différente,— Définitions.

a) "ministère" signifie le ministère des Mines; "Ministère".

b) "Ministre" signifie le ministre des Mines. "Ministre".

3. Il y aura un département du service civil appelé "Ministère des Mines", et qui sera sous le contrôle et la direction du chef d'un des départements actuels du gouvernement du Canada, lequel, quand il y aura lieu, sera appelé à ces fonctions par le Gouverneur en conseil et portera le nom de "Ministre des Mines". Constitution du ministère

4. Au ministère appartient l'administration de toutes lois décrétées par le parlement du Canada relativement aux mines et à l'exploitation des mines, ainsi que la gestion et la direction de toutes les matières à lui assignées par le Gouverneur en conseil. Pouvoirs du ministère.

2. Advenant que, sous l'autorité des dispositions du présent article, la gestion et la direction d'une matière quelconque soient transférées de tout autre ministère au ministère des Mines, le ministre des Mines et le sous-ministre des Mines sont substitués au ministre et au sous-ministre, respectivement, du dit autre ministère et ils doivent en assumer tous les pouvoirs et remplir toutes les fonctions, tels que définis et prévus par les lois et règlements se rapportant à la matière en question. Matières transférées d'un autre ministère.

5. Le ministère comprend deux sections, l'une appelée Section des Mines, et l'autre, Service géologique. Section des Mines et Service géologique.

6. Les fonctions de la section des Mines sont les suivantes:

a) recueillir et publier des statistiques complètes sur la production minérale et les industries minières et métallurgiques du Canada, et toutes informations, au sujet de ses minéraux économiques, se rapportant aux procédés et aux travaux liés à leur utilisation, et recueillir et conserver tous les renseignements pouvant être obtenus sur les mines et les exploitations minières en Canada;

b) se renseigner en détail sur les camps miniers et les régions contenant des minéraux économiques ou des dépôts d'autres substances économiques, afin de déterminer le mode de présentation et l'étendue et le caractère des gîtes de minerais et des dépôts de minéraux économiques ou autres substances économiques;

Fonction de la section des Mines.

c) préparer et publier les cartes, plans, profils, graphiques, dessins et illustrations nécessaires à l'intelligence des rapports publiés par la section des Mines;

d) faire les recherches chimiques, mécaniques et métallurgiques jugées utiles pour aider l'industrie minière et métallurgique du Canada;

e) recueillir et préparer, pour être déposés dans le musée, des spécimens des différents minerais et roches associées et minéraux du Canada, et tous autres matériaux nécessaires pour constituer une exposition adéquate des ressources et des industries minières et métallurgiques du Canada.

7. Les fonctions du Service géologique sont les suivantes:

a) faire des recherches scientifiques et complètes sur la structure géologique et la minéralogie du Canada; recueillir, classer et arranger pour être exposés dans le Musée commémoratif Victoria, les spécimens nécessaires pour représenter complètement et exactement la géologie, la minéralogie, la paléontologie, l'ethnologie et la faune et la flore du Canada; et faire les recherches chimiques et autres qui seront les plus propres à assurer la mise à effet des intentions de la présente loi; Fonctions du Service géologique.

b) s'enquérir et faire rapport des faits relatifs à la question des eaux dont il y a besoin pour l'irrigation et les usages domestiques, et recueillir et conserver tous les éléments d'information au sujet des puits artésiens et autres puits;

c) dresser la carte des forêts du Canada, et s'enquérir et rendre compte de tout ce qui peut être utile pour la conservation des ressources forestières du Canada;

d) préparer et publier les cartes, plans, profils, graphiques et dessins nécessaires pour illustrer et rendre plus clairs les rapports sur les explorations et les recherches;

e) effectuer des recherches ethnologiques et paléontologiques.

8. Le ministère doit entretenir un Musée de géologie et d'histoire naturelle ayant pour objet de représenter complètement et exactement la géologie, la minéralogie et les ressources minières du Canada. Musée.

9. Le Gouverneur en conseil peut nommer un sous-ministre, un directeur de la section des Mines, un directeur du Service géologique, et tous autres fonctionnaires et commis dont besoin est, pour la conduite des affaires du ministère, lesquels doivent être nommés et classés selon l'annexe A de la *Loi du Service civil*, et en conformité des termes de l'article 6 de la dite loi. Fonctionnaires et employés.

10. Les fonctionnaires du Ministère, qui seront continuellement occupés à des travaux ou recherches scientifiques de Fonctionnaires techniques.

nature originale, doivent être classés comme fonctionnaires techniques, sous le régime du paragraphe b de l'annexe A de la *Loi du Service civil*; et le Gouverneur en conseil peut faire dresser une liste des fonctionnaires du ministère considérés comme ayant droit à cette classification, avec les désignations jugées à propos pour l'indication des travaux scientifiques confiés à ces fonctionnaires.

11. Personne ne peut être nommé à un emploi dans le ministère sous le régime du paragraphe b de l'annexe A de la *Loi du Service civil*, à moins d'être gradué en sciences d'une université canadienne ou étrangère, ou de la *Mining School* de Londres, ou de l'Ecole des Mines de Paris, ou d'une autre école polytechnique reconnue comme étant l'équivalente des dites universités et écoles, ou diplômé du Collège militaire Royal.

12. Quand le sous-ministre fait rapport que, pour raisons indiquées dans son rapport, le ministère a besoin d'aide d'un caractère technique ou professionnel, le Gouverneur en conseil peut, sans tenir compte d'aucun examen ou de l'âge de la personne, et si le ministre est favorable à la chose, employer provisoirement cette personne à une rémunération jugée convenable.

13. Toute personne nommée à un emploi dans le ministère doit l'être à l'essai, et sa nomination ne peut être rendue permanente qu'après un stage d'au moins un an, au cours duquel le stagiaire peut être renvoyé, sur rapport du directeur de la section dans laquelle se trouve son emploi; mais si cette personne n'est pas renvoyée, le sous-ministre peut signifier au Ministre, par écrit, qu'il considère la personne ainsi nommée comme propre au service du département, et la nomination peut alors être faite à titre permanent.

14. Les personnes employées dans une subdivision d'une section peuvent recevoir instructions du Ministre de remplir toute fonction dans ou pour toute autre subdivision de la même section.

15. Le Gouverneur en conseil peut, sur recommandation du Ministre, assigner les fonctionnaires actuels de la Commission géologique à la section où il est jugé désirable que leurs services soient utilisés; toutefois leurs appointements et leur situation actuels ne sauraient de ce chef être diminués ou modifiés.

16. Rien, dans la présente loi, ne sera interprété comme invalidant ou infirmant les commissions de directeurs-adjoints, délivrées dans le passé, sous l'autorité du Gouverneur en conseil, à certains membres du personnel scientifique de la Commission géologique.

17. Nulle personne exerçant des fonctions dans le ministère, ou employée par le ministère, ne peut, soit directement soit indirectement,—

a) acheter des terres fédérales ou provinciales pour d'autres fins qu'y établir sa résidence, à moins d'une autorisation du Gouverneur en conseil;

b) faire l'application de certificats de primes militaires ou de scrips, ou agir en qualité d'agent d'une autre personne à pareille fin;

c) révéler à qui que ce soit, excepté son chef hiérarchique, aucune découverte faite par lui ou tout autre fonctionnaire du ministère, ou aucun autre renseignement en sa possession se rapportant à des choses relevant du ministère ou à des terres fédérales ou provinciales, tant qu'il n'aura pas été fait rapport au Ministre de cette découverte ou de ce renseignement, et que permission de révéler cette découverte ou ce renseignement n'en aura pas été obtenue.

d) faire des recherches ou des rapports ayant trait à la valeur des biens de particuliers, ou détenir un intérêt pécuniaire dans aucune mine, terre minière, exploitation minière ou forestière du Canada.

18. Les directeurs des sections, le plus tôt possible après l'expiration de chaque année civile, doivent faire des rapports sommaires des opérations de leurs sections respectives pour l'année, et ils doivent aussi fournir des rapports complets et détaillés, qui seront publiés à intervalles dans la manière et la forme prescrites par le Ministre; et le Ministre fera présenter les dits rapports au parlement, accompagnés des remarques, explications et recommandations qu'il jugera à propos de faire.

19. Doivent être fournis au ministère les livres, instruments et appareils nécessaires pour les recherches scientifiques et pour l'exécution des travaux qui incombent à la section des Mines et au Service géologique.

20. Le Ministre peut faire distribuer des spécimens aux institutions scientifiques et littéraires et aux établissements d'éducation du Canada et de l'étranger, et autoriser en outre la distribution ou la vente des publications, cartes et autres documents publiés par le ministère.

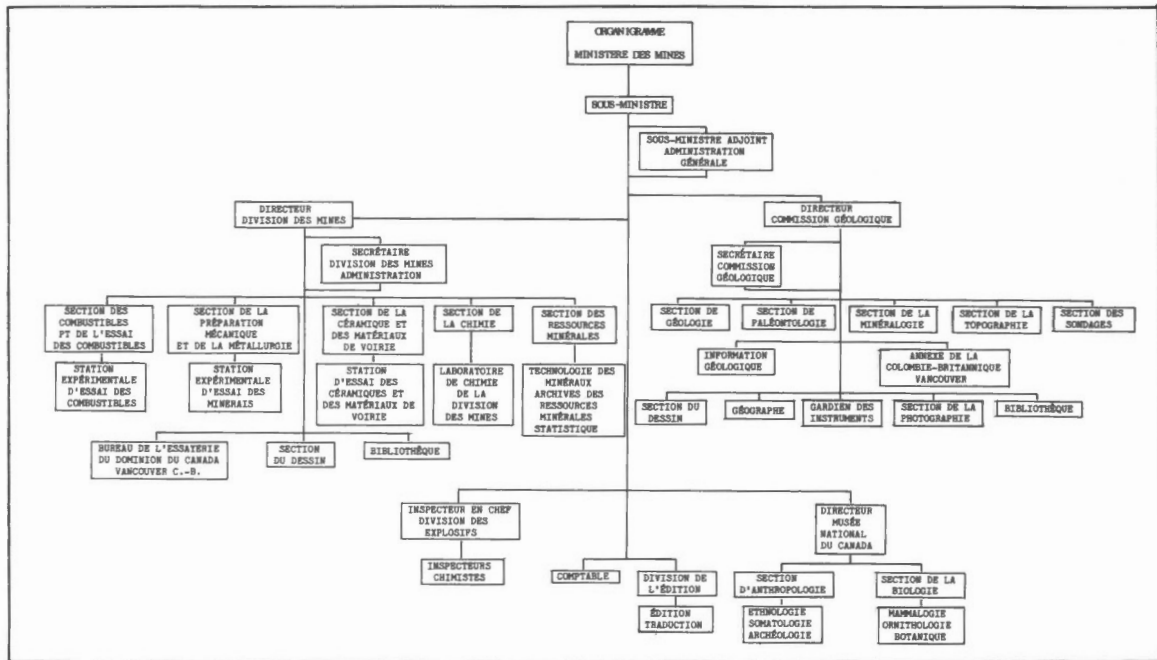
21. Afin de servir de base à la représentation des ressources minérales, minières et forestières, et de la configuration géologique de toute partie du Canada, le Ministre peut ordonner les mesurages, observations, recherches, levés physiographiques, explorations et reconnaissances nécessaires, pour la préparation de cartes, dessins, plans, profils ou graphiques miniers, géologiques et forestiers.

22. Est abrogé le chapitre 65 des Statuts révisés, 1906.

La loi de 1907 établissant un Ministère des Mines

Il est clair que les termes "Surintendant des mines" et "Direction des Mines" n'étaient donnés que pour des raisons de commodité, et ne constituaient pas des dési-

gnations précises. Ils étaient utilisés pour divers aspects de l'administration des terres fédérales de la Couronne, et non pour établir des activités de



Organigramme du Ministère des Mines, 1922

recherche et développement dans les technologies fondées sur les sciences fondamentales de la chimie et de la physique. Le terme "Direction des Mines" devint une désignation officielle dans la loi de la Géologie et des Mines de 1907; ce nom fut changé en Bureau des Mines dans la réorganisation introduite par la loi de 1936 sur le Ministère des Mines et des Ressources. Elle fut remise en usage après la troisième réorganisation découlant de la loi de 1950 sur les Mines et Relevés techniques, et conservée dans la quatrième réorganisation du Ministère, selon la loi de 1966 sur l'organisation du gouvernement, qui a donné au Ministère le nom d'"Énergie, Mines et Ressources".

La conservation du terme "mines" dans le titre du Ministère de 1907 jusqu'à l'époque présente, reflète l'opinion des gouvernements successifs et du grand public quant à l'importance nationale de l'industrie minière du Canada. Quant à savoir si "mines" était un nom approprié pour la Direction dès le départ, les chapitres suivants montreront que, du point de vue historique, la Direction s'occupait des procédés métallurgiques et des carburants, ainsi que de la métallurgie physique.

La recherche minière concernant l'extraction de minéraux économiques n'a commencé qu'en 1950. Par contre, la Direction des Mines a apporté une contribution majeure à l'économie minière, et, dans la période de départ, à la compilation de statistiques officielles.

En janvier 1975, le nom de la Direction des Mines a été changé en "Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie - avec le sigle CANMET. Bien que l'on constate à l'heure actuelle une affection nostalgique envers le terme "Direction des Mines" qui était utilisé depuis plus de 70 ans, le nouveau titre représente plus précisément les fonctions de l'organisme.

MINISTÈRE DES MINES, 1907-1936

Il semble approprié de reproduire ici pour référence la totalité de la loi 1907 de la Géologie et des Mines, par laquelle a été fondée la Direction des Mines, et dont certaines des dispositions principales sont toujours en vigueur.

On notera dans la section 3 de la loi que le Ministère n'avait pas droit à un ministre à plein temps. Ainsi, le premier Ministre des Mines, William Templeman (1907 à 1911) était également Ministre du Revenu intérieur. Le premier Sous-ministre fut le docteur A.P. Low (1907 à 1913) qui était le cinquième Directeur de la Commission géologique (1906-1907). Le Ministère des Mines, avec deux petites révisions de la loi de 1907 en 1918 et 1927, qui n'affectaient pas les fonctions du Ministère, a duré vingt-neuf ans, jusqu'en 1936, date de la deuxième réorganisation de la Direction des Mines. Pendant cette période, il y eut quatorze ministres et quatre sous-ministres, ces derniers

tous d'anciens agents de la Commission géologique du Canada: le docteur A.P. Low (1907 à 1913), le docteur W. Brock (1914), le docteur R.G. McConnell (1914 à 1920) et le docteur Charles Camsell (1920 à 1936, Ministère des Mines, et 1936 à 1946, Ministère des Mines et des Ressources, en tout vingt-six ans comme Sous-ministre des Ministères dont faisait partie la Direction des Mines).

Loi sur les Explosifs, 1920

Les lois concernant les fonctions de la Direction des Mines et autres institutions scientifiques et technologiques semblables revêtaient en général un caractère de permission, alors que les lois sur les explosifs ont un caractère prescriptif. Le choix d'organismes administratifs pour la mise en vigueur des lois est proposé par le gouvernement et décidé par le Parlement. Dans le cas des explosifs, le choix a porté au Canada sur le ministère responsable au niveau fédéral pour l'industrie minière. Les lois sur les explosifs seront regroupées dans ce récit pour les besoins de la continuité, et insérées dans notre histoire entre les lois de 1907 et 1936 sur l'organisation du Ministère.

Dans la plupart des pays, la réglementation des explosifs non militaires exige une loi propre. L'initiative concernant une loi canadienne sur les Explosifs peut être attribuée au Directeur de la Direction des mines, Eugene Haanel, qui, dans les rapports annuels 1909 et 1910 "déplorait" les niveaux élevés de décès dans les usines et les mines, dûs à la fabrication et l'utilisation d'explosifs. Le capitaine Desborough, du Ministère de l'Intérieur du Royaume-Uni, inspecteur des explosifs pour Sa Majesté, a servi de conseiller au Ministère dans la préparation de la Loi sur les Explosifs, qui a été introduite à la Chambre des Communes par W. Templeman, le Ministre, le 14 mai 1911. Toutefois, étant donné la dissolution du Parlement et autres retards, la loi n'a reçu l'assentiment royal que le 12 juin 1914. En grande partie à cause de la Première Guerre mondiale, la proclamation de la loi a été retardée, et elle n'est entrée en vigueur que le 1er mars 1920.

Jusqu'à l'heure actuelle a persisté une association étroite entre la Division des Explosifs et la Direction des Mines, principalement dans les essais et les études chimiques sur les explosifs. Il y avait une Division des Explosifs à l'intérieur de la Direction des Mines, comme l'indiquent les rapports annuels 1911-1916, et le seul responsable mentionné était J.G.S. Hudson. La situation est restée confuse jusqu'à la promulgation de la loi des Explosifs en 1920, date à laquelle Hudson fut transféré à la Division des Explosifs qui acquit un statut de division au niveau ministériel. Le laboratoire de chimie faisait partie de la Division. A la formation du Ministère des Mines et Ressources, la Division des Explosifs (avec son laboratoire) a été intégrée au Bureau des Mines, mais a repris son statut ministériel lorsque le nom du

Ministère est devenu Mines et Relevés techniques. En 1959, le laboratoire fut transféré à la Direction des Mines et il y reste à présent, sous CANMET, avec le nom particulier acquis en 1967, Laboratoire canadien de recherches sur les explosifs.

Dans la loi des Mines et Ressources de 1936, qui fait suite à la loi du Ministère des Mines de 1907, il n'y pas de mention spécifique de la responsabilité du Ministre quant aux explosifs, mais on trouve une implication dans ce sens dans la section 9(1) concernant la responsabilité du Ministère des Mines et Ressources; le Ministre et le Sous-ministre sont responsables de toutes mesures précédemment prises par les ministères, ministres et sous-ministres précédents.

Loi des Explosifs, 1946

La loi fut révisée en 1946, et les modifications principales concernaient (a) la vente des explosifs, (b) la saisie d'explosifs non autorisés, ou dans le cas où l'on suppose qu'il y a eu délit selon la loi des Explosifs, (c) la destruction des explosifs abandonnés ou détériorés. Il y eut deux révisions en 1949 et 1952 de la loi des Explosifs de 1946, la première concernant l'inclusion de Terre-Neuve et la deuxième la nomination du Ministère des Mines et des Relevés techniques et de son Ministre comme responsable de l'administration de cette loi.

La loi de 1949 sur le Ministère des Mines et Relevés techniques spécifie la responsabilité du Ministère en ce qui concerne les explosifs. La section 5 déclare: "Les devoirs, pouvoirs et fonctions du Ministre s'étendent à toutes matières de la compétence du Parlement du Canada concernant les mines et minéraux, les explosifs ainsi que les relevés, et embrassent lesdites matières". De même, la loi de 1966 sur les Ressources et Relevés techniques, section 9 (2) déclare: "Lorsque, sous le régime d'un contrat, d'un bail ou d'un autre document, quelque autorité, fonction ou pouvoir concernant le mines ou minéraux, les explosifs ou les relevés techniques, est dévolu au Ministre des Mines et des Ressources ou au Sous-ministre des Mines et des Ressources, au Ministre des Mines ou au Sous-ministre de l'Intérieur, ou qu'il peut être exercé par lui, cette autorité, cette fonction ou ce pouvoir est dévolu au Ministre des Mines et des Relevés techniques et au Sous-ministre des Mines et des Relevés techniques, respectivement, ou à tel autre Ministre ou Sous-ministre que désigne le gouverneur en Conseil, et doit ou peut être exercé par le Ministre ou Sous-ministre intéressé."

Il y eut d'autres amendements à la loi de 1946 sur les Explosifs en 1953-54 (Chapitre 14 des Statuts du Canada). Il y eut environ quatorze modifications de sections et sous-sections, dont l'une 3(1), étendit la juridiction de la loi aux provinces. L'ordre important contenu sous la section 8 de la loi (dans les pièces

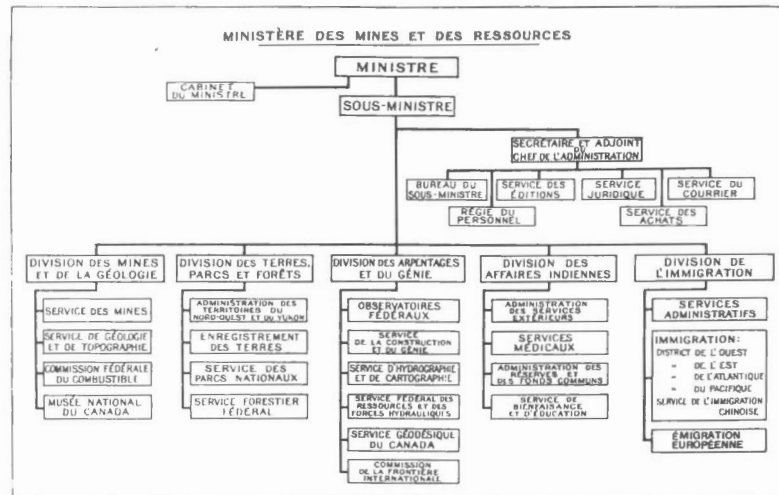
composantes explosives) autorisait par Ordre en Conseil P.C. 1957-335 du 14 mars 1957, le mélange de nitrate d'ammonium et de fuel-oil dans les mines à ciel ouvert et les carrières, pour utilisation sur place. Un amendement supplémentaire a été apporté à la loi en 1966-67, lors de la désignation du Ministre et du Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources, en remplacement des Mines et Relevés techniques. Des regroupements de la loi et des règlements associés ont été publiés en 1956 et en 1974. A date (1975) la loi de 1946 reste en vigueur. Etant donné l'augmentation des accidents dans l'utilisation des feux d'artifice et des explosifs, en particulier les premiers, on prévoyait des amendements introduisant pour la première fois dans la loi fédérale des explosifs une notion de réglementation d'usage. Une autre notion prévue est l'idée d'interdire la possession d'un explosif par un particulier.

MINISTÈRE DES MINES ET DES RESSOURCES, 1936-1950

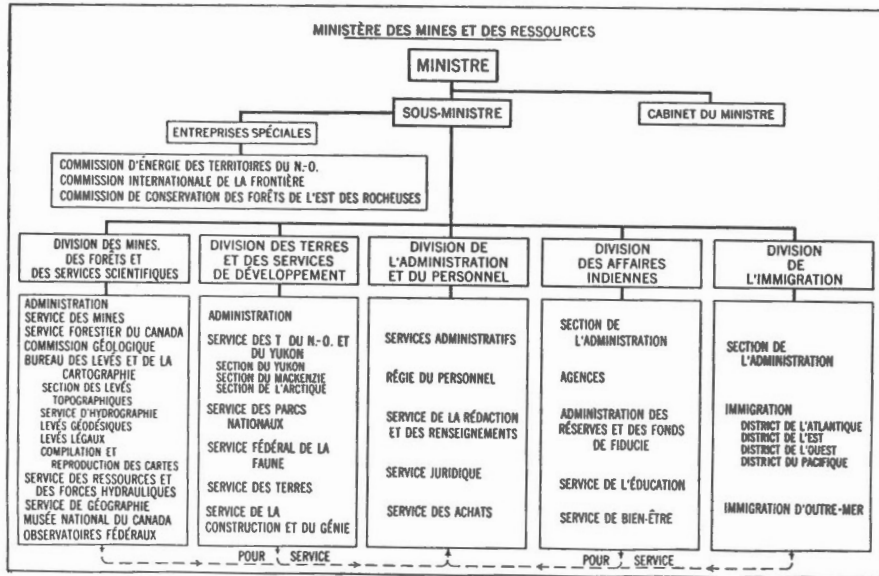
La deuxième réorganisation affectant la Direction des Mines, comme on l'a mentionné précédemment, a été effectuée par la Loi 1 Edward VIII, chapitre 33, concernant le Ministère des Mines et des Ressources, qui a reçu l'assentiment royal le 23 juin 1936, pour entrer en vigueur le 1er décembre 1936. Cette réorganisation a été amenée par le transfert final des ressources de l'ouest du Canada aux provinces, ne laissant que les Territoires du Nord-ouest et le Yukon ainsi que quelque régions des parcs nationaux, et certains blocs épars comme ceux avoisinant les régions occidentales du Canadien Pacifique, sous la juridiction fédérale. Le transfert coïncidait avec la grande dépression des

années 1930. Le créateur, vers la fin de la Dépression, d'un grand ministère couvrant des intérêts dans les ressources humaines et naturelles avait peut-être pour but de faire preuve d'une certaine économie dans l'administration gouvernementale. Le résultat de cette réorganisation, en décembre 1936, fut la dissolution des Ministères de l'Intérieur, des Mines, des Affaires Indiennes, ainsi que de l'Immigration et de la Colonisation. Les fonctions de la Direction des Mines et celles de la Commission géologique, décrites aux sections 6 et 7 de la loi de 1907 sur le Ministère des Mines, restaient intactes. La section 4(2) de la loi prévoyait des directions ou divisions comme suit: "Le Gouverneur en Conseil peut, pour l'organisation du Ministère, diviser le Ministère en huit sections ou divisions au plus; il peut, en premier lieu, nommer un fonctionnaire en chef appelé Directeur, pour chacune des dites sections ou divisions, lequel reste en fonction durant bon plaisir et possède les pouvoirs et accomplit les devoirs, sous l'autorité du Sous-ministre, qui peuvent lui être assignées par le Gouverneur en Conseil ou par le Ministre".

La Direction des Mines et la Commission géologique ont été regroupées sous la Direction des Mines et de la Géologie. Leurs noms furent changés respectivement en Bureau des Mines et Bureau de la Géologie et de la Topographie. Leurs responsables avaient le titre de Chefs, et dans ce sens leur position était relativement abaissée dans le grand Ministère. Les quatre autres directions principales créées furent celles des Terres, Parcs et Forêts; celle des Relevés et du Génie (y compris les ressources aquatiques); celle des Affaires



Organigramme du Ministère des Mines et Ressources, Mars 1939. Le Bureau des Mines comportait les divisions suivantes: Economie, Explosifs, Minéraux métalliques, Minéraux industriels et Carburants



Organigramme du Ministère des Mines et Ressources, Mars 1948

Indiennes et celle de l'Immigration. Il y eut une réorganisation limitée du Ministère sous l'autorité de l'Ordre en Conseil P.C. 37/4433 du 1er novembre 1947, qui reflétait le désir du gouvernement de regrouper toutes les ressources renouvelables et non renouvelables en un seul groupe scientifique autre que l'agriculture et les pêches. La Direction des Mines, des Forêts et des Services scientifiques fut formée dans ce sens, regroupant les subdivisions suivantes: administration de la Direction; Bureau des Mines; Services des Forêts domaniales; Commission géologique; Bureau des Levés et de la Cartographie, comprenant levés topographiques, service hydrographique, levés géodésiques, levés officiels, compilation et reproduction cartographiques; Bureau de l'Eau et de l'Energie du Dominion; Bureau géographique, Musée national du Canada; Observatoires du Dominion.

Les directions des Affaires Indiennes et de l'Immigration restaient inchangées, mais la direction précédente des Terres, Parcs et Forêts devint la Direction des Terres et des Services de développement. La Direction des Relevés et du Génie fut abolie, et une nouvelle direction fut créée sous le nom d'Administration et Personnel. Un groupe du Bureau central fut formé pour les projets spéciaux, regroupant la Commission de l'Energie du nord-ouest, la Commission de la Frontière internationale, et la Commission de la Conservation des forêts de l'est des Rocheuses. L'effet de cette réorganisation ne put être évalué parce qu'en

1950 un certain nombre de ministères fut formé y compris celui des Mines et Relevés techniques. Pendant les treize années de son existence, le Ministère connut trois Ministres - T.A. Crerar fut Ministre des Mines de 1935 à 1936 et Ministre des Mines et des Ressources de 1936 à 1945. C'est lui qui connut la plus longue période de service dans les ministères contenant la Direction des Mines. Le docteur Charles Camsell et le docteur Hugh L. Keenleyside furent Sous-ministres pendant cette période. Camsell prit sa retraite de la Fonction publique après une carrière de 46 ans, dont 21 années à la Commission géologique du Canada et 26 ans comme Sous-ministre des deux ministères contenant la Direction des Mines et la Commission géologique. Keenleyside resta en fonction pendant trois ans, de 1947 à 1950.

MINISTÈRE DES MINES ET RELEVÉS TECHNIQUES, 1950-1966

Le Ministère général des Mines et des Ressources a servi les besoins du gouvernement, un peu comme le Ministère de l'Intérieur, jusqu'à la période de l'immédiate après-guerre, où le Canada commença deux décennies de développement rapide.

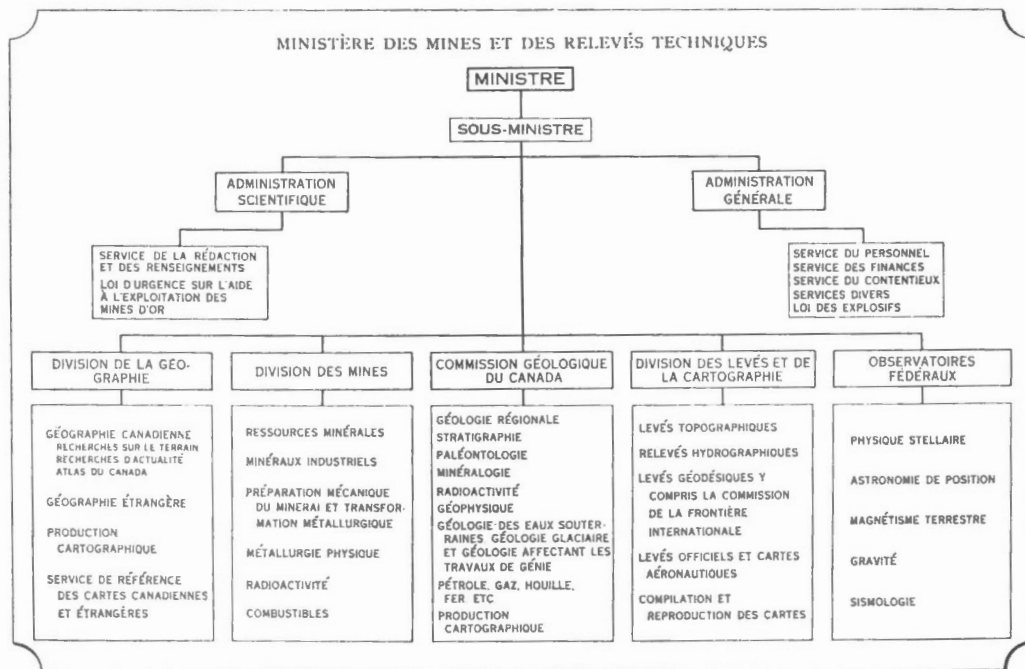
Le Ministère des Mines et des Ressources se divisa en trois ministères en décembre 1949 - Mines et Relevés techniques; Ressources et Développement; et Citoyenneté et Immigration. La Loi sur le Ministère des Mines et Relevés techniques fut votée en 1949 et entra

en vigueur le 20 janvier 1950. La loi ne spécifiait pas d'infrastructure particulière, mais affectait à un ministre la responsabilité unique du Ministère. L'organisation interne de départ comportait cinq directions: Mines, Commission géologique du Canada, Enquêtes et Cartographie, Géographie, et Observatoires du Dominion. Ceci représentait toute une gamme d'études sur les ressources, que l'on exprimait familièrement par "Canada - depuis l'univers jusqu'aux produits des mines et des usines métallurgiques".

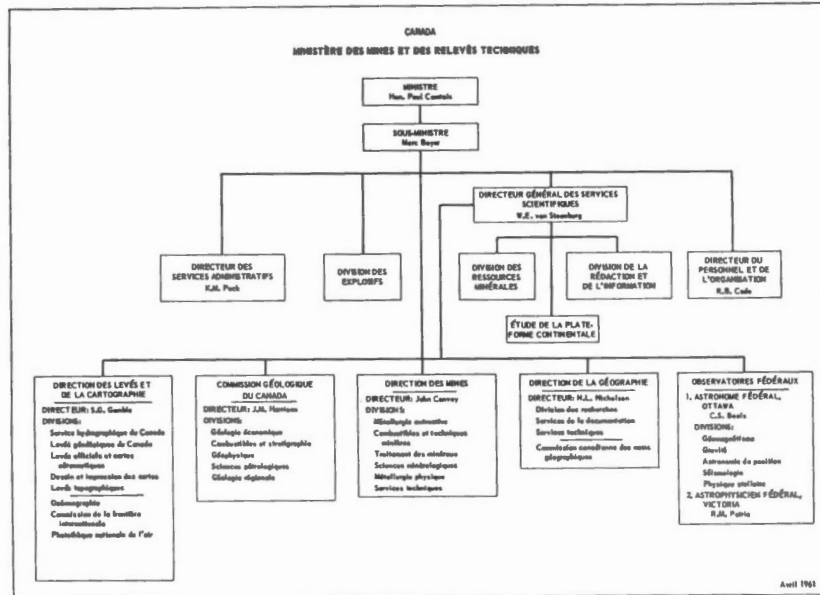
On trouvait des sections et parties de sections pertinentes à la Direction des Mines dans tout le texte de la loi. C'étaient: la section 5 (qui se trouvait auparavant dans la législation sur les explosifs), la section 6, sous-sections a), b), d), ainsi que des parties de f) et g), et la section 8. Le texte des sections pertinentes autres que la section 5 était le suivant: section 6. "Le Ministre doit a) recueillir et publier une statistique complète de la production minérale et des industries minières et métallurgiques du Canada et telles données sur les minéraux économiques du Canada qui visent les procédés et activités connexes à leur utilisation, et rassembler et conserver tous les éléments d'information disponibles sur les mines et les travaux miniers au Canada; b) procéder à une investigation détaillée des camps et domaines miniers renfermant des minéraux économiques ou des

dépôts d'autres substances économiques, pour déterminer le mode de rencontre ainsi que l'étendue et le caractère des massifs de minéral et des dépôts de minéraux économiques ou d'autres substances du même genre; d) faire les recherches et investigations chimiques, mécaniques, métallurgiques et autres qui sont nécessaires ou opportunes pour réaliser les objets et exécuter les dispositions de la présente loi et, en particulier, pour aider l'industrie minière et métallurgique du Canada; f) recueillir et préparer, pour exposition, tels spécimens des différents minerais du Canada et des roches et minéraux et d'autres matières, qui sont nécessaires pour permettre de connaître la géologie et la minéralogie ainsi que les ressources et industries minières et métallurgiques du Canada; g) préparer et publier les cartes, plans, sections, diagrammes et dessins indispensables pour illustrer et élucider tout rapport sur des investigations et relevés ressortissant à la présente loi." L'alinéa (c) ne concernait que la Commission géologique du Canada, et l'alinéa (e) les observatoires astronomiques.

On notera que la plupart des sections étaient tirées de la loi de 1907 sur le Ministère des Mines, avec quelques modifications dans les termes. Dans l'alinéa 6 (d), concernant les fonctions principales de la Direction de Mines, les modifications suivantes furent apportées à la loi de 1907. Après le mot "métal-



Organigramme du Ministère des Mines et Relevés techniques, 1950



Organigramme du Ministère des Mines et Relevés Techniques, 1960

lurgiques" on ajoutait les mots "et autres", au lieu des mots "selon le besoin" on utilisait les mots "nécessaires ou opportunes pour réaliser les objets et exécuter les dispositions de la présente loi, et en particulier ...".

Le Ministère dura seize ans, avec huit changements de ministres; George Prudham fut en fonction pendant sept ans, et Paul Comtois pendant quatre. Il y eut deux sous-ministres - le docteur Marc Boyer 1950 à 1962 et le docteur W.E. van Steenburgh de 1963 à 1966. Le poste supérieur de Directeur général des services scientifiques fut créé dès le début du Ministère. Le docteur George S. Hume fut le premier responsable de 1950 à 1956, et Van Steenburgh le deuxième de 1956 à 1963. Lorsque le poste fut aboli, il fut remplacé par deux postes - sous-ministre adjoint (recherche) et sous-ministre adjoint (mines), créés en 1964. Le Docteur J.M. Harrison occupa le poste de Sous-ministre adjoint (recherche) de 1964 à 1966, et Jean-Paul Drôlet est Sous-ministre adjoint (mines, puis développement minéral en 1966) depuis 1964 jusqu'à l'heure actuelle.

Le 26 juin 1956, la Division des Ressources minérales fut transférée, par décision ministérielle; après avoir fait partie de la Direction des Mines pendant près de 50 ans, elle devint une unité ministérielle, relevant du Directeur général des Services scientifiques, et, depuis 1964, du Sous-ministre adjoint (mines, puis plus tard développement minéral). Cette division devint une direction en 1966 à la

formation du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

Il y eut d'autres changements ministériels, en accord avec la politique du Ministère, et n'exigeant pas de mesures législatives, pour mettre l'accent sur les sciences de la terre et de la mer. Ainsi, en 1958 fut lancé le projet du Plateau continental polaire, avec un groupe multi-disciplinaire représentant toutes les sciences du Ministère, et un personnel tiré de toutes les directions autre que celle des Mines, dans le but d'effectuer des études et des recherches scientifiques dans la zone du Plateau continental du Canada arctique. Cette unité relevait du Directeur général des Services scientifiques, puis plus tard du Sous-ministre adjoint (recherche). Son premier coordonnateur fut le Docteur E.F. Roots, anciennement de la Commission géologique du Canada. De plus, en 1962, fut formée la Direction des Sciences de la mer, à partir de l'ancien Service hydrographique canadien, et de la Division de Recherches océanographiques (qui était alors nouvelle); ces deux unités faisaient auparavant partie de la Direction des Levés et de la Cartographie.

Le 7 septembre 1965, la section des Eaux industrielles de la Direction des Mines fut fusionnée avec la section des Eaux souterraines de la Commission géologique, la Section de Glaciologie, la Direction géographique et la section des Marées et des niveaux d'eau de la Direction des Sciences de la mer, pour former la Direction de la Recherche sur les eaux.

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES
MINES ET DES RESSOURCES, 1966

La loi de 1966 sur l'organisation du Gouvernement a réorganisé le Ministère des Relevés techniques et le Ministère des Affaires du Nord et des Ressources nationales, pour produire respectivement le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et le Ministère des Affaires Indiennes et du Développement du Nord. La loi est entrée en vigueur le 1er octobre 1966, et a donné lieu à la loi sur les Ressources et les Relevés techniques, amendant la loi sur le Ministère des Mines et Relevés, et donnant au ministère réorganisé des responsabilités supplémentaires.

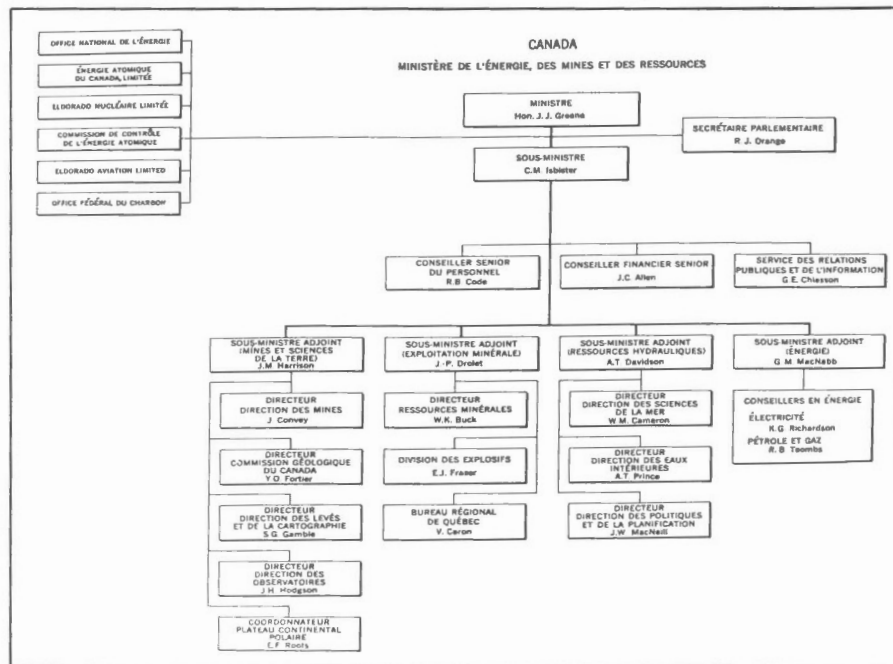
La section de la loi concernant les fonctions scientifiques et techniques des anciennes divisions était presque identique à celle de la loi du Ministère des Mines et des Relevés techniques, par exemple les sections 6 et 8, mais seule la section 6 d) et certaines parties de la section 6 f) et g) sont applicables à la Direction des Mines, puisque la Division des Ressources minérales avait été transférée au cours de l'administration précédente, pour devenir une unité du quartier général. On notera que dans toutes les réorganisations, avec les lois correspondantes du Parlement, les fonctions principales qui sont la responsabilité unique de la Direction des Mines, exprimées dans la section 6 d) (la désignation est la même dans toutes les lois) n'ont jamais changé. L'expression "... pour

aider l'industrie minière et métallurgique du Canada ..." exprime le service que les législateurs attendaient de la Direction des Mines pour l'importante industrie minière et métallurgique du pays.

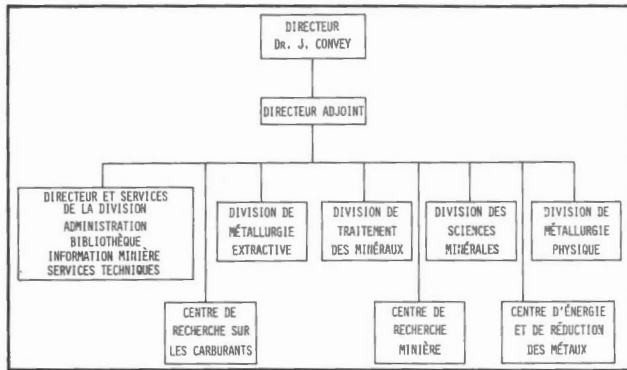
La loi introduisait un nouveau et important rôle de politique pour le Ministère, prévu par les nouvelles sections 8.A. et 8.B., que nous citons en entier.

"8.A. Sous réserve de l'article 29 de la loi de 1966 sur l'organisation du gouvernement, concernant les devoirs, pouvoirs et fonctions du ministre relativement aux questions dont fait mention ledit article et qui sont du ressort du Parlement du Canada, le Ministre est chargé de coordonner, de favoriser et de recommander des politiques et des programmes nationaux concernant l'énergie, les mines et les minéraux, l'eau et les autres ressources et, dans l'exécution des attributions que lui confère le présent article, le Ministre peut

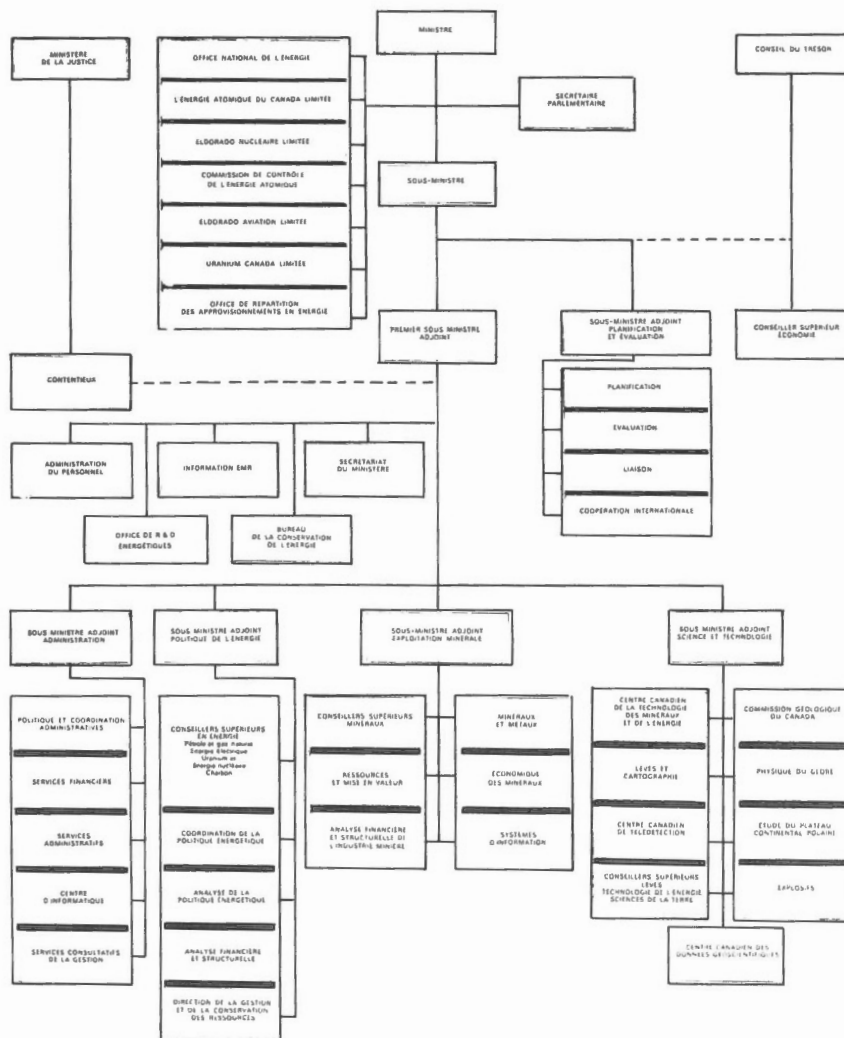
- a) diriger des programmes de recherche fondamentale et appliquée, des enquêtes et des études économiques relatives à ces ressources; à cette fin, il peut soutenir et mettre en service des instituts de recherche, laboratoires, observatoires et autres installations permettant les explorations et recherches consacrées aux sources, origines, et propriétés de ces ressources et à leur mise en valeur ou utilisation; et
- b) étudier, revoir constamment et examiner toutes



Organigramme du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1967-68



Organigramme de la Direction des Mines, 1972



Organigramme du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1974-75

recommandations relatives aux questions concernant la recherche, la production, la récupération, la fabrication, la transformation, la transmission, le transport, la distribution, la vente, l'achat, l'échange ou l'aliénation des ressources de cette nature, ou concernant la provenance de telles ressources, soit au Canada, soit à l'étranger.

8.B. (1) Dans l'exercice des attributions que lui assigne l'article 8.A, le Ministre peut élaborer des projets visant la conservation, l'exploitation et l'utilisation des ressources mentionnées audit article ainsi que la recherche dans ces domaines et peut, avec l'autorisation du gouverneur en Conseil et en coopération avec les autres ministères, départements, directions et organismes du gouvernement du Canada, prendre

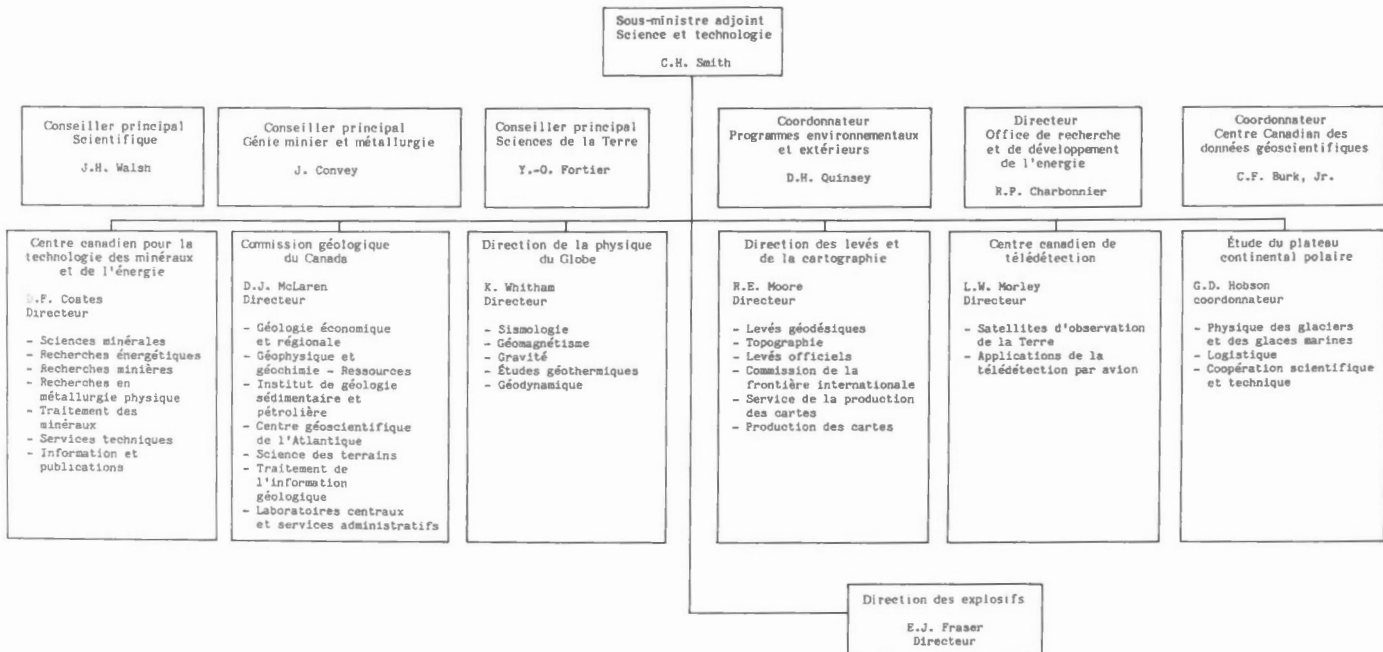
des mesures en vue de la réalisation de semblables projets.

(2) Le Ministre peut collaborer avec les provinces et les municipalités à l'élaboration et à la réalisation de tous projets prévus au paragraphe (1).

(3) Dans l'exercice des devoirs et fonctions que lui assigne le présent article, le Ministre peut consulter les représentants de la production, de l'industrie, des universités, de la main-d'oeuvre et des autorités provinciales et municipales et prendre l'initiative de conférences entre ces représentants."

En accord avec les pouvoirs impliqués par la nouvelle loi, il fut formé un organisme (horizontal) de

ORGANIGRAMME DU SECTEUR DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES



Organigramme du Secteur Science et Technologie du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 1974-75

politique au quartier général, comportant les secteurs de la science et de la technologie, du développement minéral, de l'eau et de l'énergie, avec des sous-ministres adjoints responsables pour chacun d'entre eux. L'organigramme de 1968 présente l'important groupe de l'eau qui incluait la Direction des Recherches sur l'eau, transférée en 1966 au Ministère des Affaires du Nord et des Ressources nationales, et sa fusion avec la Direction de l'Eau pour former la Direction des Eaux intérieures. Toutefois, selon la loi de 1970 sur l'organisation du gouvernement, le Ministère perdit en 1971 sa responsabilité concernant l'eau, à l'exception de l'eau comme source d'énergie, cette responsabilité étant transférée au nouveau Ministère de l'Environnement. En 1970, le personnel et les installations d'astronomie et d'astrophysique, ainsi que le Service du Temps, furent transférés au Conseil national de recherches du Canada, et le terme "observatoire" fut transformé en "Direction de la Physique de la terre". En 1971, la Division de la Géophysique de la Commission géologique du Canada, dirigée par le Docteur L.W. Morley, fut transformée en Centre canadien de télé-détection, et M. Morley en est resté le directeur jusqu'à date. L'organigramme actuel reflète ces modifications.

L'infrastructure du Ministère est restée stable depuis cinq ans, bien qu'il y ait eu une réorganisation à l'intérieur des directions, pour faire face aux défis de cette décennie, en particulier dans le domaine de l'énergie. L'histoire de la Direction des Mines, jusqu'à la création de "CANMET" sera racontée dans le dernier chapitre de la présente histoire.

Depuis 1966, il y a eu quatre Ministres responsables - Jean-Luc Pépin, J.J. Greene, D.S. Macdonald et A.W. Gillespie (actuel). Il y a également eu quatre Sous-ministres - C.M. Isbister, 1960-70, J. Austin, 1970-75, T. Shoyama, 1975, et G.M. MacNabb, 1975 jusqu'à l'heure actuelle. Un poste de Sous-ministre adjoint supérieur fut établi en 1971. Le premier responsable fut le Docteur J.M. Harrison, qui occupa le poste jusqu'en 1972, année de sa retraite. Sa place fut prise par Gordon MacNabb, qui occupa le poste jusqu'en 1975. Le responsable actuel est le Docteur C.H. Smith. Les Sous-ministres adjoints du secteur de la Science et de la technologie, qui inclut CANMET, la Direction des Explosifs, la Commission géologique canadienne, etc. ont été, tour à tour, le Docteur J.M. Harrison, 1966-71; le Docteur C.H. Smith, 1971-75, et le Docteur J.D. Keys, 1975 jusqu'à l'heure actuelle.



Le docteur Eugene Haanel - premier chef de la Direction des Mines

CHAPITRE 3

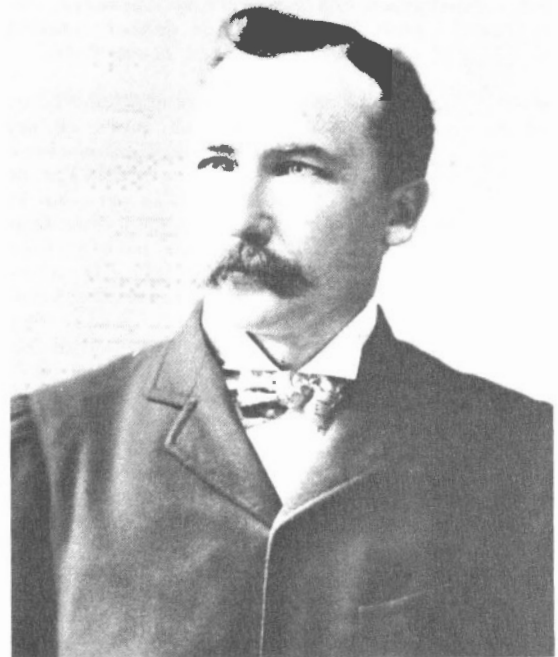
PREMIÈRE PARTIE - LES DÉBUTS 1901 - 1907

LE MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

EUGENE HAANEL - PREMIER DIRECTEUR DE LA DIRECTION DES MINES

A la suite de la séparation de la future Direction des Mines de la Commission géologique du Canada à laquelle elle était affiliée, et du lancement d'une nouvelle entreprise gouvernementale sous la surveillance critique à la fois de l'industrie et de la bureaucratie, on cherchait pour diriger cette direction une personne compétente et déterminée. Clifford Sifton, alors Ministre de l'Intérieur, qui fut fait plus tard chevalier, choisit Eugene Emil Felix Richard Haanel, à cause surtout de son expérience dans l'enseignement et de ses aptitudes d'organisateur lorsqu'il était professeur de sciences naturelles à l'Université de Victoria depuis 1873. Sifton avait été l'un des premiers étudiants de Haanel.

Toute la carrière du docteur Haanel témoigne d'un caractère ambitieux, compétent et énergique. Il est né en 1841 à Breslau, en Allemagne, devenu depuis Wroclaw, Pologne, en Haute-Silésie. A l'âge de 15 ans, il fit preuve d'indépendance quand, après ses études au 'Gymnasium' de Breslau, il quitta sa famille à la suite d'un désaccord avec son père, qui occupait des fonctions gouvernementales importantes et influentes. On se rappellera qu'à la fin du dix-huitième siècle, la Pologne était divisée entre la Russie, l'Allemagne et l'Autriche. Le jeune Haanel a dû être imbu d'un libéralisme et d'un esprit d'aventure qui le poussèrent à émigrer en Amérique du Nord. Passager clandestin dans



C. Sifton

une boîte d'emballage jusqu'à Hambourg, il fit le reste du voyage aux Etats-Unis comme mousse. Il passa plusieurs années dans les Etats du sud, se partageant entre des travaux manuels comme manoeuvre, et intellectuels comme apprenti-arpenteur. Il revint en Allemagne pour y séjourner peu de temps avec sa famille avant la guerre civile américaine dans laquelle il fut plus tard impliqué du côté de l'Union. A sa sortie de l'armée, quatre ans plus tard, il était lieutenant à l'âge de 23 ans. Aux funérailles du président Lincoln, il fut choisi comme l'un des gardes d'honneur. Après la guerre, Haanel se rendit au Michigan où il reçut l'aide amicale d'un ministre méthodiste, Benjamin Franklin Cocker, qui devint lui-même plus tard professeur de philosophie à l'Université du Michigan. Cocker influença Haanel dans sa décision de poursuivre une carrière d'enseignement et c'est avec l'aide de ce dernier que ses services furent retenus pour enseigner les langues au Collège de Hillsdale. Plus tard il enseigna les sciences au Collège d'Albion mais cette tâche était vraiment difficile puisqu'il n'avait pas de formation technique. Il se mit à ses nouvelles fonctions avec zèle, apprenant et enseignant tout à la fois, mais s'épuisa et tomba malade. On le convainquit de retourner en Allemagne, dans l'intention marquée de le renvoyer parmi les siens au cas où il ne recouvrerait pas la santé. Cependant, la traversée en mer et les bons soins d'un médecin en Allemagne lui furent bénéfiques. C'est alors qu'il décida de prendre des cours en sciences à l'Université de Breslau; il y soutint une thèse intitulée "Une méthode galvanométrique pour déterminer le magnétisme terrestre et ses oscillations", pour l'obtention du doctorat à l'âge de 31 ans. Il revint quelque temps aux Etats-Unis.

En 1873, il fut invité à l'Université Victoria, à Cobourg en Ontario, pour y créer un cours de sciences naturelles. Son département fut doté d'un local qui était une grange abandonnée située à l'arrière du seul édifice de l'Université. Il se révéla un bon professeur, éloquent, capable d'attirer de nombreux étudiants de différentes régions du Canada. Ses efforts conduisirent à la construction de Faraday Hall, reconnu comme le premier édifice universitaire construit spécialement pour l'enseignement des sciences au Canada. En 1889, une proposition visant à affilier l'Université Victoria à l'Université de Toronto le contraignit à démissionner. Le Ministre de l'Éducation de l'Ontario, Sir George Ross, lui offrit alors la chaire de chimie et de minéralogie à l'Université de Toronto, ce qu'il refusa pour accepter une tâche d'enseignement de la physique à l'Université de Syracuse, dans l'Etat de New York. Devenu très enraciné au Canada, ce n'est pas sans hésitation qu'il accepta. Il était cependant opposé à l'idée que l'Université Victoria, associée à l'Eglise méthodiste, aille s'installer à Toronto; selon lui, l'Université allait en souffrir. Haanel constata que l'enseignement des sciences à Syracuse ne recevait pas toute l'attention nécessaire. Une fois de plus, il consacra ses énergies à l'établissement d'un laboratoire et à l'organisation de cours de sciences. C'est

pendant cette période que fut construit le Esther Baker Hall pour la physique.

En 1900, Clifford Sifton rendit visite à Eugene Haanel à Syracuse pour le persuader de venir à Ottawa organiser la nouvelle Direction des Mines. L'année suivante, le docteur Haanel et sa famille s'établirent à Ottawa.

Eugene Haanel avait épousé en 1868 Julia Frances Darling, fille d'un sénateur américain, l'honorable Henry D. Darling, de Lakeridge, Michigan. Ils eurent cinq filles et deux garçons. L'une des filles, Grace, épousa le Dr. C.T. Bowles d'Ottawa et leurs fils Kenneth et Jeffrey travaillèrent à la Direction des mines. L'aîné des fils du docteur Haanel, Benjamin Franklin, ainsi nommé sans doute en l'honneur du docteur Cocker, devint chef de la Division des huiles combustibles de la Direction des Mines, où il travailla près de 42 ans.

L'esquisse biographique esquisses ci-dessus révèlent les capacités et le dynamisme d'Eugene Haanel. Le fait qu'il s'est avéré capable de maîtriser les sciences physiques puis de bien les enseigner et, en même temps, de démontrer son habileté dans l'administration après des études classiques peu poussées, et après un intervalle nécessaire pour l'adaptation à une nouvelle vie difficile, sur un nouveau continent et dans une langue étrangère, démontre pleinement ses capacités exceptionnelles. Ce sont ces qualités que dut reconnaître Clifford Sifton quand il proposa à Eugene Haanel d'entrer à la Fonction publique alors qu'il était âgé de près de 60 ans. Des envieux ont suggéré que l'intimité régnant entre les deux hommes ont peut-être fait penser à Haanel qu'il pouvait aspirer à des fonctions supérieures à celles de Surintendant des Mines du Ministère de l'Intérieur et de Directeur de la Direction des mines du Ministère des Mines. Le docteur Haanel était sans doute exigeant pour ses collègues et associés; toutefois, malgré son caractère et ses déboires initiaux dans la Fonction publique, il n'en demeura pas moins qu'il s'est révélé un meneur d'hommes et un bon administrateur durant les 19 années qu'il passa au service de ces deux ministères. On notera ses réalisations dans l'histoire de cette période que rapporte ce chapitre.

Installé dans ses nouvelles fonctions, le Dr. Haanel dut partir à zéro. A son entrée en fonction au Ministère, il occupait un poste créé pour lui mais sans personnel ou budget spécifiques. Durant les six années qui suivirent, il eut à élaborer une organisation incorporée à la structure centrale du Ministère, en tenant compte des espoirs que plaçaient en lui le ministre qui l'avait engagé et l'industrie minière. Il eut de plus à surmonter le ressentiment naturel d'une grosse organisation 'autonome', la Commission géologique dont le personnel, en particulier celui de la section des Mines, le considéraient comme un concurrent. Cette section de la Commission et ce groupe à peine

naissant se faisaient concurrence, surtout pour les comptes rendus sur les minéraux, mais il y eut également coopération entre ces deux groupes, comme nous le verrons plus loin. La création du Ministère des Mines en 1907 devait dans une large mesure dissiper ces frictions.

A son entrée en fonction en 1901, Eugene Haanel occupa un bureau probablement situé dans le carré Langevin, rue Wellington, de façon à être près de Sifton; on lui adjoignit Jessie Orme comme secrétaire. Son premier projet portait sur les mines d'or du Yukon mais il hésita avant de s'engager dans une vaste évaluation de l'industrie minière canadienne et de ses problèmes techniques. Il cherchait à obtenir aussi rapidement que possible une vue d'ensemble, un "état de la question", sur l'extraction et le traitement des minerais au Canada afin de pouvoir évaluer le rôle qu'ils pourraient jouer dans le développement économique des régions et du pays. Rapidement, on acquit la certitude que le traitement des minéraux serait le problème central. Dans les années qui suivirent, ce sont les produits minéraux qui accaparèrent les programmes de recherches de la Section des Mines.

L'OR

La première tâche que s'imposa le docteur Haanel



Carré Langevin, rue Wellington, à Ottawa

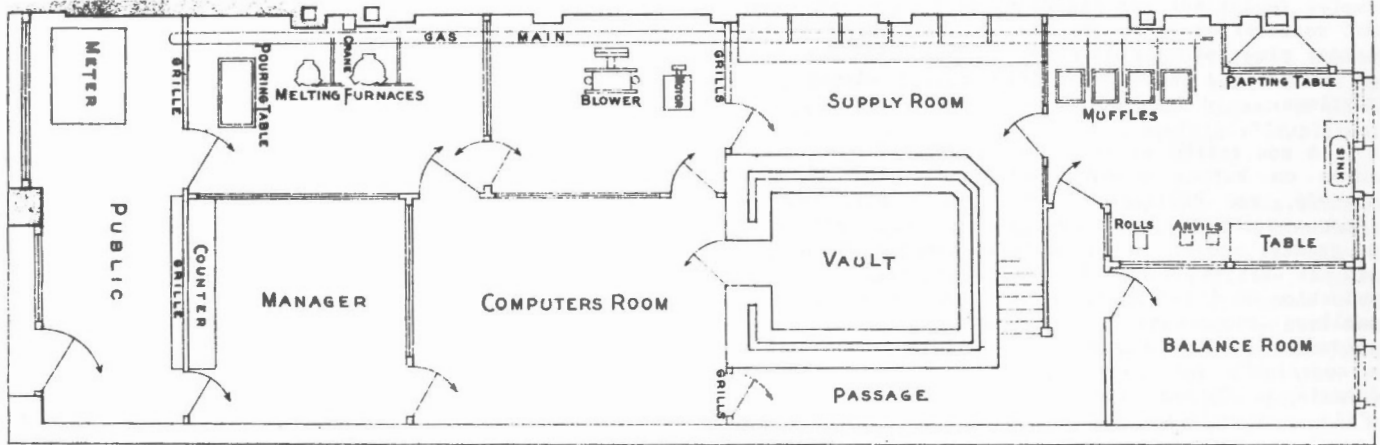
à son arrivée au Ministère de l'Intérieur, le 5 juin 1901, fut de voir à l'installation définitive du Bureau de l'Essayerie du Dominion du Canada. Ce bureau occupait des locaux loués rue Hastings à Vancouver et ouvrait ses portes le 26 juillet 1901. J.A. Smart, sous-ministre de ce ministère, parlant de l'engagement d'Eugene Haanel dans son rapport annuel de 1901, mentionne l'aide qu'il apporta au Ministère. En quelques mois seulement l'équipement nécessaire était acheté et installé, des locaux loués, et une équipe de cinq personnes engagée. Il s'agissait essentiellement d'un laboratoire de traitement de l'or établi en vue d'encourager les producteurs d'or du Yukon à faire leurs achats au Canada plutôt qu'à Seattle ou à San Francisco. Les producteurs de la Colombie-Britannique traitèrent beaucoup avec le Bureau de l'Essayerie. Les recettes d'or varièrent d'une façon substantielle durant le fonctionnement du Bureau de l'Essayerie. Approximativement, on y reçut 70 000 onces en 1901; après un déclin, les dépôts pour une période de neuf mois en 1908 s'élevaient à 90 000 onces; durant la Première Guerre mondiale, ils s'élevèrent à un sommet de 240 000 onces en 1918 et à nouveau subirent un déclin. On doit se rappeler que le Canada n'a fondé son Hôtel de la monnaie qu'en 1908 et qu'il n'y avait aucune raffinerie d'or au Canada quand le Bureau de l'Essayerie de Vancouver entra en activité. À titre indicatif, on trouvera ci-dessous la production d'or en onces fines; cette production, divisée selon les provinces productrices, s'éleva en 1900 à un million d'onces quand le Yukon atteignit son sommet et plus tard en 1922 quand l'Ontario atteignit pour la première fois ce niveau.

Production canadienne d'or (onces fines)

1900		1922	
Yukon	1,000,000	Yukon	73,000
Colombie-Britannique	229,000	Colombie-Britannique	207,000
Alberta	240	Ontario	1,000,000
Ontario	14,000	Nouvelle-Ecosse	1,100
Québec (1901)	145		
Nouvelle-Ecosse	29,000		

Note: La production en 1922 de l'Alberta et du Québec est négligeable.

Le personnel du nouveau Bureau de l'Essayerie du Dominion du Canada se composait d'un gérant, de deux essayeurs, d'un fondeur et d'un concierge. Le premier gérant s'appelait Thomas McCaffrey et le fondeur George Middleton, qui devint en 1907 le second gérant jusqu'à sa mort en 1925. G.N. Ford se joignit au Bureau comme calculateur et comptable en 1909 et devint gérant en 1926. Durant les années de service de M. Haanel, une ou deux personnes vinrent s'ajouter à l'équipe et il



Plan du Bureau de l'Essayerie de Vancouver.

employé par la toute nouvelle Direction des Mines. Le Bureau fut transféré au Ministère des Finances le 1er janvier 1933.

Eugène Haanel se rendait au Yukon en 1901 et le rapport numéro 1 de la Direction des Mines (SM Rapport 1) sur les conditions minières au Yukon était publié en 1903. Il entra en contact avec l'ingénieur des mines A.J. Baudette au service du Ministère de l'Intérieur alors qu'il était en poste à Dawson. Les rapports de Baudette sont reproduits dans les rapports annuels que Haanel adressait au Ministre pour les années 1902-3, 1903-4 et 1904-5.

LE FER

Un second produit attira vivement l'attention du docteur Haanel: le minerai de fer canadien, en particulier celui de l'Ontario, du Québec, et des Maritimes. Dans son second rapport daté de 1903 à l'intention du Ministre pour la période couvrant les deux années écoulées entre le 16 juin 1901 et le 30 juin 1903, il signale que la plupart des gisements de minerai de fer au Canada sont magnétiques et se prêtent à une exploration et une délimitation au moyen de magnétomètres (6). Il écrivit un rapport qui explique la théorie et la pratique de l'exploration magnétométrique à partir principalement d'expériences suédoises (SM Rapport 5, 1904). Ce rapport fut publié en 1904 et présenté sous forme condensée à la réunion annuelle de l'Institut des mines canadiennes en mars 1903.

Dans son troisième rapport, pour l'année fiscale 1903-04 (Pt VIII, p. 5), Haanel attire l'attention du Ministre sur les importations considérables de minerai ou de produits de fer et d'acier, qui atteignent une

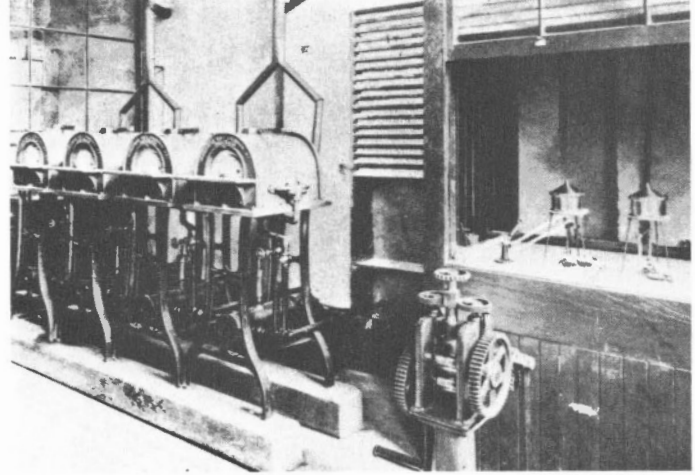


Le Bureau de l'Essayerie du Dominion au coin des rues Granville et Pender, à Vancouver, en Colombie-Britannique

proposa de construire un édifice spécial pour le Bureau de l'Essayerie. On n'accéda jamais à sa demande mais le bureau fut déménagé en juillet 1910 dans les locaux de l'Edifice public fédéral aux coins des rues Pender et Granville. Le docteur Haanel donna une importance considérable dans les premiers rapports du Ministère de l'Intérieur aux opérations du Bureau, et les employés du Bureau de l'Essayerie durant les toutes premières années représentaient la majeure partie du personnel



1



2

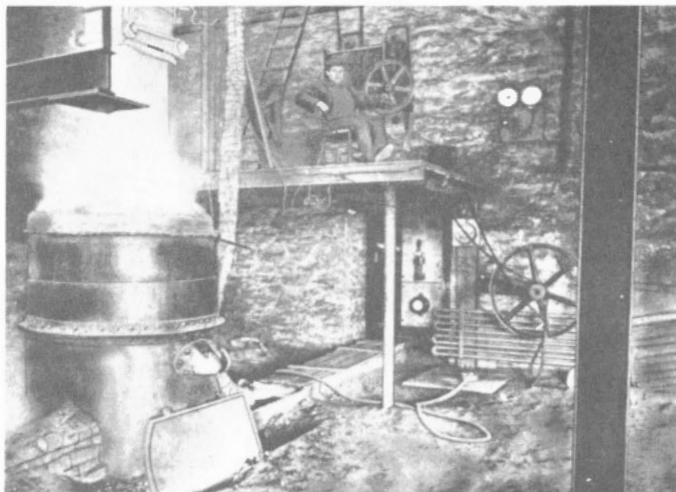
Le Bureau de l'Essayerie de Vancouver: 1) salle de réception et de pesée; 2) salles de la gueule-de-loup

valeur de 53 millions de dollars durant la même année fiscale (7). Etant donné le manque de charbon à bon marché, mais l'abondance potentielle de ressources hydroélectriques dans les provinces centrales, il proposait d'analyser les procédés de fusion suédois ou d'autres procédés électriques pour atteindre éventuellement une production d'acier régulière. En vue de connaître les ressources, il engageait en 1902 Eric Nyström, ingénieur suédois diplômé à la fois en mécanique et en génie minier, et au courant des méthodes de levés magnétiques à la suite d'expériences sur le terrain en Suède et à Sudbury. Durant l'été 1903, il se joignit au docteur A.E. Barlow de la Commission géologique, bien connu pour ses travaux dans le bassin de Sudbury, pour l'exploration et la délimitation des gisements de minerai de fer dans la région du lac Temagami du nord de l'Ontario. Durant l'été de 1904, Nyström examina un gisement de minerai de fer dans le comté de Charlotte au Nouveau-Brunswick et entreprit une étude du magnétisme à la mine Calabogie, dans le comté de Renfrew en Ontario. Durant l'été de 1905, B.F. Haanel, qu'on avait engagé à titre temporaire, fit une étude du magnétisme d'un dépôt dans le comté de Leeds au Québec, de la mine Wilborn dans le comté de Lanark en Ontario et de la mine Belmont dans le comté de Peterborough en Ontario. Certains des levés effectués à la demande des propriétaires de ces terrains. Haanel trouvait ce genre d'activités parfaitement légitime '...puisque l'une des fonctions du gouvernement est d'aider au développement des ressources du pays en effectuant des travaux que les propriétaires de terrain ne peuvent effectuer eux-mêmes ...' (8); il est évident que certaines des demandes de levés provenaient du Bureau du Ministre. Un troisième

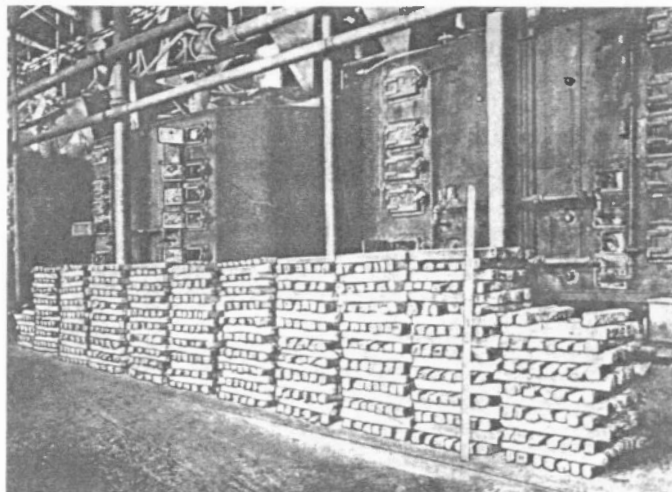
employé, Einar Lindeman, conduisit en Ontario des levés magnétiques durant les étés 1905 et 1906, le long de la voie ferrée de Kingston à Pembroke avec des résultats peu prometteurs, et à Austinbrook, dans le comté de Gloucester au Nouveau-Brunswick, qui, au contraire, était prometteur.

Durant l'été 1906, Haanel organisa une série de levés systématiques pour mieux documenter les ressources canadiennes en minerai de fer; il désignait trois régions et engageait trois consultants pour effectuer ce travail; pour la Nouvelle-Écosse, le docteur J.E. Woodman, professeur de géologie à l'Université Dalhousie; pour l'ouest de l'Ontario, F. Hille, ingénieur des mines à Port Arthur; pour la vallée de l'Outaouais, F. Cirkel, ingénieur des mines de Montréal. Ces relevés sont mentionnés dans le rapport annuel 1906-07 du Ministère de l'Intérieur et font l'objet de rapports distincts (SM Rapports numéros 20, 22, et 23) publiés respectivement en 1909, 1908, et 1909. La poursuite des études reliées aux ressources de minerai de fer dans des régions assez accessibles est conduite par le personnel de la Direction des Mines après la création du Ministère des Mines.

Au sujet du traitement des minéraux, Haanel veilla à l'organisation d'une 'commission' composée de lui-même, E. Nyström, concepteur, C.E. Brown, ingénieur en électricité, F.W. Harbord, métallurgiste anglais, et D. Coté, secrétaire; cette commission se rendit en Suède, en France et en Italie, du 21 janvier au 16 avril 1904 pour étudier les procédés électrothermiques. Le rapport fut publié la même année sous la plume de E. Haanel, et fut largement distribué, tant au



1



2

- 1) Fourneau électrique où se voient les instruments de mesure et le mécanisme de réglage d'électrode, à Sault Ste-Marie Ontario; 2) Fonte produite durant les expériences du gouvernement.

Canada qu'à l'étranger (9).

En janvier 1906, Haanel organisa un programme d'essais à la Lake Superior Corporation de Sault Ste-Marie, Ontario, et y conduisit des expériences dans un four électrique conçu par le docteur Héroult. Les tests furent conduits à tour de rôle pendant environ deux mois par une équipe de quatre ingénieurs, sans compter le docteur Haanel et le docteur Héroult. Deux d'entre eux étaient E. Nyström et B.F. Haanel. Durant cette expérience, 150 pièces furent coulées, ce qui équivalait à la production d'environ 55 tonnes de fonte, à partir de huit échantillons, dont cinq de magnétite, un d'hématite, un de pyrrhotite grillée, et un de minerai de fer titanifère. Ces expériences démontraient que:

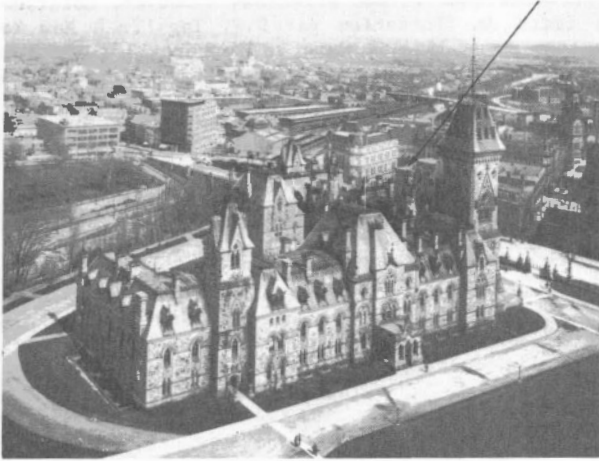
- (1) Les minerais de magnétite canadiens peuvent être fondus d'une façon aussi économique que l'hématite.
- (2) Des minerais avec un fort contenu de soufre peuvent donner de la fonte avec des quantités négligeables de soufre.
- (3) On peut faire varier le contenu de silicium selon les besoins de la sorte de fonte à produire.
- (4) Le charbon de bois, qui peut être produit d'une manière économique à partir de déchets d'usine ou à partir de bois qui ne peut être utilisé autrement, et le coke de tourbe peuvent remplacer le coke sans être briquetés avec le minerai.
- (5) On peut produire un fonte de ferro-nickel, presque sans soufre et d'excellente qualité, à partir des pyrrhotites nickellifères grillées.
- (6) Les minerais de fer titanifère peuvent être traités

avec succès; cette conclusion est fondée sur une expérience avec un minerai contenant 17.82% d'acide titanique et donnant une fonte de bonne qualité.

Les résultats firent l'objet d'un rapport préliminaire en 1906 et d'un rapport final en 1907 (10). De plus, dans le rapport annuel de 1905-06, on fournit les résultats de la production expérimentale de fonte de ferro-nickel obtenue par la Lake Superior Corporation à la suite des tests de la Direction des Mines. Ce programme intéressait peu, apparemment, l'industrie canadienne des minerais de fer. Cependant dans ses rapports annuels, Haanel continue d'attirer l'attention du Ministre sur les divers développements dans le domaine de la fonte électrothermique des minéraux.

Quand on évalue les efforts considérables d'Eugene Haanel dans l'analyse des minerais de fer canadiens et de leur traitement électrothermique, on doit se rappeler que pour la période visée, les moyens mis en oeuvre étaient restreints et la technologie peu développée. On ne peut comparer cette période aux exploitations à grand débit et au traitement des métaux d'aujourd'hui. Haanel était certainement en avance sur son temps dans le domaine de la fonderie électrothermique.

Au début des études sur le fer, Haanel et sa petite équipe étaient vraisemblablement logés dans les locaux du 193 rue Sparks à Ottawa. Ceci se passe probablement durant l'année fiscale 1903-04, quand apparut pour la première fois l'appellation Direction



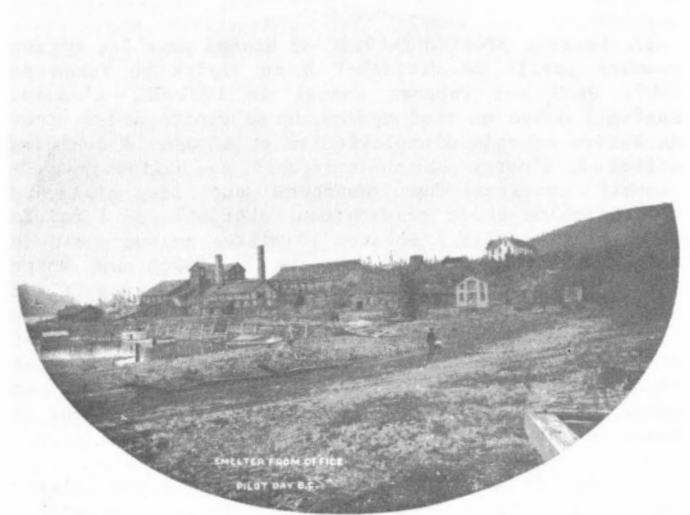
Les Thistle Chambers, 26 rue Wellington, à Ottawa, aux environs de 1905 (Archives publiques du Canada)

des Mines (chapitre 2). Un laboratoire fut construit pour des magnétomètres et à l'interprétation des résultats. On découvrit que les fils électriques posés parallèlement aux pièces de la rue Sparks causaient de grandes fluctuations du champ magnétique et empêchaient l'aiguille du magnétomètre de s'arrêter. En 1905, on loua de nouveaux locaux dans les Thistle Chambers au 26 rue Wellington, où on enménagea le laboratoire et le bureau du Directeur. Le bureau de la rue Sparks fut converti pour la préparation des cartes et pour le stockage et la diffusion des rapports.

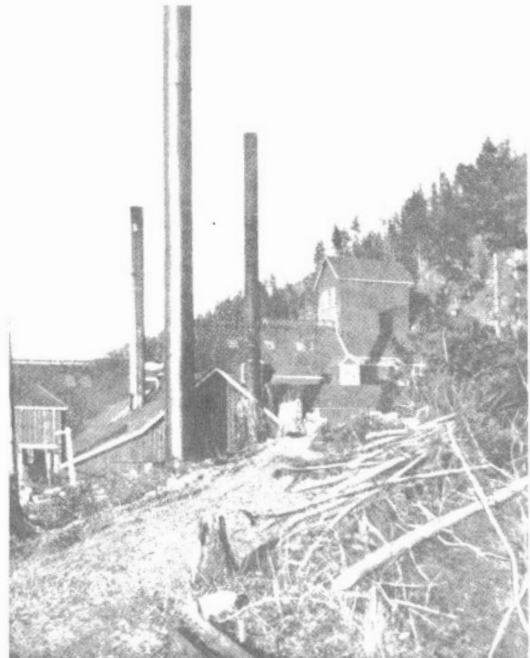
LA TOURBE

L'intérêt qu' Haanel avait au début manifesté pour les combustibles concernait apparemment la recherche d'un agent réducteur pour le traitement des métaux, en rapport avec ses idées sur la réduction des minerais de fer par procédés électrothermiques.

Dans son rapport annuel de 1903-04, le Directeur notait que le Canada avait dépensé près de 21 millions de dollars pour l'importation de charbon et de coke. Il mentionne les immenses tourbières de l'Ontario et du Québec et les grands progrès accomplis en Europe dans l'utilisation de la tourbe, à cause du coût accru du charbon; ce rapport rend compte des utilisations en Hollande, en Allemagne, en Suède et en Russie. Haanel profita d'un séjour en Europe à titre de délégué de la commission de recherche sur les procédés de fonte électrothermiques du fer pour assister à une foire industrielle de la tourbe à Berlin, en février 1904. On le renseigna sur toutes les formes de tourbe incluant les briquettes et le coke, de même que sur l'équipement de recueil et de traitement.



Concentrateur et four de fusion de Pilot Bay en Colombie-Britannique, aux environs de 1905, pour le traitement des minerais bruts de la mine Bell



Bâtiment de la chaudière de la mine Sullivan, Colombie-Britannique, aux environs de 1905;

LES MÉTAUX COMMUNS

Le tout premier intérêt de Haanel pour les métaux communs paraît se rattacher à sa visite au Yukon en 1902. Dans son rapport annuel de 1901-02, l'annexe numéro 1 donne un bref aperçu de sa visite à des mines de cuivre en voie d'exploitation et situées à quelques milles à l'ouest et au sud-ouest de Whitehorse. Ce rapport contient des remarques sur les gisements d'antrachite et de charbon non cokéifiable ou à faible teneur en volatils à environ 18 milles au sud-ouest de Whitehorse, auxquels s'intéresse le Yukon and White Pass Railway pour l'alimentation des locomotives et des bateaux. Il signale à ce sujet le développement d'un marché pour remplacer les ressources forestières qui s'épuisent rapidement, particulièrement dans les régions de Dawson et du district du Klondyke, et mentionne également les besoins alors ressentis pour la fonte des minerais de cuivre.

En 1905, en réponse à une pétition de la Silver-Lead Association et des Chambres de commerce associées de la Colombie-Britannique, Haanel forme une commission avec un chef d'équipe, W.R. Ingalls, rédacteur du Engineering Mining Journal, et deux ingénieurs, Phillip Argall de Denver, Colorado, et A.C. Gardé de Nelson, Colombie-Britannique. Henry E. Wood de Denver, Colorado, fait également partie de l'équipe, avec pour tâche de déterminer la sensibilité des minerais de la Colombie-Britannique à des traitements de concentration magnétiques, électrostatiques et autres. La commission était assistée du docteur A.E. Barlow et de J. Keele mandatés par la Commission géologique pour analyser certains gisements et espérances non exploités.

Les raisons apparentes de cette mission peuvent se résumer comme suit:

- (1) La pratique ancienne de rejeter les résidus de zinc du traitement des minerais alliant l'argent, le plomb et le zinc de la Colombie-Britannique, surtout dans le district de West Kootenay;
- (2) L'imposition de pénalités par les fonderies spécialisées de plomb aux concentrés d'alliage de plomb et de zinc quand le contenu en zinc excède 10%;
- (3) La demande accrue de zinc à la fin du 19ième siècle;
- (4) Le remplacement des minerais de galène-blende (Pb-Zn) par de la blende en profondeur;
- (5) Le désir de voir traiter tous les minéraux complètement au Canada y compris la fonte des minéraux de plomb et zinc.

Le rapport de 399 pages de la commission nous renseigne bien sur toutes les mines et espérances de plomb et de zinc en Colombie-Britannique et inclut des données sur le traitement primaire et la fonte ainsi que sur les aspects financiers de la production de zinc à l'échelle nationale ou internationale (11). Les tests

de concentration au moyen de séparateurs magnétiques ou électrostatiques furent effectués à Denver, Colorado et les tests de flottation par D.W. Ingalls à New York; ils sont tous décrits dans le rapport. L'augmentation du pourcentage de zinc des concentrés pour atteindre des niveaux acceptables de fonderie s'avéra réussir par séparation magnétique. Les tests de flottation étaient prometteurs mais la séparation précise nécessaire aux résultats souhaités pour des mines comme Sullivan ne devint réalité que dix ans plus tard, à la mise au point des procédés de flottation différentielle du zinc et du plomb.

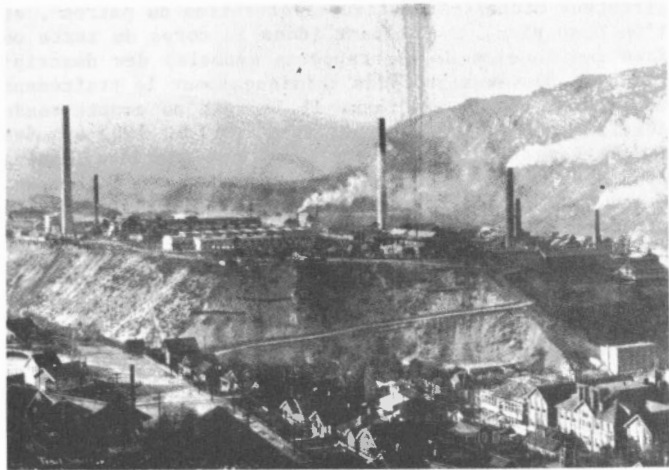
En 1906, à la demande du Ministre, le docteur Haanel rendait visite aux camps miniers de Cobalt dans le nord de l'Ontario, ainsi qu'aux Etats-Unis où l'on faisait la fonte du minerai complexe. Le but de sa visite était de s'informer de la situation actuelle et des projets futurs de cette communauté. Il s'aperçut alors que seul l'argent était récupéré et vendu et qu'il n'y avait que peu ou pas de demande pour le cobalt. Le rapport numéro 17 de la Direction des Mines paraît en 1907: 'Report on the present and prospective output of the mines of the silver-cobalt ores of the Cobalt district)

LES MINÉRAUX INDUSTRIELS

Dans son rapport annuel de 1903-04 au Ministre, le docteur Haanel inscrit ce qui suit: 'La Direction



Trail Creek, C.-B. vers la fin du siècle dernier, (RCM 'Les soixante ans des Mines Canadiennes' novembre 1939)



La fonderie de Trail en 1928 (RCM, Août 1929)



Lingots d'argent prêts pour l'expédition à Cobalt, Ontario, (RCM, août 1929)

des Mines a entrepris la publication d'une série de rapports sur la rentabilité de l'exploitation des minéraux du Canada de façon à mettre en valeur la richesse du sous-sol canadien pour d'éventuels investisseurs et favoriser ainsi des investissements nécessaires au Canada pour le développement de ses ressources'.

"Sans omettre dans ces publications tous les soins requis pour la définition des traits géologiques

des occurrences des différents minéraux rentables, on s'attachera spécialement aux sujets qui intéressent l'ingénieur des mines et les entreprises commerciales" (12).

Il engageait des consultants pour effectuer ces études. C'est ainsi qu'en 1904, il eut sous ses ordres J. Walter Wells (qui fut chef essayeur du Bureau de l'Essayerie du Dominion à Vancouver pendant une période de sept mois jusqu'au moment de sa démission en avril 1904, pour des raisons de santé); ce dernier passait trois mois dans les plaines du Manitoba pour mesurer (a) les ressources en matières premières pour la fabrication du ciment, (b) la valeur industrielle des schistes et de l'argile, et (c) la présence de calcaire et d'industries de traitement de la chaux. Chacun de ces sujets fit l'objet d'un rapport préliminaire (SM Rapports numéros 7, 8, 9) publiés en 1905. Ces études furent entreprises surtout à cause du coût élevé du bois de construction et furent élargies de façon à couvrir l'étude des matières premières nécessaires à la fabrication de briques, de carreaux etc..., et autres matériaux de construction. On effectua également un levé des gisements de lignite dans la vallée de la rivière Pembina en tant que source possible de combustible pour les fours, mais les résultats furent négatifs.

Durant la même année en 1904, F. Cirkel, ingénieur des mines de Montréal, fut engagé pour préparer des rapports sur le mica (SM Rapport numéro 10) et sur l'amiante (SM Rapport numéro 11), indiquant où trouver ces minéraux, comment les exploiter et comment les utiliser. Ces rapports furent publiés en 1905. Haanel note qu'en 1906 ces publications étaient presque épuisées.

Le même auteur préparait également une monographie sur le graphite, qui fut publiée en 1905 (SM Rapport numéro 18). Il s'agit d'un volume de 307 pages richement illustré de neuf cartes. On doit noter que Haanel encourageait l'utilisation abondante d'illustrations pour tous ces rapports et monographies. Cette monographie sur le graphite fut rapidement épuisée et un nouvel ouvrage écrit par H.S. Spence parut en 1920.

Généralités

Le récit précédent, qui va de la nomination de Haanel au Ministère de l'Intérieur le 5 juin 1901 jusqu'au 15 mai 1907, quand la Direction des Mines a été transférée au Ministère des Mines, permet des conclusions sur la direction de la recherche et le progrès des travaux de ce nouvel organisme. Si l'on excepte la conduite des premiers travaux au Yukon et sur l'industrie de l'or, sous l'impulsion indubitable du Ministre, les intérêts principaux de Haanel étaient de créer un centre de renseignements et d'encourager l'implantation d'industries du fer et de l'acier dans les régions les plus habitées, principalement au sud de

l'Ontario et du Québec. Il avait sans doute l'idée classique que l'industrialisation est normalement fondée sur l'approvisionnement intérieur en fer et en énergie. Il faut se rappeler que durant cette période, l'industrie naissante du fer et de l'acier importait la plus grande partie de ses besoins en minerai de fer et qu'il n'y avait aucune source de combustible dans les provinces centrales de l'Ontario et du Québec. Par ailleurs, on pouvait compter sur d'énormes ressources hydro-électriques potentielles. C'est ce qui a conduit le directeur à concentrer ses efforts sur l'exploitation du minerai de fer et sur la recherche dans la réduction électrique des minerais. Il trouvait également le temps de s'intéresser à d'autres applications de l'utilisation des minéraux dans des domaines prometteurs d'industries canadiennes en développement rapide comme celles de la construction ou du génie électrique.

La Commission géologique et la Direction des Mines se firent probablement concurrence mais elles surent également coopérer. Le docteur Barlow travailla aux projets concernant le minerai de fer de l'Ontario et les métaux communs de la Colombie-Britannique. Le docteur R.G. McConnell et le docteur R.W. Brock préparèrent un rapport sur le catastrophique glissement de terrain de Frank de 1902 (SM, Rapport numéro 2, 1903). Le directeur de la Commission géologique permit à H.A. Leverin, premier chimiste à l'emploi de la Direction des Mines à partir du 1er juillet 1906, de s'installer au laboratoire de M.F. Connor de la Commission géologique. Leverin fit l'analyse de 120 échantillons de minerai, de fer et de scories en relation avec les programmes d'exploration et de fonte de la Direction des Mines, soit 739 déterminations individuelles entre juillet 1906 et avril 1907.

Il est probablement raisonnable de penser que le directeur brûlait "d'attirer l'attention du patron", si l'on peut dire, en incluant (dans le corps du texte ou dans les annexes de ses rapports annuels) des descriptions de nouveaux procédés chimiques pour le traitement métallurgique des minéraux. Il fournit un compte-rendu détaillé, dans son rapport annuel de 1905-6, des discussions intervenues en 1904 à l'American Mining Congress de Portland, en Orégon, pour la création aux Etats-Unis d'un ministère des Mines et de l'Exploration minière, sans doute à cause du fait que l'invitation à ce congrès avait été adressée au Gouverneur Général. Haanel et Barlow étaient les délégués canadiens. Ce faisant, Haanel indiquait peut être son désir de voir un ministère semblable se créer sans délai au Canada. Toutes les activités n'en révèlent pas moins la remarquable volonté et vigueur d'un homme de plus de 60 ans, assumant ses tâches énormes avec un personnel permanent restreint et quelques consultants.

Au moment du transfert au Ministère des Mines créé le 15 mai 1907, et sans compter le personnel du Bureau de l'Essayerie du Dominion à Vancouver, les membres du personnel étaient les suivants:

- Dr. E. Haanel - surintendant des mines, permanent
- E. Nyström - ingénieur des mines, permanent
(démissionne le 31 mars 1909, pour rentrer en Suède)
- E. Lindeman, B.F. Haanel - ingénieurs des mines, à temps partiel
- H.A. Leverin - chimiste, à temps partiel
- H. Roger - assistant de laboratoire, à temps partiel
- Mlle J. Orme - sténo-dactylo, à temps partiel
- A.F. Purcell - garçon de bureau, à temps partiel



L'éboulement de Frank en 1902, montrant la ville de Frank avant l'éboulement et la même ville après l'éboulement (Revue canadienne des mines 1903)



DEUXIÈME PARTIE - L'ÉMERGENCE

LE MINISTÈRE DES MINES, 1907-1920 - PREMIÈRE GUERRE MONDIALE

Le docteur Haanel fut nommé directeur de la Direction des Mines par un Arrêté en Conseil du 28 mai 1907. Son contrat était rétroactif au 1er mai 1907. Entre 1905 et 1912, il s'installa au Thistle Chambers, rue Wellington, à Ottawa. C'est alors qu'il emménagea dans l'édifice de la Commission géologique, qui venait d'être rénové, au coin des rues George et Sussex, après le transfert de la Commission géologique au Victoria Memorial Museum. C'est ce bureau qu'il occupa jusqu'à sa retraite en 1920.

Un Arrêté en Conseil du 19 juin 1907 ordonnait de rattacher à la Direction des Mines le groupe des statisticiens de la Direction des Mines de la Commission géologique, qui se composait de John McLeish, Mme W. Sparks, et Mlle G.C. MacGregor. Un Arrêté en Conseil du 29 novembre 1907 ordonnait également le transfert du laboratoire de chimie de la Commission géologique, alors composé de T. Denis, F.G. Wait, M.F. Connor et W.W. Leach (ce dernier retourna à la Commission géologique en juin 1909).



Eugene Haanel à son bureau de la rue Sussex, à Ottawa

Composition de la Direction des Mines

Durant les six années qui suivirent, la composition de Direction des Mines s'effectua beaucoup plus rapidement que durant la période des années allant en 1901 à 1907. Ainsi, à la création du Ministère des Mines en 1907, il y avait 15 employés pour les 'services internes' dont 7 avaient été transférés, et 8 employés pour les 'services externes' du Bureau de l'Essayerie de Vancouver, soit au total 23 employés. En 1913, le nombre des employés s'élevait à 48, et en 1920, à 98. La proportion des professionnels varia avec l'augmentation du personnel; en 1921, elle représentait environ le tiers du personnel.

Durant les trois années qui suivirent, de 1907 à 1910, l'infrastructure demeura informelle à l'exception de la Division des Ressources minéralogiques et des Statistiques, dont le directeur était John McLeish. A son transfert de la Commission géologique, cette division changea de nom; fondée en 1886, elle s'appelait autrefois la Division des Statistiques minéralogiques et des Mines et était communément appelée Section des Mines. On peut considérer qu'historiquement, cette division fut la première de la Direction des Mines et y demeura rattachée jusqu'en 1956.

La rapport sommaire de 1911 de la Direction des mines du Ministère des Mines pour l'année se terminant le 31 décembre 1911 (Rap. som. 1911) fournit, par le biais de l'attribution des postes aux employés spécialisés, des indications sur l'organisation de la section composée alors d'un bureau de direction et de 8 divisions techniques pour ses services 'internes'. En voici la description.

Administration:

Directeur de la Direction des Mines: Eugene Haanel
Secrétaire - Jessie Orme
Archiviste - W. Vincent
Préposé au courrier - G. Simpson
'Dactylo' technique - Mlle B. Russell
Dactylos - Mlles I. McLeish et W. Westman
Garçons de bureau - A.E. Purcell et A.A. Ellement

Division des ressources minéralogiques et des statistiques:

Chef de division - John McLeish

Ingénieur adjoint - C.T. Cartwright
 Assistants - J. Casey, Mme W. Sparks et Mlle G.C. McGregor
 Dactylo - B. Davidson

***Division des combustibles et des essais de combustion:**

Chef de division - B.F. Haanel
 Ingénieur technique - J. Blizard
 Chimiste - E. Stansfield
 Ingénieur assistant - A.H.A. Robinson

***Division de la chimie:**

Chef de division - F.G. Wait
 Chimistes adjoints - M.F. Connor et H.A. Leverin

***Division de préparation des minerais et de la métallurgie:**

Chef de division - G.C. Mackenzie
 Ingénieur adjoint - F. Ransom

****Division des gisements métallifères:**

Chef de division - Dr. A.W.G. Wilson
 Ingénieur adjoint - A. Lindeman

****Division des gisements non métallifères:**

Chef de division - H. Fréchette
 Ingénieurs adjoints - L.H. Cole et H.S. de Schmid

Division des explosifs:

J.G.S. Hudson

Remarque: Cette division ne fut complètement organisée qu'après l'adoption de la Loi sur les Explosifs.

Division du dessin:

Dessinateur en chef - H.E. Baine
 Dessinateurs adjoints - L.H.S. Pereira et A. Pereira

Les services externes, le Bureau de l'Essayerie du Dominion, Vancouver, (Colombie-Britannique):

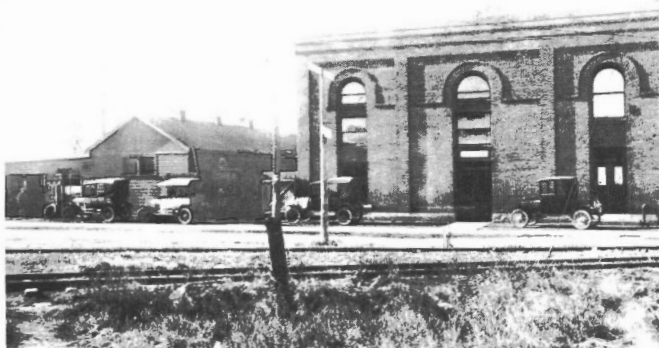
Directeur - G.E. Middleton
 Chef essayeur - J.B. Farquhar
 Chef fondeur - D. Robinson
 Essayeur adjoint - A. Kaye
 Comptable - G.N. Ford
 Fondeur adjoint et concierge - G.B. Palmer

Le personnel comportait 33 employés à Ottawa, dont le directeur, et 6 autres personnes à Vancouver.

La direction ne devait sa structure qu'aux initiatives de son directeur lequel n'a probablement eu qu'à solliciter l'accord du Ministre et du Sous-ministre. D'autres ajouts se sont faits sous la direction d'Haanel: il s'agit de la Division de la Céramique formée en 1915 et de la Division des matériaux routiers formée en 1916. Ces deux divisions furent fondues en une seule en 1922. La Division des Explosifs cessa de fonctionner comme unité de la Direction en 1916 pour devenir une unité du quartier général après la Première Guerre mondiale, quand fut adoptée la Loi sur les explosifs. Les divisions des gisements métallifères et non métallifères cessèrent leurs opérations en 1921.

On trouve la liste de tous les membres (permanents) dans l'introduction des rapports sommaires de la Direction des Mines allant des années 1911 à 1916 inclusivement. Ces listes, les tables des matières, et les rapports individuels font mention des diplômes des membres du personnel impliqués, sans doute pour faire connaître leur compétence au sein du gouvernement et à l'extérieur. Pour la fonction publique, il s'agissait de démontrer que l'on veillait à l'application des sections 10 et 11 de la loi de 1907 sur la catégorie des agents techniques. Pour encourager ses subordonnés, Haanel donne de l'importance à leurs travaux, publiant les rapports individuels à leur nom et en soulignant les aspects importants dans les introductions de ses rapports sommaires annuels. Il permet l'utilisation de papier à entête pour chacune des divisions. Il se sert des formules officielles d'alors 'Monsieur Votre fidèle serviteur' dans ses communiqués, dans le rapport annuel qu'il adresse au Sous-ministre et dans la correspondance officielle à l'intérieur du Ministère. La liste du personnel et la transmission formelle des lettres, etc., ont cessé après le rapport sommaire de 1916.

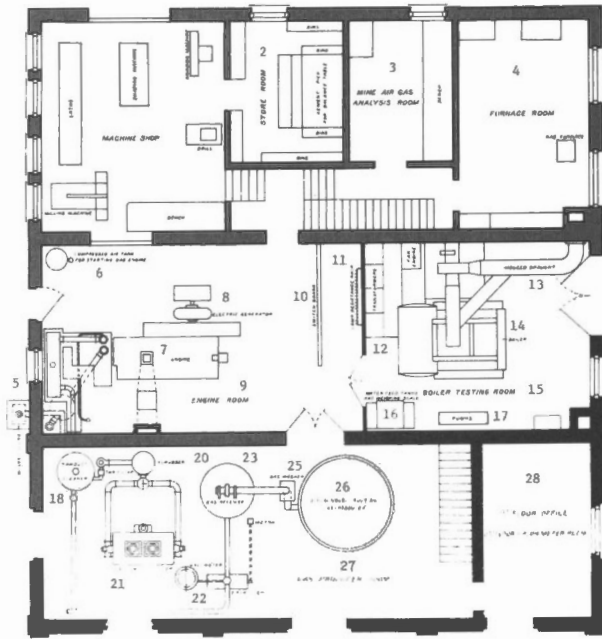
En plus des laboratoires de chimie qui devaient fonctionner en deux endroits distincts (entre 1907 et 1913), les Thistle Chambers de la rue Wellington et l'édifice géologique de la rue Sussex, on construisit en 1909 un laboratoire des essais de combustion aux coins des rues Division (aujourd'hui Booth) et Dolly Varden (devenue Lydia). Les ateliers furent installés



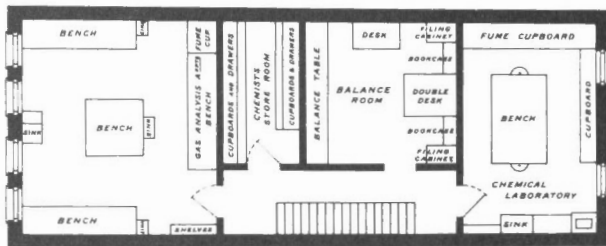
Station de tests de carburant, vers 1909, à l'angle des rues Division (aujourd'hui rue Booth) et Dolly Varden (devenue plus tard la rue Lydia).

* Cette division comporte un laboratoire.

** Les mots 'gisements' et 'mines' s'employaient l'un pour l'autre.



La station d'essais des combustibles-rez de chaussée:
 1. Atelier, 2. Entrepôt, 3. Salle pour l'analyse des gaz de l'air des mines, 4. Salle du four à gaz, 5. Antipulseur, 6. Réservoir à air comprimé pour le démarrage des moteurs à essence, 7. Moteur, 8. Générateur électrique, 9. Salle des machines, 10. Standard téléphonique, 11. Ratelier de lampes de résistance, 12. Transformateurs, 13. Machine à tirage induit, 14. Chaudière, 15. Machine d'essais en chaudière, 16. Réservoirs d'alimentation en eau et balance, 17. Pompes, 18. Aspirateur de poussière de sable; 19. Filtre à goudron, 20. Epurateur, 21. Gazogène à tourbe, 22. Gazomètre, 23. Réservoir à gaz, 24. Extracteur, 25. Laveur de gaz, 26. Gazogène pour la section des bitumineux, 27. Salle des gazogènes, 28. Bureau.



Station d'essais des combustibles-premier étage

en 1910 et c'est durant la même année que le laboratoire expérimental pour l'étude de la concentration magnétique du minerai de fer fut aménagé dans l'Édifice des Combustibles, dans une pièce prévue pour un atelier de réparations. En 1910, la Direction des mines était dispersée en 5 endroits différents d'Ottawa (13):

- Les Thistle Chambers, 26 rue Wellington: quartier général; bureau du directeur, Division des Ressources minéralogiques et des Statistiques, Division des Explosifs, Laboratoire général (magnétométrique et chimique);
- Édifice de la Commission géologique, rue Sussex; Laboratoire principal de chimie;
- Rue Division (Booth): Station des Essais des combustibles et Laboratoire de concentration;
- 193, rue Sparks: Division des Gisements métallifères et non métallifères; Division de la Cartographie et du dessin; Entrepôt et distribution des rapports;
- Victoria Memorial Museum: Bureaux de la comptabilité et des publications.

En 1913, la Direction des Mines occupait tout l'Édifice de la Commission géologique de la rue Sussex, (auquel on avait fait une rallonge à l'arrière); elle continuera de fonctionner pendant les 30 prochaines années en deux endroits différents, rue Sussex et rue Booth.

La Commission géologique abandonna l'édifice de la rue Sussex à l'hiver 1910, mais il fallut environ 2 ans pour réaménager cet édifice, pour qu'il puisse recevoir l'équipement lourd que la Direction des Mines devait utiliser. L.H. Cole, au moment où j'écris ce texte, est âgé de 94 ans et me rapporte qu'il s'est occupé de la réfection de l'édifice; il se souvient du remplacement des poutres de chêne de 40 pieds de long et 12 pouces de côté par des poutres d'acier. La Direction des Mines emménagea en partie en 1912 mais ce n'est qu'en 1913 que les deux groupes de chimistes furent réunis.

Jusqu'en 1913, il n'y avait pas de bibliothèque fonctionnelle de la Direction des Mines. Mme O.P.R. Ogilvie, femme d'un pionnier des levés connu pour ses travaux dans les régions du Yukon et du Mackenzie à la fin du siècle dernier, fut engagée le 26 juillet 1913 pour monter une bibliothèque. Elle s'enquit des méthodes utilisées à l'Université McGill et s'inscrivit à un cours spécial de 'bibliothéconomie' à l'Université Columbia de New York. Elle recommanda alors l'emploi du système de classification décimal Dewey que l'on utilise toujours. Mme Ogilvie resta au service des Mines jusqu'en 1937. Chaque fois qu'il le pouvait, Haanel soulignait l'aspect économique des travaux de la Direction des Mines. Dans le cas de la bibliothèque il déclarait: "nous avons jugé valable d'établir un centre de documentation convenablement équipé d'ouvrages techniques, etc. pertinents aux travaux à caractère économique effectués par la Direction des Mines".

Mme M.M. Farnham fut engagée en 1913 à titre de secrétaire de la Direction des Mines. Avant elle, Mlle Orme avait été secrétaire de M. Haanel mais, à toutes fins pratiques, était 'le patron' du bureau administratif à ses débuts. Selon le mode de classement d'aujourd'hui, nous dirions que Mme Farnham était agent d'administration et que Jessie Orme était la secrétaire privée du Directeur.

On note avec intérêt qu'il n'y eut aucun rapport du Ministère jusqu'à la fin de l'année fiscale se terminant le 31 mars 1921. Il n'y eut que les rapports sommaires de la Direction des Mines et de la Commission géologique qui relatèrent séparément mais avec beaucoup de détails les travaux techniques annuels de ces deux directions. Le premier rapport de la Direction des Mines se rapportait à l'année fiscale se terminant le 31 mars 1908. Haanel y explique qu'il y a deux raisons de ne pas se conformer à la Section 18 de la Loi des mines et de la géologie, demandant un rapport sommaire pour l'année civile; le retour des agents travaillant sur le terrain n'a lieu qu'après le 31 décembre et le rapports du Bureau d'essai de Vancouver porte sur l'année fiscale. En vue de corriger cette situation, Haanel produisit un rapport sommaire couvrant les 9 mois de 1908 coïncidant avec les activités du rapport sommaire de la Commission géologique, dont les rapports correspondaient à l'année civile. Haanel s'est apparemment réjoui de cette modification; il écrit dans son rapport sommaire adressé au Docteur A.P. Low, alors Sous-ministre, que '...les rapports sommaires des deux directions, c'est-à-dire la Direction des mines et la Commission géologique, pourraient être produits simultanément dans un même volume à titre de rapport pour l'ensemble du Ministère. Cette dernière proposition nous apparaît à la fois logique et pratique et son adoption contribuerait sans aucun doute à susciter un plus grand intérêt pour les travaux du Ministère des Mines' (14).

Durant la période à l'étude, les sous-ministres provenaient tous de la Commission. Aux membres du personnel qui furent prêtés ou transférés des sections de Statistiques et de Chimie à l'inauguration du ministère, d'autres vinrent s'ajouter par la suite. C'est ainsi que le docteur D.D. Cairns fut prêté pour préparer une analyse des ressources minières du Yukon en vue d'un rapport sur les industries minières et métallurgiques du Canada, publié en un volume de 936 pages en 1908 (15). J. Keele, expert sur les argiles et les schistes, fut transféré pour diriger en 1916 la Division des Céramiques de la Direction des Mines; il ne retourna qu'en 1921 à la Commission géologique. Quand on regroupa les services d'édition, S. Groves fut engagé par la Direction des Mines en mars 1908 mais ne devint le Directeur des éditions du Ministère qu'en mai 1908.

Le lecteur peut s'intéresser à la situation financière de la Direction des Mines durant cette période de croissance. C'est P.R. Marshall qui

préparait les rapports comptables annuels pour le Ministère. Les données que nous fournissons ci-dessous ne concernent que l'année 1907-08 et l'année 1920-21, qui correspondent au début et à la fin du directorat de Haanel au Ministère des Mines.

On remarque que même durant cette époque lointaine, les importantes sommes résiduelles non dépensées témoignent des difficultés annuelles qu'ont éprouvées les institutions de recherche et développement obligées de dépenser tous les crédits alloués annuellement, sans pouvoir reporter les différences sur l'année suivante. A ce sujet, la balance des crédits non dépensés, plus importante qu'à la normale, pour l'année fiscale 1920-21 est due à la démission anormale de plusieurs employés en 1919 et 1920 à la suite de la guerre mondiale; ce fut le cas notamment dans la Commission géologique. Ce n'est pas sans intérêt que nous notons la proportion beaucoup plus restreinte des traitements et salaires internes par rapport aux dépenses totales aux temps anciens de la Direction des mines. Dans les débuts du Ministère de l'Intérieur comme durant l'exercice du Ministère des Mines, Haanel fonde son organisation tant sur le personnel et les ressources internes que sur les experts de l'extérieur. S'il ne s'était attaché qu'aux aspects institutionnels, il aurait fallu beaucoup plus de temps pour des résultats moindres. A titre d'exemple, rappelons qu'il fonda

Budget et Dépenses de la Direction des Mines
pour l'année se terminant le 31 mars 1908

	Budget alloué	Dépenses
Crédits votés par le Parlement	\$55 000,00	
Salaires des fonctionnaires		\$ 3 991,66
Publication de rapports		246,24
Dépenses de voyage		187,30
Machine à pulpe de hêtre		297,57
Publication de cartes		409,22
Recherche: gazogènes		236,53
Fournitures		99,83
Recherche: gisements de cuivre		30,40
Laboratoire		2 161,31
Divers		338,97
Salaires		17 987,25
Instruments		2 020,15
Impression et papeterie		1 045,29
Livres et revues		355,17
Recherche: minerais de fer		2 221,48
Recherche: tourbe et charbons		1 282,52
Statistiques sur les minéraux		900,96
Industrie minière et métallurgique		4 902,19
Matériel de cartographie		258,32
Somme non dépensée et retirée du budget		16 027,64
TOTAL	\$55 000,00	\$55 000,00

Fonds disponibles pour travaux et dépenses
Ministère des Mines
Année fiscale se terminant le 31 mars 1921

	Allocation	Dépenses
Crédits votés par le Parlement	\$429 660,41	
Salaires des fonctionnaires		\$102 607,56
Recherche: industrie		\$ 32 415,17
des combustibles de tourbe		
Dépenses du laboratoire d'essais		\$ 30 386,97
des combustibles		
Dépenses de l'usine de métallurgie		\$ 24 116,54
et de préparation du minerai		\$ 21 682,52
Boni pour le coût de la vie		
Recherche: gisements de fer et		\$ 18 387,29
minéraux à caractère économique		\$ 14 733,37
Salaires des employés temporaires		
Publication de rapports et de		\$ 9 683,26
cartes		\$ 9 670,07
Laboratoires de chimie		
Articles divers d'impression		\$ 4 436,19
et papeterie		\$ 3 246,67
Divers		
Fonds versés à la caisse des		\$ 966,66
retraites (No. 4, loi de		
la retraite)		\$ 272 332,27
TOTAL	\$429 660,41	\$429 660,41
Somme non dépensée et		\$157 328,14
retirée du budget		
TOTAL	\$429 660,41	\$429 660,41

délibérément deux divisions sans laboratoire, 'Mines métallifères' et 'Mines non métallifères', ce qui permit la formation d'un noyau de techniciens de terrain engagés à évaluer les ressources minérales du Canada et pouvant également participer à l'analyse des travaux contractuels extérieurs. L'idée d'un programme était l'élément central dans sa pensée. On ne peut s'empêcher de songer, même si la ressemblance est ténue, au système 'matriciel' utilisé maintenant dans CANMET. Dans ce qui suit, nous verrons les priorités établies par le Directeur durant cette période dans la présentation du programme pour l'utilisation des minéraux.

LE FER

Haanel fit accélérer les études de terrain et de procédés reliées au programme extensif des ressources de minerai de fer dans les régions accessibles du Canada; ce programme avait vu le jour au Ministère de l'Intérieur.

Les gisements

Les membres du personnel engagés dans ce programme sous la direction du docteur Haanel furent E. Lindeman, B.F. Haanel, H. Fréchette, G.C. Mackenzie,

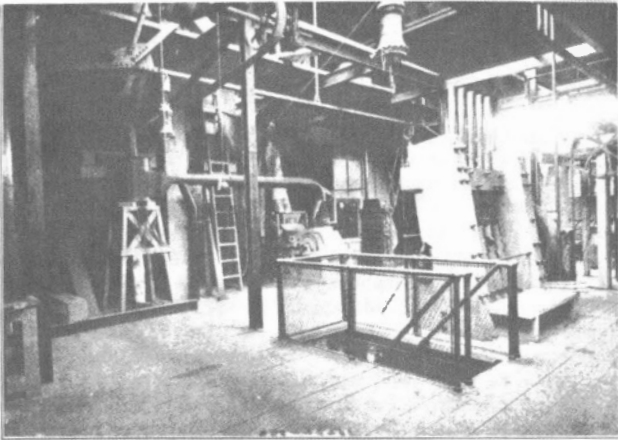
et A.H.A. Robinson; ce dernier avait été transféré en 1913 de la Division des Combustibles. On fit appel à quelques consultants de l'extérieur mais en moins grand nombre qu'au Ministère de l'Intérieur; l'objet de leur recherche avait une portée plus générale, comme dans le cas de l'étude des métaux destinés aux alliages d'acier ou à d'autres emplois spécifiques. F. Cirkel fit des études sur les gisements de minerai de fer et de chrome dans les Cantons de l'Est (SM rap. 29 (angl.), 1909; 226 (fr.), 1912); le professeur T.L. Walker de Toronto, sur les gisements de tungstène (SM rap. 25 (angl.), 1909; 156 (fr.), 1913) et sur les minerais de molybdène (SM rap 93, (angl.), 1911; 197 (fr.) 1912); le professeur A.P. Coleman de Toronto sur les gisements de nickel (SM rap. 170, 1913) et le professeur J.E. Woodman de l'Université de Dalhousie, sur les gisements de fer de la Nouvelle-Ecosse, (SM rap. 20, 1909).

Le haut pourcentage de minerai importé pour l'alimentation des hauts fourneaux (80% et plus) préoccupait le directeur et c'est pourquoi le programme fut entrepris. A titre d'exemple, en 1910, on importait 1 406 668 tonnes de minerai et on n'utilisait que 160 290 tonnes de minerai canadien. A cette époque le charbon canadien ne fournissait environ que la moitié du coke utilisé ici. En 1910, la production moyenne quotidienne de 16 haut-fourneaux s'élevait à 2 880 tonnes de fonte.

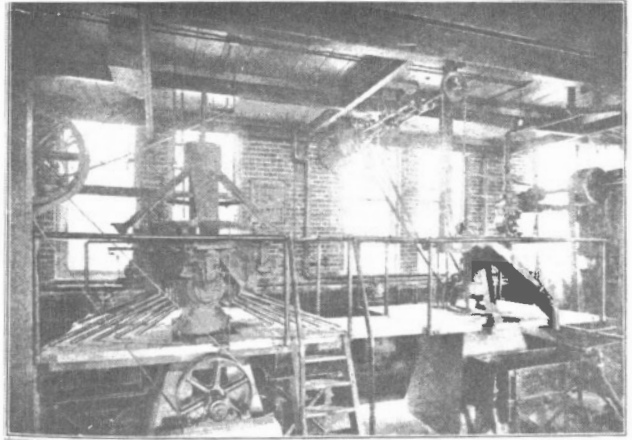
Les études de terrain s'attachaient à l'examen des gisements de minerai où il était nécessaire de faire des levés géologiques ou magnétométriques. Elles furent en grande partie confinées aux mêmes régions accessibles des Maritimes, du Québec et de l'Ontario précédemment étudiées et à la région toujours productive d'Atikokan. Lindeman conduisait une étude en 1907 dans les Iles de Vancouver et de Texada en Colombie-Britannique, dans l'espoir que la présence de charbon à coke dans l'île de Vancouver permettrait la production de fonte par haut-fourneaux. Les levés magnétométriques s'espacèrent vers la fin de la Première Guerre mondiale et les deux dernières cartes furent publiées en 1922. Alors que 4 cartes étaient publiées durant l'exercice du Ministère de l'Intérieur, il y en eut une trentaine au Ministère des Mines. Tous les rapports sommaires entre 1907 et 1920, à l'exception de 1918, présentent des rapports préliminaires sur des gisements de minerai de fer, même si certains d'entre eux ne font pas l'objet de rapports définitifs; de plus, durant la même époque, on ne compte pas moins de dix rapports individuels dont le plus complet est le SM rap. 217 'Les gisements de minerai de fer au Canada' (16).

Le traitement

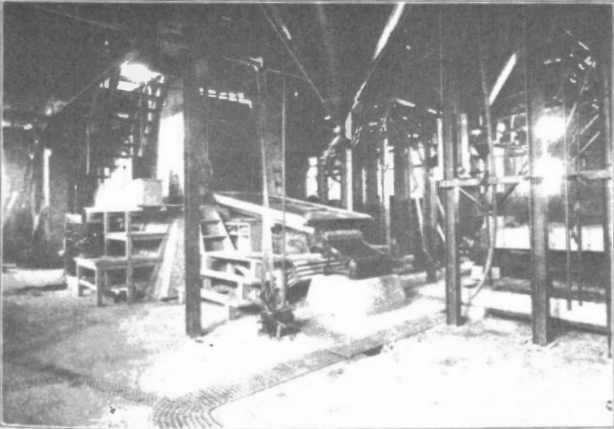
Les rapports indiquaient qu'une forte proportion des gisements de minerai de fer étaient de trop faible teneur pour les hauts-fourneaux; ceci poussa le directeur à conduire des tests de concentration. Des démarches furent d'abord entreprises avec l'Université



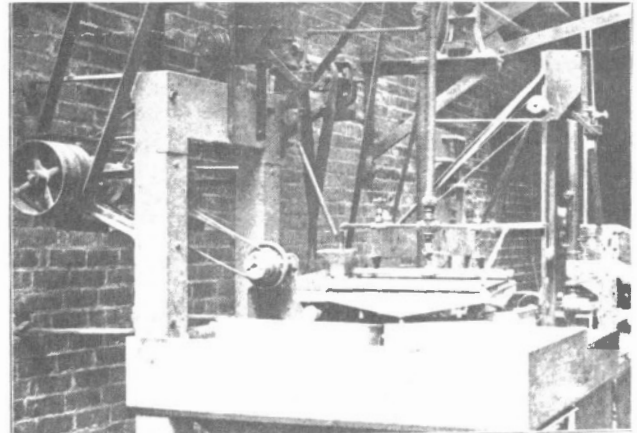
1



2



3



4

Laboratoire de préparation des minerais et de métallurgie de la Direction des Mines, rue Booth, aux environs de 1911. 1- machines électrostatiques Huff, batterie de bocards, machine à gillettes Gröndal; 2- séparateur magnétique Ulrich et bac antisuccion Richards; 3- réservoirs Callow, batterie de bocards et boîtes de cyanure de zinc; 4- tablier Wilfley

Queen pour conduire des tests en 1909-10; il s'agissait d'un minerai de fer à haute teneur en soufre provenant de la mine de Bristol dans le comté de Pontiac, au Québec, d'un minerai siliceux provenant de Bathurst au Nouveau-Brunswick, et d'un minerai de cuivre-nickel provenant de la mine de Worthington, en Ontario. On avait choisi ce dernier minerai dans le but d'extraire le cuivre et d'en faire un concentré de ferro-nickel pour conversion en fonte de ferro-nickel. Les résultats furent satisfaisants; ils firent l'objet d'un rapport préliminaire dans le rapport sommaire de 1909 puis furent publiés séparément dans un bulletin (Bulletin numéro 5 SM rap 82, 1910). Son auteur, G.C. Mackenzie, un des premiers spécialistes du traitement des minerais, avait été engagé en 1909.

On prenait alors la décision d'installer dans l'Édifice des Essais de combustion, édifice nouvellement construit rue Booth, un ensemble de concentration par séparation magnétique à voie humide: cet ensemble comportait un concasseur, un broyeur à boulets et deux séparateurs magnétiques de type Gröndal. On en terminait l'installation à l'automne de 1910, à temps pour l'inauguration du Laboratoire de préparation des minerais et de métallurgie de la Direction des Mines; ce laboratoire devenait une division en 1911. Moins de deux ans plus tard il fallut ajouter à l'Édifice des combustibles une rallonge servant pour l'étude des voies diverses de préparation du minerai par séparation à sec ou en voie humide; cette installation se complétait d'un laboratoire de chimie, d'un atelier

et d'un entrepôt. Les dimensions de cet édifice d'un étage et demi étaient de 75 pieds par 57 pieds. On ajoutait plus tard des installations pour la flottation, le grillage et le frittage. Ces installations furent accessibles à l'industrie qui soumit toutes sortes de minerais à des traitements expérimentaux. Vers le milieu de la Première Guerre mondiale, alors que diminuait l'intérêt pour la rentabilisation du traitement des minerais de fer, on se mit à traiter des minerais comme le molybdène, le tungstène, etc. C'est ainsi qu'en 1916, sur 12 minerais testés, il y en avait un seul de fer, 4 de molybdène, 2 de tungstène, et un de zinc, de plomb, d'antimoine, d'or, de cuivre et de pyrite. Je rappelle à ce propos que le personnel spécialisé du laboratoire ou de la division comportait à cette époque le directeur, G.C. Mackenzie, H.C. Maybee, W.B. Timm, C.S. Parsons et R.J. Traill. Ces quatre dernières personnes avaient été engagées respectivement en 1911, 1913, 1914 et 1916. Timm et Parsons devinrent plus tard les troisième et quatrième directeurs de la Direction des Mines. Il est intéressant, pour évaluer le travail de ces hommes, d'examiner leurs premiers rapports. Probablement peu après son engagement, W. Timm préparait un rapport bien écrit, détaillé et illustré sur le laboratoire de préparation des minerais; ce rapport fait partie de l'appendice 2 du rapport sommaire de 1913. Timm se distinguait par son expérience professionnelle antérieure. Quant à C.S. Parsons, il débutait en 1912 comme étudiant, travaillait sous la direction de George Mackenzie à l'évaluation des sables ferromagnétiques de Natashquan au Québec, dans le bas Saint-Laurent. C'est lui qui fut chargé en 1913 de diriger l'expédition à qui on avait confié les travaux de forage et le rapport qu'il en



G.C. Mackenzie (RCM, janvier 1921)

fournit est contenu dans le rapport de 1913 (p. 90).

La fonte à l'électricité

L'intérêt personnel qu'Haanel portait à l'électrometallurgie ne se démentit pas, surtout pour la fonte des minerais de fer. Dans ses rapports sommaires de 1907 à 1914, le Directeur souligne les progrès accomplis dans la fonte électrothermique, et fournit les caractéristiques de procédés spécifiques. C'est ainsi que dans son rapport sommaire de 1907, il décrit entre autres le procédé Lash de traitement direct de l'acier utilisé à Niagara Falls. Le rapport de 1908 rend compte de sa visite à Domnarfvet, en Suède; accompagné de B.F. Haanel, il examinait avec attention le fonctionnement d'un four en colonne, une invention de Grönwall, Stalhane et Lindblad. Il notait avec une satisfaction non dissimulée que ses recommandations de modification pour le four Héroult, d'une hauteur de 18 pieds, avaient été adoptées; c'est dans ce four qu'on avait effectué les expériences de Sault Ste-Marie en 1906. Il s'agissait des modifications suivantes:

- (1) le haut du four était modifié pour faciliter l'alimentation;
- (2) le four était aménagé de façon à pouvoir utiliser de l'oxyde de carbone produit par la réduction du minerai et entre autres empêcher la combustion à la partie supérieure;
- (3) réglage automatique des électrodes,
- (4) on installait les électrodes dans des chambres latérales et non dans la colonne centrale pour permettre la préchauffe et une réduction partielle dans la colonne centrale. On s'aperçut que le premier pays, outre la Suède, à s'intéresser à ce four était la Norvège. Ces faits sont relatés dans le rapport préparé par Eugene Haanel et publié en 1909 sous le titre de 'Rapport décrivant le four à puits électrique de Domnarfvet, en Suède' (SM rap. 32, 1909).

Dans son rapport sommaire de 1909, Haanel indique dans un tableau les fours électriques utilisés dans la fabrication de l'acier, et indique qu'il n'y avait en 1904 que 4 de ces fours alors qu'en 1908, on ne comptait pas moins de 46 fours à arc et à induction. Il notait également que les fours de fonte des minerais étaient encore au stade expérimental.

Dans son rapport sommaire de 1910, Haanel souligne les progrès accomplis en Suède, en Norvège, et aux Etats-Unis. En Suède, on achevait l'installation d'un four de fonte à Trollhättan pour une capacité annuelle de 7500 tonnes; trois à cinq de ces fourneaux étaient en construction. En Norvège, près d'Odda en Hardanger, on construisait un four d'une capacité de 9000 tonnes par année et on se proposait d'en construire un autre. Haanel se montrait déçu du fait qu'il n'y avait pas de construction semblable au Canada en dépit de ses efforts de promotion pendant 4 ans. Il

note à nouveau, dans son rapport sommaire de 1911, les progrès accomplis en Suède et en Norvège et inclut un extrait d'un rapport de T.D. Robertson sur l'utilisation du four de Trollhättan; les Suédois y confirment les analyses du four de Sault Ste-Marie quant à la fusion des minerais titanifères. Dans son rapport sommaire de 1912, pp. 107-120, H.T. Kalmus de l'Université Queen passe en revue les progrès accomplis dans le domaine de la production électrothermique de fer et d'acier pour l'année 1911-12.

Un commentaire de Haanel vient conclure ce sujet dans son rapport sommaire de 1913: 'Dans le but de conserver au Canada sa dimension historique dans la poursuite du développement des procédés électrothermiques pour la réduction des minerais de fer réfractaires - le début de ces expériences eut lieu à toutes fins pratiques en 1907 au Sault Ste-Marie, en Ontario - le Docteur Kalmus de l'Université Queen a continué en 1913 sa recherche et ses travaux sur la production de fer et d'acier par procédés électrothermiques ...' (17). Ce texte fait probablement référence à 'Aciers au cupronickel', commentaire de Kalmus aux pages 17-20 du rapport sommaire de 1913. Vers la fin du rapport sommaire de Haanel, on trouve une section intitulée "Sujets divers" dans laquelle est inséré un court texte sur la fonte électrique des minerais de fer en Suède; ce texte de H.A. Leverin signale que la Suède possède à ce moment six fours en fonction et trois autres en construction. Le rapport final à ce sujet paraît en 1915 sous le titre de 'La fonte des minerais de fer par procédés électrothermiques en Suède'; il est écrit par A. Stansfield de l'Université McGill (SM rap. 344, 1915). Ce rapport décrit également le four électrique Tinfos à Notadalen, en Norvège.

Le programme concernant les minerais de fer ne pouvait apporter pleine satisfaction à Haanel à cause surtout du manque d'intérêt des industriels pour les procédés électrothermiques. Ses objectifs étaient probablement de proposer une industrie intégrée entièrement canadienne, fondée sur l'amélioration de 30% à 40% du minerai de fer qu'on trouve en quantités raisonnables dans des endroits accessibles et sur la possibilité de fondre ces minerais à proximité des mines ou à courte distance par chemin de fer. Pour l'époque qui nous concerne, l'industrie canadienne du fer et de l'acier n'était pas tellement différente d'aujourd'hui, sauf bien entendu sa taille beaucoup plus restreinte. Hamilton devint rapidement le centre ontarien de la réception des minerais en provenance du Michigan et du Minnesota alors que Sydney, en Nouvelle-Écosse, s'approvisionnait en minerais de Terre-Neuve. Dans les deux cas le transport des minerais et des combustibles se faisaient surtout par voie maritime. La fonte par électricité et la fabrication d'acier continue n'atteignent toujours pas le niveau qu'avaient fixé Haanel et plusieurs autres. L'alimentation enrichie des hauts-fourneaux n'est plus exceptionnelle et nous avons toujours le haut-fourneau à colonne transformé en unité de grosse

production.

LES COMBUSTIBLES SOLIDES

Pour Haanel, l'énergie, dont il reconnaissait l'importance, devait être le principal nerf de l'industrie. Durant la période à l'étude et jusqu'en 1920, ce sont en gros les combustibles qui retinrent l'attention en priorité; l'accent portait au début sur les combustibles solides, à cause de la concentration de la population et de l'absence de combustibles fossiles dans les provinces centrales.

La tourbe

Conscient du fait que la tourbe abondait dans la région centrale du Canada, où les besoins en énergie étaient les plus marqués, Haanel avait déjà attiré l'attention sur la tourbe en tant que combustible pour la métallurgie lorsqu'il travaillait au Ministère de l'Intérieur. De plus, il devait avoir conçu au début de son service une installation complète d'essais des combustibles.

Une pétition datée du 12 juin 1906, et signée par un nombre important de personnes influentes de différentes parties du Dominion, était présentée à Frank Oliver, ministre de l'Intérieur (transmise à W. Templeman, Ministre des Mines), qui demandait à 'la Direction des Mines de votre Ministère et... d'entreprendre une recherche approfondie ... pour aider l'exploitation raisonnable de cette ressource précieuse...' (18). La ressource précieuse dont il s'agit est la tourbe. Haanel rapporte en entier cette pétition dans son premier rapport sommaire de 1907-08 et y fait référence dans un texte en réponse qui s'intitule 'Commandite'; ce texte est daté du 5 mai 1907 (erreur dans la date ou 11 mois pour transmettre cette lettre). Dans une note adressée le même jour, probablement au Sous-ministre intérimaire, Dr. D.M. Whiteaves, il recommandait de déléguer Nyström en Europe pour une enquête approfondie sur l'industrie de la tourbe en Suède, en Norvège, en Finlande, en Allemagne, en Hollande, et en Irlande. Le rapport de Nyström sur ce voyage d'étude paraissait en 1908 (19).

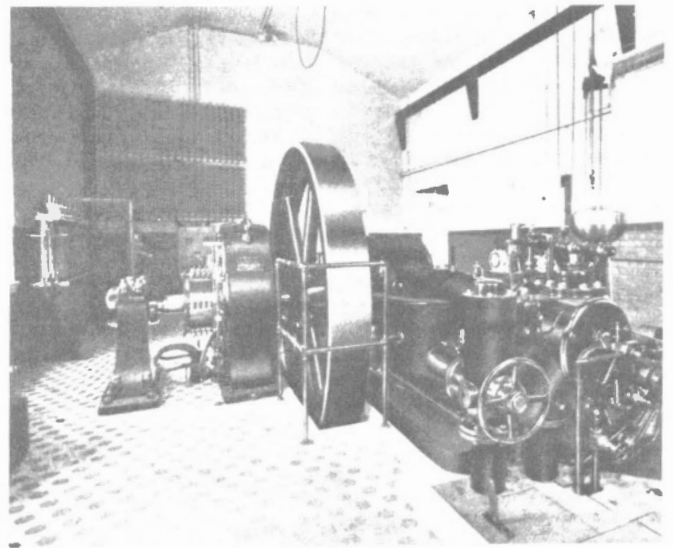
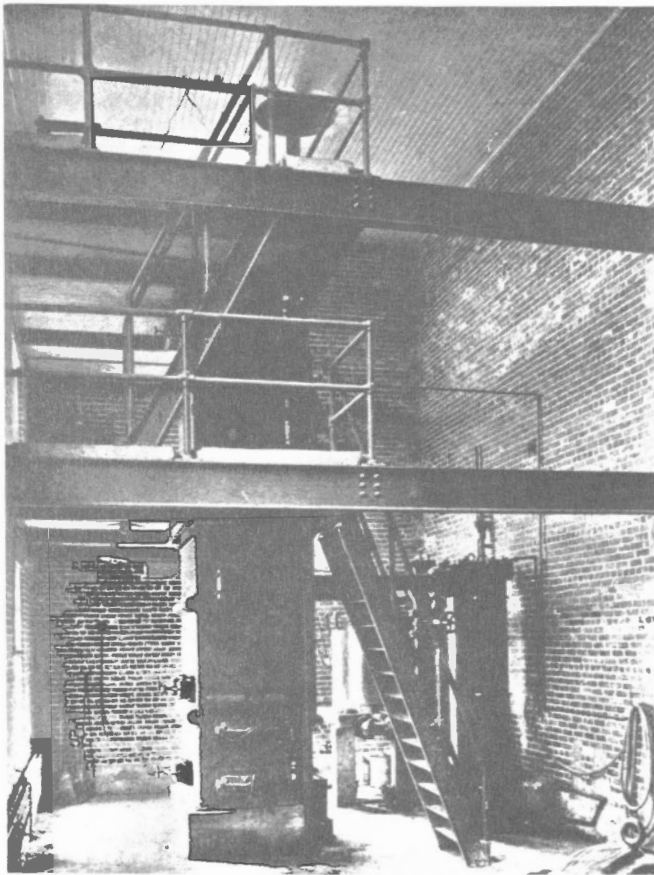
B.F. Haanel se rendit en 1907 aux Etats-Unis pour visiter quelques usines gazogènes (anthracite et houille grasse) et quelques usines fonctionnant avec des moteurs à gaz dans la région de New York. Il se rendait enfin au Laboratoire d'essais des combustibles de l'Université d'Illinois, 'dans le but d'analyser la proposition de l'installation d'une usine expérimentale d'essais des combustibles pour la Direction des mines du Ministère des mines'. Il mettait l'accent sur la houille grasse 'puisque cette houille a un mode d'action et de combustion semblable à celui de la lignite et de la tourbe, sur lesquelles porteront principalement les expériences dans la future usine des combustibles' (1907-8, rap. sommaire p. 52). B.F. Haanel se

rendit en 1908 à Berlin et dans les environs; l'Allemagne était alors le pays de pointe dans l'utilisation de gazogènes utilisant la houille brune ou des houilles d'autres qualités. Il se rendit également au Hanovre pour y visiter la compagnie Korting qui devait fournir le premier gazogène à tourbe d'Ottawa.

Durant l'été de 1908, E. Nyström fit l'examen et détermina l'emplacement des tourbières de l'Ontario. Au cours de son travail de terrain, il devait veiller à la préparation d'environ 70 tonnes de tourbe sèche à Beaverton, en Ontario, pour le gazogène à tourbe qui devait être installé à Ottawa. Nyström était assisté d'Aleph Von Anrep de Suède, qui pendant quelque temps joua un rôle déterminant dans la production de la tourbe d'Alfred. Anrep a dû être engagé en Suède au début de l'année 1908 mais il n'a été inscrit comme employé spécialisé qu'en 1913. Le rapport de Nyström et d'Anrep fut imprimé la même année dans le Bulletin

numéro 1 (les Bulletins sont également numérotés comme rapports de la Direction des Mines dans le catalogue) (20). Il est à remarquer que l'intérêt mondial portait alors sur la tourbe combustible (ou humifiée); la mousse de tourbe était également récoltée en faible quantité; la mousse de tourbe est une couche de tourbe morte (non humifiée) située au-dessous de la couche vivante et au-dessus de la couche humifiée, celle de la tourbe combustible. Dans son rapport sommaire de 1909, Haanel parle de ce matériau comme de la 'litière de mousse' et de son sous-produit comme de la 'paille de tourbe' en raison de son utilisation en agriculture et en horticulture. La sphaigne est considérée aujourd'hui comme un agent utile pour l'aération et la préparation des sols, surtout en horticulture. Plusieurs pays, y compris le Canada, ont développé d'importantes industries pour la récolte et la mise en marché de la sphaigne.

Dans le rapport sommaire de 1908, pp. 8-11, on mentionne l'acquisition du terrain de la rue Booth pour l'installation d'essais des combustibles, et la construction d'une installation expérimentale pour les tourbes combustibles à Alfred, Ontario. Ces deux opérations semblent être des recommandations décisives; à propos du terrain de la rue Booth, on dit, sous la rubrique 'Considérations générales', que le choix et l'achat en sont faits, que les dessins pour l'usine sont prêts, et que les équipements et les matériaux pour la construction de l'usine sont déjà achetés. Il et que les équipements et les matériaux pour la construction de l'usine sont déjà achetés. Il ne fait aucun doute qu'à cette époque la mise en oeuvre suivait



1- Gazogène à tourbe à la station d'essais des combustibles; 2- Machine à gaz Korting, rue Booth

de peu la prise de décisions.

Au début de l'implantation de l'industrie de la tourbe, Haanel s'est montré très enthousiaste, à preuve ce qu'il en dit dans le rapport sommaire qu'il présente pour l'année 1911. Dans des rapports antérieurs, les directeurs s'étaient intéressés à la tourbe en tant que source versatile de carbone comme agent réducteur en métallurgie, pour la production de nitrates utilisés ensuite dans les engrais et les explosifs, et bien sûr comme source d'énergie pour les machines motrices et la production d'électricité. Il voulait démontrer à une échelle appropriée la possibilité d'utiliser la tourbe dans ces applications, dans la mesure où le coût de la tourbe séchée était environ la moitié de celui de la houille grasse, qui était alors d'environ \$4.00 la tonne.

On peut affirmer que l'installation si rapide, rue Booth, d'un moteur et d'un gazogène à tourbe inaugurerait les travaux de recherche et d'exploitation dans ce quartier d'Ottawa. La présence continue, rue Booth, du Ministère des Mines et des organismes qui lui ont succédé demeurent un monument en hommage aux mesures prises par Haanel en 1907 et en 1908. C'est ainsi qu'une génératrice à courant continu alimentée par un moteur à gaz dans l'édifice des Combustibles fournissait l'électricité à l'usine expérimentale de séparation magnétique installée en 1910, origine de ce qui devint plus tard le centre diversifié d'expériences pour la préparation des minerais.

Quand les opérations d'exploitation commencèrent au dépôt d'Alfred, le printemps de 1910, c'est Anrep qui dirigeait ces opérations; il se servait de machines qu'il avait conçues lui-même pour l'extraction, la macération et l'épandage. L'année suivante, ce dépôt fut placé sous la direction d'un dénommé Karl Bengts-

son, alors qu'Anrep poursuivait l'examen des dépôts dans diverses provinces du Canada. En 1918, il fut transféré à la Commission géologique où il continua de travailler jusqu'à son départ en 1932.

Après les saisons productrices de 1910 et 1911, où la production avait atteint 1800 tonnes, on ne mentionna plus le dépôt d'Alfred jusqu'en 1918. C'est alors qu'on forma un comité sur la tourbe, composé de deux représentants du Gouvernement Fédéral et de deux représentants du Gouvernement de l'Ontario. B.F. Haanel en était le Secrétaire. Ce comité avait été formé dans le but d'étudier les rationnements de combustibles dont avait souffert l'Ontario durant la guerre et de déterminer s'il était possible de construire des équipements nécessitant moins de main-d'oeuvre, le modèle original d'Anrep en utilisant trop. On adopta des machines conçues au Canada mais à partir des principes d'Anrep pour l'excavation et de ceux d'E.V. Moore pour l'épandage. Ces équipements furent utilisés durant trois saisons entre 1919 et 1921, la production atteignant 6000 tonnes en 1920. La plupart des ventes aux ménages se firent à Ottawa et dans une certaine mesure à Montréal, avec des pointes jusqu'à Peterborough. Cependant, la tourbe séchée combustible ne pouvait se comparer au charbon importé, surtout l'antracite. Le rapport du Comité sur la tourbe, daté du 31 décembre 1919, est inclus dans le rapport sommaire de 1919; un rapport préliminaire bien documenté contient des recommandations et paraît en annexe du rapport sommaire pour l'année 1920.

Le charbon

La Commission géologique fit paraître en 1902 un rapport écrit par T. Denis, qui contient des informations complètes sur l'industrie houillère canadienne: en plus d'une liste des mines, il renseigne sur les méthodes d'exploitation, la production, le marché du charbon, les analyses chimiques; on y trouve de plus une bibliographie et des cartes des régions charbonnières. Quand la Direction des Mines fut formée en 1907, Denis fut transféré de la Commission géologique et continua son travail de terrain, surtout sur le charbon. Il quitta la Direction en 1910 pour accepter un poste important au Ministère de la Colonisation, des Mines et des Pêcheries du Québec.

L'Université McGill

C'est durant l'année 1906 que le docteur A.P. Low, Directeur de la Commission géologique, s'adressait à l'Université McGill pour lui demander d'entreprendre une étude systématique sur les réserves de houille canadienne. Ce programme passa sous la responsabilité de la Direction des Mines en 1907 et Haanel, enthousiaste comme d'habitude, lança et développa ce vaste programme sur l'enrichissement et l'utilisation de la houille en même temps qu'il faisait progresser le dossier de la tourbe. Le docteur J.B. Porter, professeur de génie minier, fut chargé de conduire cette



L'usine de tourbe à Alfred, Comté de Prescott, Ontario

étude. La raison du choix de McGill pour cette recherche vient probablement du fait que Porter et R.J. Durley, professeur de génie mécanique, avaient déjà effectué des recherches sur la houille à l'Université.

Les travaux de laboratoire furent organisés de façon à comprendre des tests de concassage, d'échantillonnage, de lavage et de cokéfaction sous la supervision du professeur Porter et des tests en chaudière et des épreuves des gaz sous la supervision du professeur Durley. On installait un laboratoire chimique spécial et on affectait environ 20 employés à la conduite de ces travaux; certains d'entre eux furent spécialement engagés à cette occasion, dont trois, E. Stansfield, J. Blizzard et J.H.H. Nicolls, furent plus tard rattachés à la Division des combustibles de la Direction des mines en 1910, 1911 et 1914 respectivement. Dans le programme de McGill, Stansfield dirigeait le laboratoire de chimie avec Nicolls comme adjoint. Blizzard travaillait aux tests de chaudière.

Trente-quatre échantillons de charbon pesant d'une demi-tonne à dix tonnes furent prélevés, surtout par Denis, en Nouvelle-Ecosse, en Saskatchewan, en Alberta et en Colombie-Britannique; à ce lot vint s'ajouter un lot de cinquante échantillons de 2 à 500 livres, prélevés dans diverses parties du Canada, y compris le Yukon. Ce travail d'échantillonnage dépendait surtout de Denis. Pour les tests de lavage, on mesurait cette propriété de la houille au moyen de liquides organiques lourds et le lavage lui-même s'effectuait au moyen d'un lavoir à secousse à deux compartiments spécialement construit à cet effet. Les tests de chaudière se faisaient au laboratoire d'essais de chaudière du département du génie mécanique. En ce qui concerne le programme des gazogènes, des tests préliminaires furent effectués sur un gazogène à anthracite du Royaume-Uni, ainsi que sur un gazogène à houille grasse d'origine canadienne; ces gazogènes se révélèrent insatisfaisants. Fort de son expérience, le professeur Durley imagina un four à tirage descendant qui permit aux chercheurs d'obtenir des résultats se comparant avantageusement pour une grande variété de houilles allant du semi-anthracite à la lignite. Les tests en chaudière et les tests des gazogènes précédèrent les tests de cokéfaction. On effectuait la cokéfaction en Nouvelle-Ecosse dans des fours commerciaux, à fente ou en nid d'abeille; on y insérait des boîtes d'acier contenant chacune 50 livres de charbon. Notons qu'à cette époque, il n'y avait aucun test standard pour l'évaluation de la cokéfaction en laboratoire. Il y a lieu de croire que le professeur Stansfield du département de métallurgie de l'Université McGill fut appelé comme consultant pour l'élaboration de tests de cokéfaction à petite échelle; ceci n'est cependant mentionné nulle part dans les textes de la Direction des Mines.

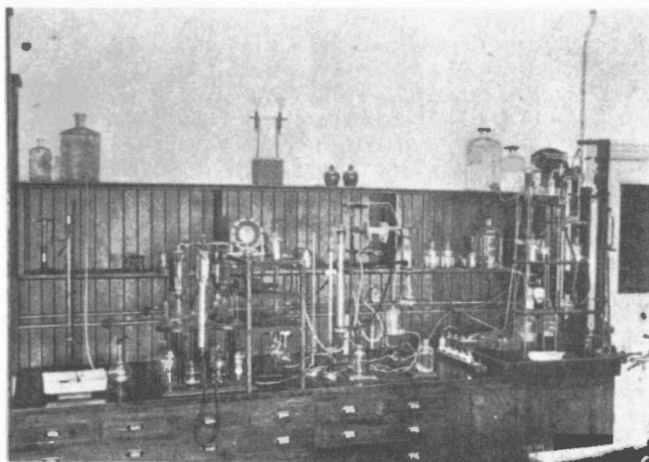
Les travaux durèrent environ deux ans et le rapport complet qui les décrit comporte six tomes parus

en 1912 et 1913 (21). Le volume suivant 'La dégradation de la houille' parut en 1915. Cette étude monumentale de plus de 1800 pages, dont quatre annexes, représentait le premier recensement complet des propriétés des houilles canadiennes destinées à des utilisations spécifiques. Cette information arrivait à point nommé pour le douzième colloque international de géologie tenu à Toronto en 1913. A cette occasion, D.B. Dowling de la Commission géologique, assisté de W.W. Leach, membre de la Direction des Mines entre 1907 et 1909, préparait une première évaluation des ressources de houille du Canada, soit 1,23 billions de tonnes métriques; ces données sont citées dans le volume de trois tomes 'Les ressources houillères du monde', publié sous la responsabilité du docteur W. McInnes, directeur de la Commission géologique de 1914 à 1920. Dans ce travail, les évaluations de charbon portaient sur des profondeurs allant jusqu'à 4000 pieds. Plusieurs années durant, cette étude servit de référence standard pour connaître les réserves houillères du monde.

On note avec curiosité que l'Université McGill a montré un intérêt sans faille pour les aspects scientifiques et techniques de la houille, jusqu'à la Dépression des années 1930. On croyait alors que l'Université allait créer des cours formels à l'instar de quelques universités européennes et américaines. La première conférence canadienne sur la houille se tenait à McGill en 1931; cependant l'intérêt pour la houille s'évanouit et aucun cours du genre ne fut jamais créé à McGill ou dans une autre université canadienne.

Le laboratoire d'essais des combustibles

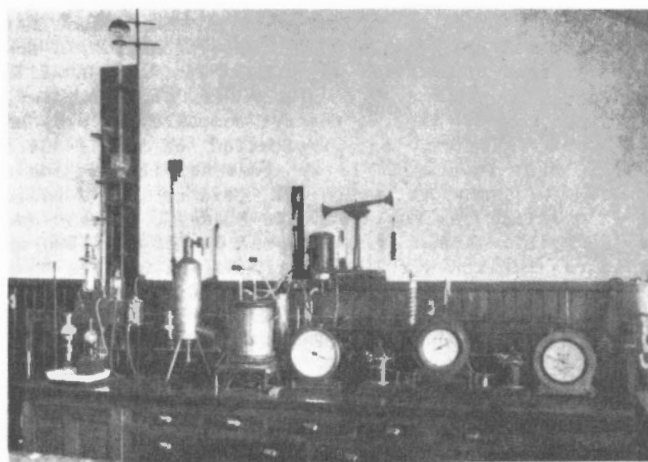
A part le programme d'essais de McGill, des échantillons de charbon furent analysés sous la direction de F.G. Wait dans le laboratoire de chimie de la rue Sussex qui avait été transféré en 1907 de la Commission géologique à la Direction des Mines où les travaux se poursuivirent jusqu'en 1912. Il n'y avait rue Booth ni installation pour l'analyse de la houille ni chimistes jusqu'en 1910, année où Edgar Stansfield fut engagé. On l'intéressa immédiatement à l'installation d'équipements d'analyses pour les tests des gazogènes à tourbe; cette même année, il put également analyser 40 échantillons de tourbe, 15 de charbon et 1 de coke. On apporta les équipements utilisés à McGill et en 1911, on put analyser 42 échantillons de tourbe et 30 de charbon. En 1912, on effectua des rallonges au laboratoire des combustibles, agrandissant l'édifice des Combustibles pour ajouter aux premiers équipements de concentration du minéral de fer de façon à augmenter la versatilité de l'usine de préparation des minerais. Les changements effectués rue Booth coïncidèrent avec la réfection du laboratoire de chimie de la rue Sussex, qui cessa ses opérations à la fin de décembre 1911; ce laboratoire fut transféré aux Thistle Chambers de la rue Wellington. En 1913, les deux laboratoires furent réunis dans de meilleurs locaux. Le docteur F.E. Carter fut engagé le 1er juillet 1913 à titre d'adjoint



La station d'essais des combustibles, rue Booth; laboratoire pour l'analyse des gaz

d'E. Stansfield, qui était alors ingénieur chimiste adjoint, terme apparemment réservé à ce moment à certains des chimistes des combustibles. Stansfield profita des services occasionnels d'un étudiant, W.B. Meldrum, de juillet à septembre 1913. Le laboratoire agrandi et rénové de la Direction des Mines, rue Sussex, fut inauguré le 1er mai 1913. Le laboratoire d'essais des combustibles devint autonome la même année. Le travail d'approche pour l'implantation d'une usine de préparation des minerais s'effectua durant les toutes premières années du laboratoire des Combustibles. T.W. Harvey et J.H.H. Nicolls furent engagés comme chimistes assistants, le premier le 10 octobre et le second le 6 novembre 1914. Carter démissionna en 1916, et la même année, on offrit un poste à V.F. Murray et R.C. Cantelo. Les rapports sommaires de la période sus-mentionnée font état du lot important d'échantillons qu'il fallut analyser; les nouveaux postes offerts à des analystes en sont une preuve. On doit noter qu'en ces temps-là, la création de postes n'était pas chose facile, car les gouvernements d'alors étaient plus avares que dans les années suivant la deuxième guerre mondiale. C'est ce qui explique que plusieurs employés aient longtemps occupé des postes temporaires.

Avant la fin des années de service de Haanel, E. Stansfield et J.H.H. Nicolls faisaient paraître en 1918 un premier volume sur les 'Analyses des combustibles canadiens' dans cinq bulletins allant des numéros 22 à 26 (SM rap. no. 479-483, 1918). Ces analyses s'étendaient des Maritimes à la Colombie-Britannique et au Yukon. Le bulletin 25 (pour l'Alberta et les Territoires du Nord-Ouest) comporte les annexes A - tests de distillation de pétrole brut et ses dérivés,



Calorimètres à gaz

et B - classement des produits résultant de la distillation du pétrole. Une seconde édition de ce bulletin parut en 1921.

H.C. Mabee était engagé en 1914 à titre de premier chimiste de la Division de la Préparation du minerai et de Métallurgie. Il travailla au laboratoire des Combustibles jusqu'en 1917, aidé de quelques chimistes des combustibles. En 1916, R.J. Traill devint son assistant et A.K. Anderson engagé en 1917, fut assigné à l'usine expérimentale, que l'on considérait alors comme faisant partie des services 'externes' de la Direction des Mines.

L'extraction de la houille

En août 1908, un ingénieur des mines, J.G.S. Hudson, était engagé et son poste devint permanent en 1910; il devait effectuer une étude technique sur l'extraction de la houille en Nouvelle-Ecosse. Cette nomination peut être reliée aux soucis de Haanel quant aux accidents dans les mines en général et aux explosifs en particulier. Dans le rapport sommaire de 1909, il faisait allusion à cette préoccupation et recommandait de construire à Ottawa une station centrale d'essais des explosifs avec des équipements semblables à ceux du Royaume-Uni et des Etats-Unis. Le Directeur insérait dans son rapport sommaire de 1909 un rapport préliminaire de Hudson sur les accidents dans les mines. Le Directeur voulait faire de Hudson le premier Directeur de la Division des explosifs; cependant sa carrière s'engagea différemment. Dans la période qui nous occupe ici, il fut mandaté pour effectuer des enquêtes sur les accidents dans les mines mais il aida également à la collecte d'échantillons sur

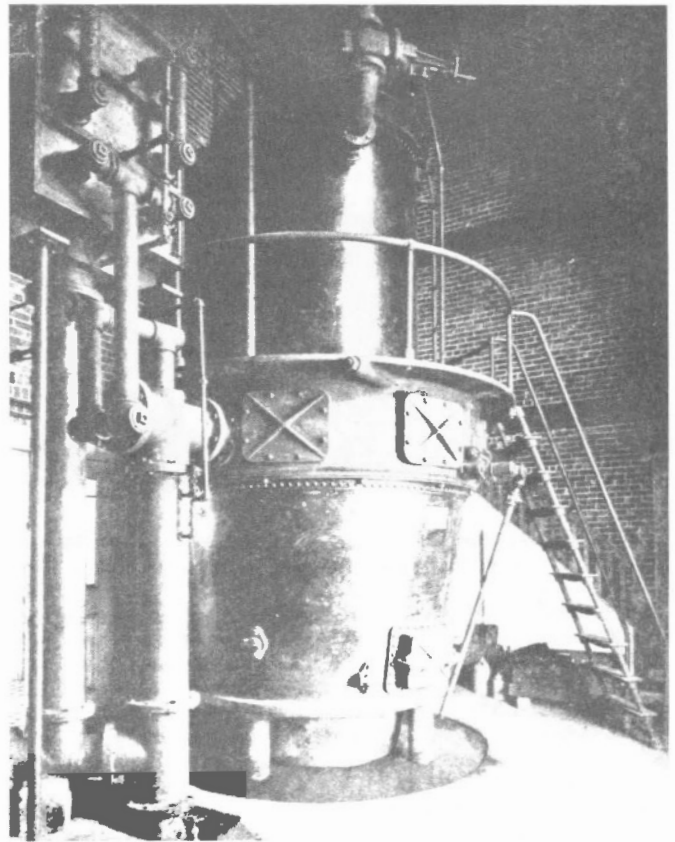
le terrain, etc.

Mais revenons au projet de départ de Hudson sur l'extraction de la houille en Nouvelle-Ecosse. Dans son rapport sommaire de 1909, il indique que le manuscrit comporte 1621 pages avec de nombreuses photographies, dessins et cartes. Dans le rapport sommaire de 1910, on mentionne qu'il est en préparation et qu'il doit paraître sous le numéro 91; apparemment, il n'a jamais paru. Un court rapport numéro 227, paru en 1913 sous le titre 'Sections des houillères de Sidney', n'avait que six pages, 15 clichés et une carte. On fit paraître en 1917 deux rapports sur l'extraction de la houille dans les Maritimes: MB Rep 430, par F.W. Gray 'Le bassin houiller et l'industrie de la houille dans l'Est du Canada: relevés et description', et MB Rep 432, par J.F. Kellock Brown, intitulé 'L'extraction de couches de houille en plaques minces dans les bassins houillers de l'Est du Canada'. Les deux auteurs étaient agents supérieurs de la Dominion Coal Company et ces rapports leur furent probablement commandés à cause de la pénurie croissante des combustibles au centre du Canada.

Les gazogènes

L'intérêt que l'on portait aux gazogènes doit être considéré dans le contexte de la situation énergétique à la fin du siècle dernier. L'électricité était produite par de petites entreprises disséminées avec peu ou pas d'interconnexions. L'industrie se faisait surtout à petite échelle et n'utilisait que l'eau, la vapeur ou le gaz comme sources d'énergie. On ne doit pas s'étonner que Haanel et ses contemporains aient pensé que le gaz maigre produit à partir de combustibles de basse qualité pourrait fournir de l'énergie de façon suffisamment économique aux régions les plus peuplées du Canada. Comme ces régions sont démunies de combustibles fossiles de haute qualité, elles n'ont pas d'autre solution que l'eau ou la vapeur, cette dernière forme d'énergie étant moins efficace que le gaz. On semble malheureusement avoir sous-estimé le coût de production d'une tourbe utilisable, de sorte que la Division des Combustibles jeta son dévolu sur la houille comme principal combustible solide et lui réserva son attention (22).

On procédait en 1911 à l'installation, rue Booth, d'un gazogène Westinghouse dans le laboratoire d'Essais des combustibles. Il s'agissait d'un appareil à houille grasse à double zone d'aspiration qui devait servir aux essais des houilles canadiennes, surtout celles de basse qualité qui sont les moins coûteuses pour la qualité de gaz produit. En 1912, J.G.S. Hudson se procura en Alberta cinq échantillons de 20 tonnes de houille sub-bitumineuse: quatre de ces échantillons provenaient des mines souterraines d'Edmonton et de Drumheller, et le dernier venait d'une mine à ciel ouvert de Tofield. Durant la même année, on fit l'essai d'une lignite de Saskatchewan qui donna de bons résultats dans le gazogène Westinghouse. John Blizard fit



Station d'essais des combustibles, gazogène Westinghouse à suction pour houille bitumineuse

l'essai en 1913 des échantillons d'Alberta en utilisant à la fois l'appareil Westinghouse et l'appareil Korting; les résultats s'avèrent satisfaisants. On doit se rappeler que le gazogène Korting avait été auparavant utilisé pour la tourbe. On n'avait cependant pas obtenu de bons résultats parce qu'il n'extraissait pas le goudron avant l'entrée du produit dans le moteur à gaz. Les fabricants de cet appareil lui apportèrent certaines améliorations mais le personnel des combustibles dut procéder à de nouvelles expériences en vue de créer un meilleur système pour assurer un nettoyage sûr des gaz. En 1914, on fit des essais sur quatre types de houille de basse qualité d'Alberta, en vue de tester leur production de gaz; en 1915, on fit des études sur cinq sortes de houille dont deux de haute qualité. C'est ainsi, semble-t-il, que s'est terminé le programme des gazogènes à houille. Les travaux sur les échantillons de lignite et de houille

de l'Alberta dont il est fait mention plus haut sont relatés dans deux publications: SM Rap. 331, en 1915 et SM Rap. 565, en 1921; celui-ci, complément de SM Rap. 331, fut le dernier de la série des Bulletins (No. 33).

Les essais de chaudière

On fit l'installation, dans l'Édifice des Combustibles de la rue Booth, d'une chaudière marine Babcock-Wilcox à tubes d'eau et tirage forcé d'une puissance de 200 chevaux. Elle avait été commandée en 1914. Un ingénieur technicien assistant, E.S. Malloch, fut engagé en 1914 pour aider John Blizard dans l'utilisation de la chaudière et dans les essais des gazogènes. On préleva en Alberta 11 échantillons de houille commerciale, dont neuf de basse qualité, sub-bitumineux ou lignitique, et deux de haute qualité, bitumineux et d'antracitique; l'un d'entre eux provenait des mines Canmore qui sont toujours en exploitation. Les essais de chaudière débutèrent en 1914. L'année suivante, on fit l'étude de huit échantillons commerciaux de houille d'Alberta - quatre de houille de basse qualité et quatre de haute qualité, ainsi que d'un échantillon de tourbe d'Alfred. A la fin de l'année 1917, on parachevait les essais de chaudière et on se mit à la rédaction d'un rapport sur les résultats de quarante et un tests de vapeur mais ce rapport ne parut qu'en 1920 (23). Par contre, John Blizard prépara un rapport sur la combustion de la tourbe en chaudière qui parut en 1917. C'est ce rapport qui marqua la fin des recherches en relation avec la valeur de la tourbe pour la production d'énergie (Bulletin numéro 17 SM rap. 447, 1917).

En 1919, Blizard fit des recherches sur la chauffe par combustion pulvérulente pratiquée aux Etats-Unis et au Canada; Malloch évalua la faisabilité d'une centrale électrique à Estevan, en Saskatchewan. B.H. Haanel présenta un rapport au Bureau de l'énergie du Dominion.

John Blizard quitta son poste en 1920 et se mit à l'emploi du Ministère des Mines à Washington, D.C.

La carbonisation

On était, en 1916, vivement préoccupé par la rareté des combustibles en Saskatchewan et au Manitoba. On savait par ailleurs qu'il y avait des réserves importantes de lignite, surtout en Saskatchewan, mais les défauts de ce matériau pour l'entreposage empêchaient d'en répandre l'utilisation. C'est ainsi que naquit le Bureau d'utilisation de la lignite en 1918, sous l'autorité du Comité consultatif honoraire de la Recherche industrielle et scientifique du Canada fondé en 1916. Cette appellation fut remplacé en 1924 par Conseil national de recherches; celui-ci eut recours à la Direction des Mines pour la solution technique des problèmes d'utilisation.

R.E. Gilmore se mit à l'emploi de la Division des Combustibles en 1917 et fut l'adjoint de A. Stansfield

dans ce projet. D'ailleurs, une grande partie du personnel fut assignée à ce travail. Cette étude devait conduire à déterminer un appareillage spécial pour effectuer d'abord des tests à petite échelle sur des briquettes de lignite pesant entre cinq et six grammes, et ensuite des tests en laboratoire à grande échelle avec des charges de 1000 à 2300 grammes de 'pois' de lignite dans des cornues de différentes dimensions et à plusieurs températures de carbonisation. On compara la lignite de la Saskatchewan à celle de l'Alberta. Des tests à petite échelle furent également faits sur la tourbe d'Alfred et relatés dans le rapport sommaire de 1920. On insérait dans le rapport sommaire de 1918, un rapport sur la carbonisation de la lignite effectuée dans l'Ouest rédigé par E. Stansfield et R.E. Gilmore assistés de J.H.H. Nicolls, T.W. Hardy, R.C. Cantelo et plusieurs autres. La poursuite de ces travaux fait l'objet du rapport sommaire de 1919, des mêmes auteurs (Rap. som. 1918 pp. 87-105; Rap. som. 1919, pp. 30-39). Le Bureau de la Lignite fit ériger un hangar rue Booth; c'est à cet endroit qu'on installa les équipements pour la carbonisation semi-industrielle et le briquetage; parmi les instruments se trouvaient une corne conçue par Stansfield, un brasseur et une presse. À partir du 1er octobre 1918, on prêta les services d'A. Stansfield au Bureau de l'Utilisation de la lignite. Il quitta son emploi en 1921 et fut engagé comme chimiste industriel à l'Université de l'Alberta pour devenir plus tard chimiste en chef du Conseil de la recherche de l'Alberta. R.E. Gilmore et T.W. Hardy démissionnèrent en 1919, mais Gilmore revint en 1923 pour devenir en 1947 le second Chef de la Division des Combustibles. Le Bureau de l'utilisation de la lignite fit construire en 1924 une usine commerciale près de Bienfait, en Saskatchewan, qui fonctionna sous les auspices du Bureau jusqu'en 1927, date à laquelle elle fut cédée à des industriels.

LES HYDROCARBURES

La période 1907-1920 marque les débuts de l'utilisation massive des hydrocarbures et de l'emploi généralisé des moteurs à combustion interne. Cependant durant ces années, l'industrie, le commerce et le public tiraient leur énergie du charbon, du gaz industriel, de ressources hydroélectriques limitées et du gaz naturel.

Quand fut fondé le Ministère des Mines, l'industrie canadienne du pétrole et du gaz naturel était relativement petite et centrée surtout dans l'ouest de l'Ontario où la production de pétrole remonte à l'année 1857, à Oil Springs. On se rendait cependant compte, à la fin de la première décennie du siècle, que les ressources s'épuisaient manifestement. On ne doit donc pas s'étonner qu'Haanel se soit intéressé à des sources différentes d'énergie, par exemple les schistes bitumineux et, plus tard, les sables bitumineux, dont on connaissait l'existence mais dont on n'avait pas encore évalué l'étendue ou les aspects économiques.

Les schistes bitumineux

La Commission géologique avait fait l'étude des sédiments pétrolifères depuis le siècle dernier. Le docteur R.W. Ells avait fait ses études sur les schistes bitumineux d'Albert au Nouveau-Brunswick, qu'on considérait alors comme plus riches en moyenne que les schistes écossais dont l'extraction se faisait d'une façon intensive. En avril 1908, Haanel reçut une lettre sous forme d'une pétition de l'Albertite Oilite and Cannel Company qui demandait l'assistance d'un représentant du Ministère pour des tests effectués en Écosse sur 45 tonnes de schistes envoyés d'Albert, au Nouveau-Brunswick, et pour rédiger un rapport à cet effet. On demanda à Ells d'entreprendre ces travaux durant l'année. Les résultats obtenus dans une cornue expérimentale pour l'obtention de 40 gallons d'huile par tonne de minéral s'avérèrent satisfaisants. Un rapport écrit conjointement avec la Commission géologique parut en 1909-1910 (24).

En liaison avec ces études, H. Leverin mit au point en 1909 un appareil à distillation destructrice pour l'évaluation du rendement d'huile brute et un autre appareil pour déterminer le rendement de sulfate d'ammonium. Dans son rapport sommaire de 1909, Haanel dit de l'industrie des schistes bitumineux: "A part la fonte électrique des minerais de fer et la recherche de solutions aux problèmes des combustibles de tourbe, aucun sujet n'a jusqu'à maintenant retenu autant l'attention dans les milieux commerciaux que les réserves d'huile minérale dans les schistes bitumineux de diverses régions du pays, surtout au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse" (25). Dans son introduction, il mentionne aussi l'utilisation de l'huile minérale et du mazout que fait la Marine Britannique avec, en arrière-pensée, la création éventuelle d'une Marine canadienne.

Dans son rapport sommaire de 1911, Haanel se dit déçu de constater qu'il n'y a encore aucune exploitation commerciale de ces produits. Il évoque les possibilités du sulfate d'ammonium comme engrais agricole et du 'schiste décomposé' calciné avec la chaux et le gypse tirés des sédiments voisins pour la fabrication de ciments de type portland. C'est dans cette optique qu'il envoie un échantillon de ces matériaux à un expert américain. R.R. Meade, dont l'évaluation est favorable.

A part la réception occasionnelle d'échantillons, on ne parle plus des schistes bitumineux jusqu'en 1918; B.F. Haanel fait alors l'inspection d'une cornue Wallace à East Saint-Louis, en Illinois, où le Lieutenant gouverneur du Nouveau-Brunswick, W. Bugsley, avait envoyé un échantillon de schistes d'Albert. Les résultats obtenus confirment le rendement obtenu à la Station d'essais des combustibles.

A.A. Swinnerton fut engagé aux laboratoires d'essais des combustibles en mai 1919. C'est alors

qu'on reprend, avec une cornue de 2300 grammes utilisée précédemment pour la carbonisation de la lignite, les études chimiques minutieuses des schistes bitumineux du Nouveau-Brunswick et d'autres régions du Canada. En raison de démissions du personnel et parce que Swinnerton devait effectuer plusieurs analyses des gaz, les travaux progressèrent lentement. Swinnerton fit paraître un rapport préliminaire dans le rapport sommaire de 1921: on apprend que 100 échantillons ont été examinés, dont 43 prélevés au Nouveau-Brunswick par W.J. Wright de la Commission géologique, et 21 par S.C. Ells au Manitoba et en Saskatchewan. (Rap. som. 1921, pp 239-252).

Les conclusions générales de cette époque sur les ressources en schistes bitumineux du Canada, sont semblables à celles d'aujourd'hui: les coûts d'extraction et les faibles concentrations d'huile sont des contraintes à leur exploitation économique par rapport au pétrole tirés des puits.

Sables bitumineux

Cette ressource était connue autrefois sous le nom de sables goudronneux en raison de son apparence goudronneuse et des premières utilisations que l'on en fit pour le revêtement des routes. A l'heure actuelle, on s'attend que cette importante ressource servira de base à l'autonomie du Canada en matière de pétrole. Le docteur Haanel fut le premier à signaler cette ressource potentielle importante dans son rapport sommaire de 1912. Il fait allusion à l'histoire de la région des rivières Athabasca et Peace; les événements remontent à 1778; plusieurs voyageurs avaient signalé la présence de "sables goudronneux". Dans les années qui suivirent, ces renseignements furent corroborés par des fonctionnaires du Ministère de l'Intérieur et de la Commission géologique; les expéditions mentionnaient des gisements "considérables". Le recueil des renseignements semblait irrégulier et redondant par manque de coordination des efforts. Des échantillons prélevés au hasard indiquaient un taux de 12 à 18% de bitume dans plusieurs affleurements le long de la rivière Athabasca. Le docteur Haanel se demande "s'il vaut mieux envisager leur transformation en sous-produits divers plus ou moins raffinés ou les considérer comme un matériau à utiliser tel quel pour le revêtement des routes" (26). Il favorisait un programme échelonné pour l'évaluation de l'importance de cette ressource et des propriétés physiques et chimiques du bitume. Il faudra plusieurs années avant que les méthodes n'évoluent de façon satisfaisante dans la séparation et le raffinage. Entre temps, on utilisait commercialement pour le revêtement des routes importantes ce matériau auquel donnait accès le nouveau chemin de fer du nord de l'Alberta.

En 1913, S.C. Ells, fils de R.W. Ells de la Commission géologique, est engagé et affecté à la Division des Gisements non métallifères. Au cours d'une exploration, il note 250 affleurements et ramasse plusieurs centaines d'échantillons. Ces activités d'explo-

ration se poursuivent en 1914 et comportent la collecte d'environ 60 tonnes de sable pour le revêtement expérimental de la rue Kinnaird à Edmonton. En 1915, les levés systématiques s'effectuent le long des affluents de l'Athabasca où se trouvent plusieurs des affleurements. On pose également une route expérimentale. A la fin de l'année 1916, A.W. Haddon, ingénieur intérimaire



S.C. Ells (Northland Trails, par S.C. Ells, Burns et MacEachern, Toronto, 1956)

de la ville d'Edmonton, atteste de l'état satisfaisant de cette route.

En faisant le résumé de ces résultats, Ells précise dans le rapport sommaire de 1916 que (a) le district McMurray d'Alberta recèle une importante couche ininterrompue de sables bitumineux dont l'étendue probable n'est pas moins de 750 milles carrés. A cause de la lourde surcharge de terrains-morts et du rendement inégal des sables, il estime qu'il faudrait soustraire environ 80% de la région représentée par les affleurements. Il signale encore que (b) l'utilisation d'une usine spécialement construite pour le chauffage et le mélange, si l'on observe les soins nécessaires dans la manipulation des matériaux, permettrait d'utiliser les sables bitumineux dans la construction ou le revêtement des routes, sous forme d'une mince couche d'asphalte ou en combinaison avec diverses roches. L'évaluation des coûts indique enfin que (c) l'importation d'asphalte est moins coûteuse, ce qui restreint l'utilisation des sables bitumineux, surtout à cause des coûts de transport, à des utilisations à l'intérieur de limites restreintes dans l'ouest canadien. En dernier lieu, il souligne que l'exploitation des dépôts de McMurray dépend dans une large mesure du succès des procédés de séparation (Rap. som. 1916, pp 56-58).

A partir de ces constatations, Ells suggérait d'étudier un tel procédé à l'Institut Mellon de recherche industrielle de Pittsburgh, Pennsylvanie. Après des essais de séparation centrifuge, il imaginait une méthode utilisant l'eau chaude et la flottation; ce procédé était le précurseur de la méthode actuelle (27). La Direction des mines ne donna vraisemblablement pas suite aux travaux de l'Institut Mellon.

En 1918, on demandait à G.C. Parker, ingénieur à l'emploi du Ministère de la Voirie de l'Ontario d'écrire un rapport sur les possibilités qu'offraient les sables bitumineux de McMurray pour la réfection des routes rurales. Il était d'accord pour essayer un tel programme en coopération étroite avec la province.

Ells se remet à l'étude des sables bitumineux sur le terrain en 1920 et procède à des analyses et à des tests en tranchée dans une région protégée de la Division des Parcs du Ministère de l'Intérieur; cette région est située de part et d'autre de la rivière Horse, affluent de la rivière Athabasca. Il procède également au classement des affleurements de sables bitumineux selon les critères de l'épaisseur, des terrains-morts, de la façon de s'en débarrasser, de la qualité du sable et de l'accès au transport. Ells consacra sa carrière à l'évaluation des ressources des sables bitumineux jusqu'à sa retraite, bien après le départ du docteur Haanel.

Le pétrole et le gaz naturel

Si l'on excepte les rapports annuels de la Divi-



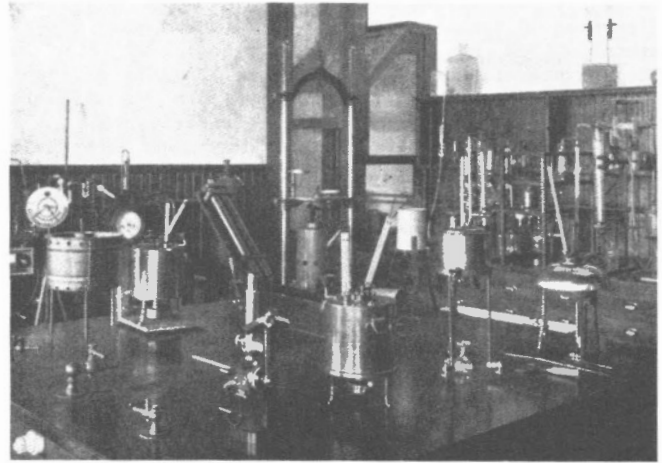
Revêtement de sable bitumineux posé par Ells à Edmonton, 1915

sion des Ressources des minéraux et des Statistiques sur la production des minéraux du Canada, c'est Haanel qui, le premier, parle du pétrole et du gaz naturel dans un court texte de son rapport sommaire de 1911. Cette note concerne l'exploitation du pétrole et du gaz dans les comtés d'Albert et de Westmoreland au Nouveau-Brunswick où une compagnie britannique, la Maritime Oilfields Limited, a acheté les concessions que détenait antérieurement la New Brunswick Petroleum Company. Cette nouvelle compagnie se lança dans une série complète de forages qui laissaient entrevoir des résultats prometteurs. On évaluait la production à 35 mille pieds cubes de gaz naturel par jour. La distribution du gaz naturel à Moncton devait être assurée par la Moncton Tramways, Electricity and Gas Company dont le contrôle relevait de T.S. Brendall, qui contrôlait également la Dominion Gas Company de l'Ontario et qui était le plus gros producteur et distributeur indépendant de gaz aux Etats-Unis (Rap. som. 1911, pp 33-35).

Dans son rapport sommaire de 1912, Haanel signale "le rôle grandissant des hydrocarbures gazeux ou liquides dont l'importance de grande portée découle à l'heure actuelle de leurs nombreuses applications dans l'industrie" (28). Il ajoute qu'en 1911, les chemins de fer, les manufactures et les entreprises métallurgiques ont englouti aux Etats-Unis 62 millions de barils de fuel-oil.

Il est impressionnant de noter qu'en 1912, la production totale de pétrole aux Etats-Unis s'élevait à 220 millions de barils alors que la production mondiale s'élevait à 351 millions de barils. Par contre, la consommation américaine en 1975 approchait 16 millions de barils par jour alors que la production domestique n'atteignait que 10 millions de barils par jour. La production mondiale en 1975 s'élevait à 55 millions de barils par jour. Par comparaison, la production totale canadienne en 1912 était de 243 614 barils. La majeure partie de cette production venait de l'Ontario, qui atteignait en 1900 un maximum de 913 498 barils. Le revêtement de sable bitumineux effectué sous les soins de S.C. Ells, à Edmonton en 1915 A cause de la diminution des réserves, on note un déclin surtout à partir de 1907. Par ailleurs, la production de gaz naturel augmente régulièrement d'année en année, si l'on excepte celles de la Dépression. En 1912, cette production avait atteint 15,2 milliards de pieds cubes dont 12,5 pour l'Ontario, 2,5 pour l'Alberta, et les 200 millions de pieds cubes restants pour le Nouveau-Brunswick. La production et la consommation de pétrole au Canada en 1972, en comparaison, s'élevaient à 1 735 000 barils par jour; 800 000 sont exportés et l'on importe pour l'est du Canada des quantités comparables. La consommation de gaz naturel au Canada en 1975 s'élève à 1,8 billions de pieds cubes. Cette hausse spectaculaire de la consommation des hydrocarbures au Canada remonte à la période d'après la deuxième guerre mondiale.

F.G. Clapp, de Pittsburgh, est engagé en 1912 pour rédiger un rapport détaillé sur les ressources de



Appareillage d'analyse du pétrole - Station d'essais des combustibles, laboratoire de chimie

pétrole et de gaz naturel du Canada. Assisté de L.J. Huntley, il passait trois mois à faire du travail sur le terrain durant les saisons de 1912 et 1913. Un rapport préliminaire est inclus dans le rapport sommaire de 1912. En novembre 1913, Clapp accepte une commandite en Chine et s'entend avec le docteur D.T. Day du U.S. Geological Survey et avec plusieurs co-auteurs du volume numéro I pour terminer ce travail. Cependant, il fallut apporter à cette parution différents soins techniques et c'est le docteur A.W.G. Wilson, Chef des Dépôts métallifères de la Direction des Mines, qui s'en charge. La monographie de 782 pages traite non seulement de la description des ressources canadiennes dans les première et deuxième parties du volume II, mais également de la mise en valeur, de la production et des propriétés du pétrole dans le volume I (29).

C'est dans le rapport sommaire de 1912 que l'on mentionne pour la première fois l'examen des propriétés physiques comme la viscosité, etc., des lubrifiants destinés au Service naval; ce travail a été effectué par la Division de Chimie. En 1914, le laboratoire d'Essais des combustibles commençait à recevoir des échantillons provenant de mines à ciel ouvert, comme le méthane, les oxydes de carbone, etc. L'explosion dans la mine de Hillcrest en Alberta avait en 1914 causé la mort de 189 mineurs et avait fait l'objet d'une enquête sous la direction de J.G.S. Hudson. Ce fait avait sans doute influencé Haanel dans la création de ce service. En 1915, les laboratoires allaient être équipés d'appareils de distillation pour traiter des échantillons de pétrole. La même année, on procédait à l'analyse de 32 échantillons de pétrole ou d'essence au Ministère

des Travaux publics et au Ministère de la Défense; en même temps, on faisait l'analyse de 172 échantillons provenant de mines à ciel ouvert. En 1916, on faisait l'analyse de 377 échantillons provenant de mines à ciel ouvert, de 75 échantillons de pétrole, de 2 échantillons de gaz naturel et de 2 échantillons de schistes bitumineux.

En 1916, Stansfield et Murray avaient accumulé suffisamment d'analyses de pétrole et d'études spécifiques pour faire paraître dans le rapport sommaire de cette année des descriptions précises concernant l'achat des pétroles, de l'essence, etc... en prenant pour exemple le pétrole utilisé pour les machines de moteurs de marine. Comme on avait besoin de plus

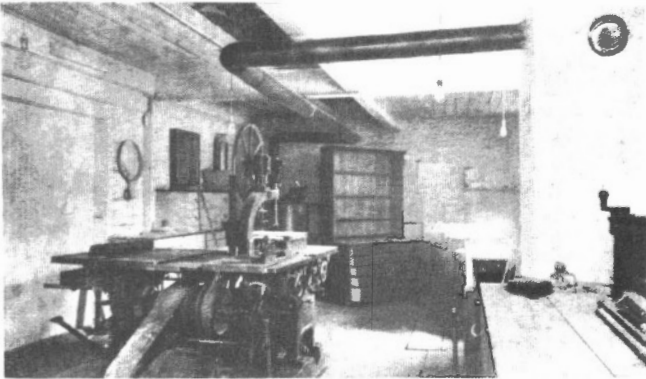
d'espace pour effectuer ces travaux, le personnel des préparations chimiques du minéral était transféré en 1917 à l'édifice de l'usine-pilote voisine, et on construisait à part un laboratoire pour les pétroles en ajoutant des équipements d'analyse.

Les ateliers du Ministère

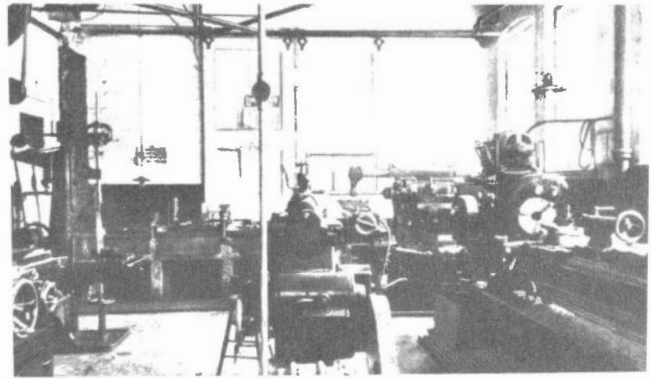
C'est en 1914 que l'on installe un atelier au laboratoire d'Essais des combustibles, rue Booth. A.W. Mantle fut nommé Surintendant des travaux de mécanique avec B.F. Haanel comme supérieur immédiat. L'entretien de tous les laboratoires dépendait des ateliers centraux. Il est intéressant de noter qu'en 1914, le taux salarial maximal pour les outilleurs et mécanicien



1



2



3

1 - Atelier de construction mécanique et baraques d'entreposage, rue Booth, aux environs de 1920; 2 - Atelier de menuiserie, rue Sussex; 3 - Atelier de construction mécanique à la station d'essais des combustibles, rue Booth

d'expérience était de 48 cents de l'heure alors que les taux les plus bas allaient de 28 à 20 cents de l'heure pour les outilleurs et les ajusteurs. Les rapports des travaux en atelier furent inclus dans les rapports annuels sommaires jusqu'à celui de 1919, le dernier préparé sous la direction de Haanel. En 1915, on classa dans les services 'extérieurs', comme c'était déjà le cas pour le Bureau de l'Essayerie de Vancouver, tous les employés rémunérés au taux horaire d'alors, qui travaillaient aux installations des rues Sussex et Booth, soit les journaliers, les ouvriers de l'usine expérimentale, quelques assistants de laboratoire et des manoeuvres. Mantle était apparemment Superviseur des Services extérieurs à Ottawa.

Les explosifs de mine

On a fait allusion ci-dessus, sous le titre 'extraction de la houille', au rapport préliminaire de Hudson sur les accidents dans les mines; ce rapport était inclus dans le rapport sommaire de 1909, pp. 124-133. On y fait état du taux d'accidents dans les mines de houille et de métaux du Canada, où ce taux est beaucoup plus élevé qu'au Royaume-Uni. Par exemple, sur une période de 10 ans (1899-1908), l'extraction de la houille en Nouvelle-Écosse a connu un taux moyen de 2,67 accidents pour mille ouvriers et l'extraction de la houille en Colombie-Britannique, une moyenne de 9,21 alors que la moyenne au Royaume-Uni n'était pour la même période que de 1,29. Hudson signale plus loin que près de 59% de tous les accidents dans les mines de métaux de l'Ontario sont dûs aux explosifs et qu'en Colombie-Britannique le taux est de 52%. Il suggérait alors d'amender la loi de la géologie et des mines afin de "donner à la Direction des Mines l'autorité d'exiger que les accidents lui soient rapportés immédiatement; de lui conférer des pouvoirs de coopération avec les autorités minières pour en arriver à la formation d'un code efficace de lois et de règlements sur le travail dans les mines et l'utilisation des explosifs; de consentir enfin à la Direction le droit de vérifier les témoignages et de faire enquête sur les causes" (30). Il signale également que le Canada se distingue par l'absence d'une loi des Explosifs et que tous les pays européens ont repris la Loi des Explosifs de la Grande-Bretagne de 1875 pour formuler leur propre loi après modifications nécessitées par les conditions locales. Il signale encore que les Etats-Unis ont nommé en 1908 une commission spéciale d'experts étrangers pour faire enquête sur les accidents de mine. Cette commission était composée de trois membres - Victor Watteyne, Inspecteur général des mines de Belgique; Carl Meissner, Conseiller des mines d'Allemagne; et Arthur Desborough, Inspecteur des explosifs de Sa Majesté en Grande-Bretagne. Le Président Roosevelt ordonnait que le rapport de la commission soit largement diffusé chez tous les exploitants de mines de houille et mineurs des Etats-Unis. La première recommandation de ce rapport marquée 'A' s'intitulait 'Sélection des explosifs'; elle suggérait d'utiliser des explosifs 'permissibles'. Le terme utilisé en

en Grande Bretagne était 'permis'.

Haanel dit dans son propre rapport (rapport sommaire de 1909): 'J'ai recommandé qu'une station centrale - semblable à celle que l'on a construite en Angleterre et aux Etats-Unis - soit construite à Ottawa pour des essais de tous les explosifs et qu'une loi sur les explosifs soit présentée pour la réglementation efficace de la fabrication et de la vente des explosifs, de leur utilisation dans les mines, et des opérations de minage en général' (31).

Haanel perdit peu de temps. En 1909, on invitait le capitaine Desborough au Canada et après une tournée, il présentait des recommandations dans un rapport à Ottawa. Ce rapport, daté du 1er octobre 1910, est reproduit dans le rapport sommaire de 1910 (pp 120-133). Le ton général du rapport était réprobateur, bien que courtois. Hudson accompagna Desborough dans ses visites aux usines d'explosifs et dans les mines de l'Ontario, du Québec, de la Nouvelle-Écosse et de la Colombie-Britannique. Des pourparlers furent entrepris avec les autorités provinciales, les autorités des chemins de fer et des dirigeants des mines. A la suite de ces visites, on organisait une conférence de deux jours sous la présidence d'Haanel dans la salle 16 de la Chambre des communes, les 23 et 30 septembre 1910. Des représentants des gouvernements provinciaux, des fabricants d'explosifs de la Dominion Iron, Steel and Coal Company et du Bureau of Safe Transportation (New York et Toronto) étaient présents. A cette conférence le Capitaine Desborough donnait un premier compte rendu des principes qui guident l'Inspectorat Britannique chargé de l'application de la Loi des explosifs. Ensuite suivit une période de questions qui se poursuivit la seconde journée. Le compte rendu de cette conférence de deux jours est rapporté sous le titre 'Résumé des délibérations' dans l'annexe II (pp. 183-223) du rapport sommaire de 1910 et montre qu'il y eut libre échange de points de vue. On peut noter que Thomas Gibson, Sous-ministre en Ontario, apportait son appui total à la proposition du gouvernement canadien d'une loi canadienne des Explosifs.

Le docteur Haanel présenta le Capitaine Desborough comme Inspecteur des Explosifs de Sa Majesté en Angleterre, "qui, pendant plusieurs années, a été responsable de l'application de la Loi britannique et qui était le Directeur de la station d'essais en Angleterre". Dans son texte, Desborough mentionnait que les essais avaient été effectués par des "conseillers chimistes", Messrs Dupré, qui, assez curieusement pour l'époque, recevaient des honoraires, pratique que ne recommandait pas Desborough dans son rapport du 1er octobre 1910. Il semble que le docteur Haanel ait vivement désiré que la Direction des Mines soit associée de près à toutes les étapes dans l'évolution de la réglementation des explosifs au Canada. Comme nous l'avons mentionné plus tôt, il avait fondé la Division des Explosifs avec J.G.S. Hudson, qui participait comme responsable à toutes les activités

dont nous venons de parler.

Le docteur Haanel se rendait certainement compte du fait que le rôle principal de la Direction des Mines concernerait les essais et non nécessairement avec l'administration de la loi. C'est peut être pour cette raison qu'il avait prévu des installations complètes non seulement pour les essais d'autorisation des explosifs mais aussi pour la sécurité dans l'utilisation des explosifs 'permis' en présence de poussière de charbon ou de grisou pendant l'extraction du charbon. Au Royaume-Uni, les installations dont on vient de parler avaient fonctionné sous l'égide du Home Office depuis 1897; elles furent ensuite déplacées à Eskmeels, dans le Cumberland, pendant que Desborough était en visite au Canada, puis à nouveau plus tard à Buxton, dans le Derbyshire. Dans une lettre au Ministre en date du 17 octobre 1910, le docteur Haanel soumettait à son attention une liste détaillée, intitulée "Estimés pour 1911-1912, des coûts d'administration des édifices, des équipements nécessaires pour l'établissement d'une Division des Explosifs. Direction des Mines, Ottawa". Ces estimés s'élevaient à \$72 400,00. La liste comprenait un laboratoire de chimie de 24 pieds par 45 pieds, une salle d'essais de 20 pieds par 15 pieds (y compris un entrepôt), une soute à explosifs et deux galeries d'essais, une pour les explosions de gaz et une pour les explosions de poussière de charbon, d'une longueur de 50 pieds et d'un diamètre interne de 6 pieds 4 pouces, et une galerie de dimensions plus réduites pour la vérification des lampes de sécurité pour les mines de charbon. On suggérait également d'ajouter un canon dans la galerie des explosions. Tout l'équipement standard pour les essais des explosifs était également inclus dans le devis: un canon, un pendule, une machine de choc, une machine de mesures Bichel, un bloc Trauzl, un calorimètre, etc... On suggérait que le personnel soit composé d'un inspecteur responsable, de deux autres inspecteurs et de deux inspecteurs assistants, d'un chimiste des explosifs, d'un mécanicien, et d'un commis. On n'avait pas fixé le salaire de l'inspecteur responsable mais les recommandations de Desborough le fixaient entre \$6000,00 et \$7000,00, ce qui était deux fois le salaire de Haanel en 1901.

On doit noter que le texte de Desborough "Rapport sur l'industrie des explosifs dans le Dominion du Canada" et celui de la conférence de la Chambre des communes firent l'objet d'une publicité étendue sous forme des volumes MB Rap. 92 et MB Rap. 89 qui connurent quatre éditions. Une version préliminaire du projet de loi numéro 79 - Loi pour la réglementation de la fabrication, des essais, du stockage et de l'importation des explosifs - fut rédigée par la Direction des Mines après consultation de Desborough et en accord avec les avis du Ministère de la Justice; cette version fut incluse en annexe 3 du rapport sommaire de 1910. Cette Loi n'entra en vigueur que dix ans plus tard.

Les événements des six années qui suivirent donnèrent raison au plaidoyer de Haanel pour une Loi

des Explosifs et les mesures de sécurité industrielle s'améliorèrent.

Dans son rapport de travail sur le terrain à la suite de la tournée qu'il fit avec Desborough, contenu dans le rapport sommaire de 1910, Hudson écrivait qu'il y avait eu deux explosions dans la vallée de l'Outaouais avant l'arrivée de Desborough à Ottawa, le 22 juillet 1910. Le 8 mai 1910, la fabrication de poudre de chlorate de potassium 'Virite' provoquait la mort de dix personnes et des blessures à dix autres à la General Explosives Company Ltd. à Hull, Québec; le 11 juillet 1910, il y eut trois morts et huit blessés à la Dominion Explosives Company Ltd., à Sand Point, dans le comté de Renfrew en Ontario, où l'on fabriquait 'Blaster's Friend', une poudre à base de farine de cassave au nitrate mise sur le marché comme substitut des explosifs à base de nitroglycérine parce qu'elle était à l'épreuve du gel. A la mine Bellevue en Alberta, il y eut un coup de grisou (méthane) le 9 décembre 1910, provoquant la mort de 31 hommes. Ces trois rapports, celui de Hull illustré d'une carte et de photographies, étaient insérés dans le rapport sommaire de 1910.

En 1911, Hudson faisait enquête sur trois autres explosions dans des usines d'explosifs: un second accident s'était produit, provoquant la mort de quatre employés, à la Dominion Explosives Company Ltd. à Sand Point, en Ontario; on déplorait quatre morts (trois autres personnes décédèrent plus tard) et un blessé à la Canadian Explosives Company, (maintenant appelée C.I.L.), à l'usine de Beloeil au Québec; enfin, une explosion se produisit dans une conserverie où quatre hommes étaient tués dans une salle de mélange de l'atelier de Curtis and Harvey of Canada à Rigaud, au Québec, où l'on manufacturait de la dynamite à 60% de nitroglycérine. Hudson remarquait que c'était la première fois que l'on demandait par téléphone au Ministère de faire enquête sur un accident dans une usine d'explosifs mais que le ministère se trouvait dans une position difficile du fait qu'il ne pouvait se prévaloir d'une Loi des Explosifs.

Dans son rapport sommaire de 1912, le docteur Haanel s'attendait toujours à l'adoption d'une législation. En 1913, Hudson entra en communication avec les inspecteurs en chef des mines et les procureurs généraux des provinces de l'Ouest pour connaître leur avis sur les différentes clauses du projet de loi sur les Explosifs. Plus tôt la même année, le 15 janvier, une explosion s'était produite dans le port de Nanaimo à bord du vapeur Oscar, alors chargé de 19 caisses de dynamite et de 50 barils de poudre noire. C'est Hudson qui fut envoyé pour faire enquête sur ce désastre. Haanel mentionnait cet accident dans son rapport sommaire de 1913, indiquant que le rapport de Hudson devait paraître dans un bulletin séparé - probablement pour mieux afficher les soucis que lui donnaient les retards dans l'adoption de la Loi sur les Explosifs - mais ce bulletin n'a jamais paru.

Le projet de loi sur les Explosifs de 1911-1912 fut de nouveau présenté au Parlement le 5 mai 1914, par le Ministre des Mines, Louis Coderre, et fut reçu en première lecture le 12 mai 1914. La Chambre l'étudiait en comité plénier le 16 mai. On y apportait des amendements mineurs et il passait sans discussion en troisième lecture le 19 mai; le Sénat l'adoptait le 30 mai 1914. Il reçut l'assentiment royal le 12 juin 1914 mais ne fut proclamé que le 1er mars 1920. Une copie de la loi paraît en annexe dans le rapport sommaire de 1914.

Pour mieux appuyer son plaidoyer à propos du taux élevé des accidents dans les des métaux dûs aux explosifs, il notait dans son rapport sommaire de 1914 que de tels accidents s'élevaient en Ontario à environ 44% de tous les accidents miniers qui s'étaient produits dans cette province en 1913 et, en Colombie-Britannique, ce taux s'élevait en 1914 à 67% il réclamait que "les décisions correspondant à la volonté exprimée des électeurs ne souffrent plus de délais" (32).

La pire catastrophe minière au Canada s'est produite le 19 juin 1914, à la mine Hillcrest en Alberta, quand une inflammation de grisou fut suivie d'une explosion de poussière de charbon, causant la mort de 189 hommes. Hudson fit un rapport à la suite de l'inspection et de l'enquête qui s'ensuivit à Calgary; les renseignements de ce rapport sont inclus dans le rapport sommaire de 1914. On n'a pu établir la cause véritable de cette catastrophe puisque tous les témoins potentiels avaient péri. Cependant, le commissaire



La résultat d'une explosion accidentelle de "Virite" à Hull, Québec. On peut juger de la force de l'explosion.

enquêteur recommandait que l'on cesse les opérations de boutefeux jusqu'à un meilleur contrôle des poussières. Dans le rapport sommaire de 1915, on mentionne deux autres catastrophes minières, toutes deux dans le district de Nanaimo. La première s'est produite à la mine Wellington, le 9 février 1915, à la suite de l'irruption d'eau venant de la mine abandonnée Southfield qui la jouxtait; 19 personnes y perdirent la vie. La seconde se produisit le 27 mai 1915 à la mine Reserve quand 22 hommes périrent à la suite d'une explosion. Hudson fut invité à l'enquête par T. Graham, Chef inspecteur en Colombie-Britannique, pour donner un témoignage d'expert. Il en vint à la conclusion qu'il s'était produit un éboulement de charbon qui avait donné lieu à un incendie allumé à la suite du bris d'une lampe sécuritaire à pétrole. Les versions différaient au sujet des causes de l'incendie.

Il ne fut plus mention des activités de Hudson ou de celles de la Division des Explosifs dans les rapports sommaires jusqu'en 1919, année du dernier rapport sous la direction de Haanel. Cependant, dans son premier rapport terminant l'année civile 1919, le premier Inspecteur en chef des explosifs, le Lieutenant-Colonel G. Ogilvie, soulignait que "lors de son engagement, on lui avait accordé les services de J.G.S. Hudson, ingénieur des explosifs à la Direction des Mines et qu'il avait été mis à la disposition de la Division", laquelle avait un statut ministériel.

Il y a lieu de citer des extraits de l'introduction du rapport historique du Lieutenant-Colonel



Lt. Colonel Gordon Ogilvie, premier inspecteur en chef des explosifs.

Ogilvie, en 1919, où il rend hommage aux efforts tentés de Haanel et de la Direction des Mines pour doter le Canada de sa propre Loi des Explosifs. 'La fréquence des accidents, surtout dans les mines et lors de la construction du chemin de fer, ... et la nécessité d'avoir des garanties indépendantes de la qualité des explosifs sur le marché, ont fait qu'en 1909, toute cette question fut prise en charge par le Ministère des Mines en collaboration avec les manufacturiers et autres responsables....".

"Au Canada, d'autre part, d'après les statistiques que fournit le Journal du travail pour la période d'avant-guerre (1904-1913 inclusivement), il apparaît que le nombre total des accidents mortels excède de 39% ceux qui se produisent au Royaume-Uni. Même si on évalue le plus justement possible que la quantité des explosifs fabriquée ou utilisée au Canada est probablement moins du tiers de celle utilisée au Royaume-Uni".

"Cette situation, que le Directeur de la Direction des Mines connaissait bien, le conduisit non seulement à prendre les premières mesures dans l'examen de ce sujet, et à souligner dans chacun de ses rapports annuels la nécessité d'une loi, mais encore à faire son possible en l'absence d'une législation, c'est-à-dire, la conduite d'enquêtes d'accidents et la diffusion de renseignements utiles et pertinents ... La coopération dont jouissait déjà le Ministère avec les représentants de l'industrie et avec les savants ou les hommes d'expérience, sur les conditions d'utilisation des explosifs dans diverses activités et le système institué sur leurs conseils, augurait bien des développements qui résulteraient de la poursuite des efforts dans l'unité."

LES MÉTAUX COMMUNS

C'est le fer qui retint l'attention de Haanel durant son séjour au Ministère de l'Intérieur et durant les trois premières années qu'il passa au Ministère des Mines. Les principaux membres du personnel impliqués dans l'évaluation des ressources de minerais de fer (y compris les relevés magnétométriques) étaient Nyström et Lindeman auxquels vinrent s'ajouter B.F. Haanel et Fréchette. Les consultants de l'extérieur produisirent des analyses sur les métaux 'associés' utilisés dans les alliages d'acier, comme le nickel, le chrome, le tungstène et le molybdène. A part le zinc qui suscita de bonne heure, à la demande des industriels, des études reliées au problème de son traitement, il y eut peu d'occasions de s'intéresser aux métaux communs entre 1901 et 1909 parce que le personnel réduit se consacrait entièrement aux projets des métaux ferreux.

Après la démission de Nyström en 1909, le docteur Alfred W. Wilson fut nommé le 1er mai 1909. Il passait l'été à étudier les mines de cuivre à Québec et à visiter une mine abandonnée d'antimoine à Nicolet. Il étudiait également des gisements de minerai de fer, de

stéatite et de talc près du lac Mégantic. Il mentionnait ces dans son rapport sommaire de 1909, pp. 69-81. H.S. de Schmid et L.H. Cole, ingénieurs des mines, furent engagés respectivement aux mois de mai et d'août 1910. De Schmid fut affecté aux minéraux non métalliques. La première mission de L.H. Cole fut de faire une enquête sur des minéraux métalliques. Il fit une enquête sur un gisement d'étain qu'on avait rapporté près d'Arnrior en Ontario, pour constater que ce gisement n'existait pas. Les échantillons de Cole ne contenaient aucune cassitérite mais ils recélaient des fragments de fausse galène. Il visitait le chantier d'argent de Cobalt, les districts voisins Gowganda-Elk et Shiningtree-Rosey creek (encore pour l'argent) et le district Porcupine, pour l'or. Ces rapports sont inclus dans le rapport sommaire de 1910, pp. 93-101, ce qui indique la rapidité avec laquelle on faisait paraître en ces temps-là les activités de la Direction.

Les divisions des gisements métallifères et non métallifères furent apparemment formées en 1910, mais il fallut attendre le rapport sommaire de 1911 pour l'annonce officielle. Au départ, le personnel de la Division des Gisements métallifères se résumait à deux fonctionnaires classés, A.G.W. Wilson, Directeur, et E. Lindeman; trois fonctionnaires faisaient partie de la Division des Gisements non métallifères; H. Fréchette, Directeur, L.H. Cole et H.S. de Schmid. Durant les années qui suivirent, Wilson et son personnel furent responsables de la plupart des évaluations des ressources de métaux communs. L'étude des problèmes, du zinc de la Colombie-Britannique qui avait retenu l'attention de la Direction pendant cinq ans avait été pour la plupart confiée à un consultant externe.

Le zinc

A la suite de la parution du rapport sur le zinc en 1905 et des rapports de 1906, 1907 sur les expériences de fonte de minerai de fer par procédés électrothermiques à Sault Ste-Marie, Haanel s'intéressa parallèlement à la fonte électrothermique de ces deux produits minéraux. Dans son rapport sommaire de 1907, page 12, il parle de l'installation d'un four à induction électrique à Nelson, C.B. pour la production combinée de lingots de plomb et de zinc. Dans son rapport sommaire de 1908, pp. 6-7, il mentionne qu'à cause de son désir de trouver un procédé satisfaisant dans la réduction des énormes ressources de minerai réfractaire en Colombie-Britannique, on lui a fourni des détails du fonctionnement du procédé électrothermique De Laval alors qu'il était visite en Suède l'année où eurent lieu des expériences de fonte électrique du minerai de fer. Apparemment, une usine traitait d'énormes quantités de minerai à Trollhättan, au même endroit où l'on mentionnait ci-dessus le fondeur électrique de minerai de fer. A son retour au Canada, Haanel s'arrêtait à Londres où il apprit qu'on achevait la fabrication d'un fondeur de zinc De Laval amélioré. Il fut de plus réquisitionné par Lord Strathcona, Haut-Commissaire pour le Canada, qui lui

demandait d'examiner à Swansea un procédé chimique australien (au bisulfite) pour la production d'oxyde de zinc, inventé par Sulman-Picard-Hommel; mais il n'eut pas le temps de se rendre dans ce pays. Cependant, il obtint des détails de tous ces procédés qu'il dû accepter sous toute confidentialité à cause de la concurrence entre les différents inventeurs; c'est ainsi qu'il ne put les faire paraître. On lui fera encore connaître un autre procédé de Côté et Pierron dont il parle dans son rapport sommaire de 1909.

Les activités suivantes furent rapportées par Haanel aux pages 11-15 de son rapport sommaire de 1910. Les producteurs de zinc d'East Kootenay et West Kootenay lui envoyaient une lettre sous forme d'une pétition en date du 6 avril 1910 (erreur typographique sans doute: ce devrait être 1909), qui était envoyée au Ministre des Mines pour souligner les problèmes qu'éprouvaient les industriels. Ces problèmes dépendaient des faits suivants:

- (1) Conditions défavorables de transport et de douane: le transport maritime se fait sur de longues distances vers l'Europe ou outre-frontières pour se rendre aux fonderies américaines; une hausse était imminente dans les tarifs douaniers américains.
- (2) Le caractère composite des minerais; le zinc contient la plus grande partie de l'argent; au fur et à mesure que l'extraction se fait plus en profondeur, le zinc remplace le plomb.
- (3) Le traitement se fait en deux temps: il faut d'abord récupérer le zinc, puis l'argent. Cette double opération et les doubles pertes qui en résultent empêchaient les fondeurs de payer plus de la moitié de la valeur de l'argent.

La cornue de type commercial qu'on avait installée plus tôt à Frank, en Alberta, tout près des réserves de charbon de Crowsnest, ces sa d'être utilisée à cause de ces difficultés.

Les tests de fonte électrique sur une échelle réduite furent effectués par des industriels de Vancouver et étaient suffisamment favorables pour pousser les opérateurs à construire un four semi-industriel à Nelson en Colombie-Britannique. Ce four était d'une capacité de 10 tonnes par jour pour la production d'un alliage de plomb et d'argent en lingots, un peu de zinc et de la matte. Après des dépenses de \$70 000 pour la construction d'une usine et de \$50 000 pour son fonctionnement, les fonds étaient épuisés. Les producteurs s'adressaient au gouvernement pour une aide pécuniaire afin de compléter le travail expérimental. Haanel recommandait alors d'utiliser une somme de \$50 000 provenant de fonds non ventilés; ces fonds devaient servir à une subvention fédérale autorisée par le Parlement pour stimuler la production domestique de plomb dans le cadre des procédés déjà mentionnés inventés en Europe pour la fonte du zinc, pour remplacer les expériences de la Compagnie canadienne du zinc à Nelson. Il suggérait que l'on dispose des fonds

à la Direction des Mines pour effectuer cette recherche et procéder à l'installation et à l'essai de l'usine de Nelson qui promettait les meilleurs résultats commerciaux.

Le ministre des mines déposait une résolution à la Chambre le 21 mars 1910, et elle fut adoptée. Cette résolution fut suivie du projet de loi 182 qui était un amendement au Décret concernant 'le paiement des primes pour le plomb contenu dans les minerais de plomb extraits au Canada et la promotion de la production canadienne de zinc'. Ce projet de loi fut adopté le 7 avril 1910.

Haanel s'adressait à W.R. Ingalls de New York, l'homme clef de la Commission du Zinc, pour entreprendre une recherche conduisant à la découverte ou à l'exploitation d'une méthode pour le traitement économique des minerais mixtes de soufre et zinc en vue de la production de zinc métallique ou d'un produit de zinc vendable. Cette proposition fut accueillie favorablement par Ingalls le 7 juin 1910.

Dans le même rapport sommaire de 1910, page 15, sous le titre "Procédés à l'essais dans le traitement des minerais de zinc", Haanel rapportait franchement qu'il avait reçu une lettre datée du 4 juillet 1910 de S.W. Harbord, l' 'éminent' métallurgiste de Londres; ce dernier avait fait partie de la Commission d'enquête de Haanel sur la fonte des minerais de fer par électrothermie, dont les membres étaient allés en Europe en 1904. Cette lettre disait qu'aucun des procédés que Harbord devait étudier n'était encore prêt pour la recherche. Ces procédés, signalés plus haut étaient ceux que Haanel avait recommandés au Ministre et qu'il voulait étudier à la Direction des Mines.

Dans une lettre adressée à Haanel en date du 23 août 1911, et reproduite dans le rapport sommaire de 1911, pp. 14-15. Ingalls fait état d'un grand nombre d'expériences conduites avec différentes sortes de fours dans le laboratoire de métallurgie du professeur Albert Stansfield à l'Université McGill. Ces expériences visaient à déterminer les conditions métallurgiques qui empêchent une condensation satisfaisante du zinc en fusion. Il mentionne qu'il y a deux fourneaux de fusion électrique du zinc en fonctionnement en Scandinavie; l'un de 7000 chevaux à Trollhätten, en Suède, l'autre de 4000 chevaux vapeur à Sarpsborg, en Norvège. Selon les renseignements d'Ingalls, ces fourneaux ont fonctionné pendant cinq ou six ans sans réussite commerciale; ce n'est que récemment qu'on a pu produire du zinc sur une échelle industrielle. Le secret absolu entourait ces opérations. Il mettait en relief le fait que la fusion électrique des minerais de zinc était encore dans "l'enfance expérimentale".

Dans le rapport sommaire de 1912, pp. 8-10, une longue lettre de Ingalls du 13 janvier 1913 vient s'ajouter pour mettre en relief les problèmes que cause la 'poudre bleue', condensation qui se forme plus

abondamment dans le cas de la fonte électrique que dans la fonte ordinaire. Harbord avait rapporté que la consommation d'électricité à Trollhättan en 1911 pour la fonte de 537 tonnes de minerai dépassait 2000 kWh par tonne de minerai, il expliquait que cette grande consommation dépendait du fait qu'il était nécessaire de refondre deux tonnes de poudre bleue pour chaque tonne de minerai fondu. Plusieurs pays européens faisaient des expériences dans la fonte électrique du zinc et ces travaux coûtaient plusieurs centaines de milliers de dollars. En dépit d'indices peu prometteurs, Ingalls terminait néanmoins sa lettre en disant qu'il y a un défi à relever dans le cas des sulfures mixtes puisque les fonderies qui récupèrent le zinc n'extraient que 55 à 60% du plomb des métaux précieux. Il espérait que les expériences à petite échelle conduiraient à des essais en 1913 d'un système mieux éprouvé et à plus grande échelle. Ingalls donnait une communication sur la fonte électrique du zinc à la conférence annuelle de l'Institut canadien des mines en mars 1912 à Toronto.

Les tests de McGill se terminèrent tôt en 1913 après des essais expérimentaux de 32 modifications d'un four alimenté à raison de 200 à 250 livres de minerai en 24 heures. Ingalls recommandait une augmentation proportionnelle des essais à Nelson. Pendant ce temps, une compagnie américaine tentait d'obtenir du Ministère des Mines l'autorisation de poursuivre les expériences dans le but de convertir le four expérimental 'Canada Zinc' en une usine commerciale. Les négociations n'ont pas abouti et le projet d'Ingalls fut adopté. Le professeur Stansfield de McGill délaissa cette recherche et, à sa place, on envoyait à Nelson, E. Dedolph, qui était son assistant dans le projet de McGill, pour vérifier les installations de l'usine d'alors. D.C. Paleologue fut spécialement engagé à titre d'électrométallurgiste et il fut bientôt rejoint par George C. Mackenzie, chef de la Division de la Métallurgie et de la préparation des minéraux qui était alors responsable de la construction de l'usine Ingalls. A la fin de 1913, la proposition d'Ingalls voyait le jour: elle concernait un four de préchauffe, un four à fusion électrique et une petite usine Wetherill pour l'oxyde de zinc. Les tests se poursuivirent jusqu'à la fin d'avril 1914. Dans les rapports sommaires de 1914, pp. 4-5, on signalait qu'un compte rendu de toute cette recherche sur le zinc allait paraître et engloberait les tests de McGill, les tests à plus grande échelle de Nelson et les tests d'un fourneau électrique de Johnson à Hartford, Connecticut dont avaient été témoins B.F. Haanel, Mackenzie, Parsons, et Leverin de la Direction des Mines.

Ce rapport n'a pas paru mais le rapport 428 de la Direction des Mines écrit par A.W.G. Wilson en 1916, "La production de zinc au Canada", en analysait les aspects économiques pour le Canada et les États-Unis. Il en venait à la conclusion qu'une usine de fusion du zinc n'était pas réalisable et signalait que les procédés électrolytiques, s'ils s'avéraient rentables, pour-

raient convenir aux minerais de la Colombie-Britannique. Pendant ce temps, on terminait à Trail la construction d'une usine électrolytique qui commençait à fonctionner en 1916. Le coût total de ce projet, réparti sur trois ans entre 1912 et 1914, était de \$46 682.

A part la recherche importante dont nous venons de parler sur la fonte du zinc par électrothermie, la section s'occupa peu de ce métal. C'est ainsi qu'entre 1910 et 1920, on fit des essais sur moins de dix échantillons de minerai de zinc ou de zinc-plomb aux Laboratoires d'Essais des minerais. Au cours de ces essais, on utilisait le plus souvent les techniques conventionnelles de séparation par gravité ou magnétisme. Il faudra attendre la décennie suivante pour constater des progrès significatifs dans les techniques de flottation différentielle et sélective pour résoudre les problèmes de séparation des sulfures mixtes.

Le molybdène

Avant la première guerre mondiale, le Canada produisait peu ou pas de molybdénite. Mais en 1915, le Colonial Institute of London, en Angleterre, institution consacrée aux ressources, envoya des circulaires au pays de l'Empire britannique au sujet du molybdène. Cette démarche avait été entreprise parce que l'Angleterre avait besoin de plus en plus d'aciers durcis pendant la guerre et qu'il devenait évident qu'il n'y aurait pas assez de tungstène.

La concentration des minerais de molybdène devint un projet prioritaire à la Direction des Mines. W.B. Timm fit le tour des sites miniers les plus prometteurs et ramena des échantillons. Il fallut ensuite traiter ces minéraux. On essaya plusieurs méthodes: par gravité, électrostatique et même une machine à vent à cause de la consistance en paillettes ('genre mica') de la molybdénite. C'est la méthode de flottation sur couche d'eau qui donna les meilleurs résultats. On utilisa un séparateur Woods modifié de Denver. En 1917, on abandonnait le broyage à sec et la concentration sur couche d'eau pour les remplacer par le broyage humide et la flottation à l'huile dans des cuves pneumatiques Callow. Un concasseur spécialement conçu pour la molybdénite fut construit et utilisé à l'échelle commerciale, rue Booth. C'est ainsi qu'en 1916 on traita 2397,4 tonnes de minerai pour la récupération de 43,6 tonnes de sulfure de molybdène et en 1917, on traitait 1 657 tonnes pour la récupération de 40,5 tonnes de sulfure de molybdène. Le bureau d'Ottawa de la Commission impériale des Munitions convenait avec la Direction des Mines qu'elle procéderait au broyage et aux essais de la Commission en vue des approvisionnements de minéraux métalliques et de minerais que réclamaient les militaires. La Commission signait des contrats indépendants avec des mines plus importantes, comme dans le cas de l'International Molybdenum Company d'Orillia, en Ontario. Il en coûtait \$5.65 la tonne pour traiter le minerai et la valeur du sulfure du

molybdène était fixé à \$1,00 la livre.

En plus de ce projet, quelque 30 échantillons de molybdénite furent essayés entre 1910 et 1920 dans le laboratoire d'Essais des minéraux. Aucun autre minéral ne fit l'objet d'autant d'essais: le minéral de fer fit l'objet de 25 essais et le minéral de tungstène de 10 essais; les essais effectués pour ces trois minéraux représentent 40% des 140 essais qui furent effectués jusqu'à la fin de 1920, date du départ de Haanel.

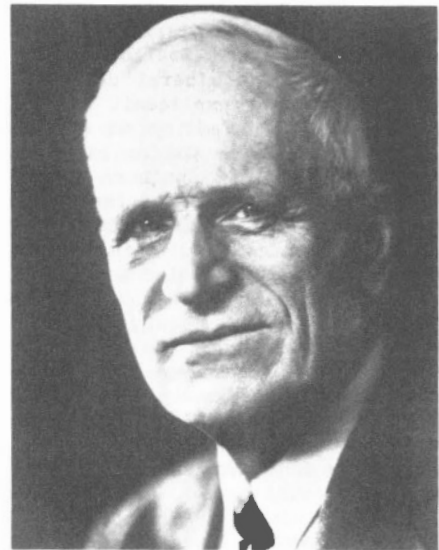
Le cobalt

Les premières recherches sur le cobalt et ses utilisations furent effectuées par Haanel en 1912. Cette recherche fut sans doute motivée par le fait que les industriels n'appréciaient pas la valeur du cobalt des minerais mixtes d'argent et de cobalt qu'on extrayait à Cobalt en Ontario. Haanel avait visité cette mine en 1906. En 1912, il s'entendait avec le docteur H.D. Kalmus, Directeur du Laboratoire de recherche de chimie appliquée et de métallurgie de l'École des mines à Kingston pour qu'il entreprenne une recherche complète à ce sujet. On peut dire que c'est cette recherche qui marquait l'intérêt nouveau de la Direction des Mines dans la métallurgie physique.

Le programme de recherche devait comprendre les projets suivants: (1) la préparation de cobalt métallique par réduction de l'oxyde, (2) les propriétés physiques au cobalt métallique, (3) le plaquage électrolytique de cobalt, (4) les alliages de cobalt à propriétés anti-corrosives, (5) les propriétés magnétiques du cobalt et du ferrocobalt. Les travaux initiaux de ces projets firent l'objet de comptes rendus dans les rapports sommaires de 1912, pp. 94-107, 1913, pp. 99-101, et 1914, pp. 131-143; mais tous les travaux ont paru dans cinq rapports indépendants de la Direction des Mines entre 1913 et 1916. A un moment donné, Kalmus avait même quatre assistants et cette opération coûta au total environ \$33 580 (MB Rap. textes anglais nos 259, 309, 334, 411 et 413; textes français nos 210, 310, 335, 412 et 414.)

Le cuivre

Quand il fut engagé en 1909 à l'âge de 36 ans, on confiait au docteur Alfred W.G. Wilson la tâche d'évaluer l'industrie canadienne du cuivre pour en faire un compte rendu éventuel dans une monographie. A cause de ses qualifications et de la date de son entrée en fonction, il était le second en importance après le Directeur. Si l'on tient compte également de ses 32 ans à l'emploi de la Direction des Mines, il paraît approprié de fournir un résumé de sa formation et de son expérience avant son entrée en fonction à la Direction des Mines. Wilson est né en 1873 à Cobourg, en Ontario, où il s'inscrivit à l'Université Victoria et à l'Université de Toronto. En 1893, il devenait Bachelier des Arts en sciences naturelles (avec mention et médaille d'or). Pendant une année supplémentaire à



A.W.G. Wilson, Chef de la Division des Gisements métallifères (devenue la Division des Ressources minérales)

l'Université de Toronto, il obtint une formation dans les essais, la pétrographie, l'analyse chimique, et la chimie industrielle. Après l'obtention d'un diplôme de l'École normale de l'Ontario, il enseignait les sciences dans les écoles secondaires de l'Ontario. Entre 1898 et 1901, il fit des études avancées en géologie à l'Université Harvard où il obtenait un doctorat. Il recevait ensuite une formation en génie des mines à l'Université Columbia de New York ce qui lui permit de travailler pendant quatre ans à l'Université McGill, enseignant la géologie et suivant un cours de géologie appliquée. Durant les saisons estivales de cette période, il travaillait à son compte surtout sur des problèmes de génie. Entre 1906 et 1909, il travailla à plein temps comme consultant. La plupart de ses travaux, en relation avec les chemins de fer, comportaient l'évaluation de différents sites miniers. Il possédait une grande habileté mécanique, qui lui permit d'apporter une contribution spéciale durant la Première Guerre mondiale en inventant un nouveau procédé pour la fabrication d'obus à balles.

Dès son entrée en fonction, il faisait l'inspection des mines et des sites de cuivre des Cantons de l'est du Québec, où la seule mine en fonction était celle d'Eustis. Il en venait à la conclusion que les mines et sites abandonnés ne contenaient pas suffisamment de minéral pour une exploitation commerciale. Pour assurer la rentabilité, il faudrait n'exploiter que les poches les plus riches et que le minéral soit fondu dans une fonderie centrale spécialisée. Il visitait également la mine abandonnée d'antimoine de

Nicolet et faisait l'examen de quelques gisements de magnétite et d'hématite près du lac Mégantic. Il faisait ensuite, en 1910, des relevés de minerai de cuivre dans les Maritimes et en Ontario. Il visitait ensuite les champs miniers de la Nouvelle-Ecosse d'où les minerais cuprifères étaient expédiés aux Etats-Unis et au pays de Galles. Il recommandait dans son rapport (inclus dans le rapport sommaire de 1910, pp. 67-75) de préparer des relevés géologiques détaillés et des cartes pour trois régions de l'Ontario - (1) le centre de l'Ontario, comprenant la portion nord du Comté d'Hastings, (2) la rive nord du lac Supérieur, et (3) la rive est du lac Supérieur (Keweenaw). Pour cette dernière région, le docteur A.C. Lane, qui était autrefois géologue de l'Etat du Michigan, coopéra avec Wilson en lui fournissant des renseignements sur les forages de la Calumet and Hecla Mining Company à Port Mamainse, en Ontario. Ces renseignements ont paru en 1911 dans le Bulletin numéro 12 (MB Rep. 111); Lane en esst l'auteur et Wilson en a écrit l'introduction. En 1910, Wilson se rendit également visiter des mines et des fonderies aux Etats-Unis où le minerai de cuivre était semblable; il visitait également d'autres régions du Québec et de l'est du Canada.

Durant les cinq années qui suivirent, Wilson se partagea entre le recueil de données pour une monographie sur le cuivre et l'obtention de renseignements sur les pyrites pour la fabrication de soufre. Il effectuait également d'autres tâches, à la demande de Haanel, selon les besoins; par exemple, dans le rapport sommaire de 1912, Wilson rend compte des dépôts minéraux (fer, cuivre, houille) dans la Baie Sainte-Marie, en Nouvelle-Ecosse. Cette recherche s'était effectuée à la demande de C. Jameson, député de Dibby; en conclusion, on constatait l'absence de minéraux à caractère économique. Dans le rapport sommaire de 1913, on trouve des comptes tendus du Directeur (p. 7) et de Wilson (pp. 26-27) qui donnent des détails sur une recherche effectuée par Wilson dans une mine de Nelson en Colombie-Britannique et dans des sites de cette région. Le minerai devait contenir du platine mais les échantillons prélevés par Wilson ne révélèrent ni platine ni aucun métal du groupe du platine. Dans le rapport sommaire de 1915, un court rapport, pp. 26-35, porte sur l'extraction des minerais d'antimoine.

En ce qui concerne le projet d'une monographie sur le cuivre, on décidait alors de produire deux rapports, dont l'un traiterait de l'extraction et du traitement et l'autre de la fonte. Ce dernier sujet fut traité dans un rapport paru en 1913 et fut bien reçu au Canada et à l'étranger (33). Le rapport sur la production de cuivre ne put paraître à cause de contraintes et de l'évolution brusque de la situation découlant de l'état de guerre. Alors que la production de cuivre en 1914 s'élevait à environ 74 millions de livres, elle passa à 103 millions de livres en 1915. Wilson prépare également pour le rapport sommaire de 1915 un rapport préliminaire, pp. 13-25, qui s'intitule 'Possibilités de la production de cuivre raffiné au Canada': les

parties de ce texte traitent de la production du cuivre, du pour et du contre de l'établissement d'une raffinerie au Canada et de l'organisation d'une raffinerie. La production de cuivre de la Colombie-Britannique représentait à cette époque presque les deux tiers de la production canadienne, y compris celle de l'Ontario et du Québec. Wilson indiquait que la côte de la Colombie-Britannique se présentait comme un endroit stratégique pour une raffinerie parce que la plus grande partie de la production du cuivre dépendait de la mine Britannia desservie par le Howe Sound et de la mine Anyox desservie par le canal Portland. Il aurait préféré une compagnie canadienne, comme Cominco, pour l'établissement d'une telle raffinerie. Trail possédait depuis 1902 une raffinerie électrolytique de plomb; les raffineries de zinc et de cuivre, les premières au Canada, furent construites en 1916.

Les pyrites

Bien que les pyrites soient des sulfures métalliques, leur intérêt pour le Canada était surtout comme source de soufre jusque après la Deuxième Guerre mondiale et la période avant la production à grande échelle de gaz naturel acide.

Dès 1909, Wilson, à sa première visite au Québec pour une étude du cuivre, fut frappé de voir les énormes quantités de pâte de bois que l'on exportait surtout vers les Etats-Unis. Il pensait bien sûr à la demande potentielle en soufre dans une industrie canadienne des pâtes et papiers. Dans son rapport sommaire de 1909, il fournit des données sur l'exportation du bois et des pâtes de bois qui s'élève à près de \$9000.00. L'une de ses déclarations est révélatrice, par rapport aux opinions exprimées de nos jours: "Ce n'est que depuis les dernières années que plusieurs des entreprises commerciales canadiennes ont reconnu le principe qui est presque fondamental à toute opération rentable - savoir que les profits s'accroissent dans toute entreprise quand cette entreprise vend des produits finis - la source des matériaux bruts et leur transformation doivent être contrôlés par la même entreprise" (34).

Wilson se remit à l'étude des pyrites en 1911 à cause surtout des demandes d'importation de plus en plus importantes des industriels américains, surtout pour la fabrication d'acide sulfurique. La majeure partie des minerais de pyrites importée alors aux Etats-Unis venait d'Espagne. La situation canadienne pour la période allant de 1906 à 1911 montre que la production, qui dépend surtout de l'Ontario et du Québec, s'élève de presque 43 000 tonnes à presque 83 000 tonnes alors que seulement 32 302 tonnes sont exportées en 1911. Wilson pensait que l'on pourrait exporter plus de 200 000 tonnes. Il pensait qu'une association des producteurs de pyrites pourrait aider les petits producteurs à mettre en marché leurs produits. Il se demandait s'il était possible de développer un marché canadien important du soufre pour

les besoins de l'industrie canadienne des pâtes et papiers. Il recommandait la préparation d'un rapport sur les pyrites qui parut en 1912 (35). Wilson rédigea un rapport sur le procédé Hall pour la désulfuration des minerais sulfurés par distillation du soufre pour l'amener à la forme élémentaire dans une atmosphère réductrice tout en visant une production minimale d'hydrogène sulfuré et d'anhydride sulfureux (MB Rep. 1913, pp. 27-30). Ce procédé était breveté dans plusieurs pays et devait être mis à l'essai dans une fonderie de cuivre de Californie; aucun document de la Direction des Mines ne parle plus cependant de ce procédé. Parmi les tâches qu'il accomplit durant la guerre, Wilson assistait en 1917 à St. Louis, Missouri, à une réunion convoquée par le Comité américain des minéraux utilisés en temps de guerre, où il était question d'importer des pyrites du Canada en plus grande quantité pour satisfaire à la demande des Etats-Unis.

Notons qu'A.H.A. Robinson, qui avait pendant deux ans fait partie de la Division des Combustibles, fut rattaché en 1913 à la Division des Gisements métallifères; Il travailla alors avec E. Lindeman à l'analyse d'échantillons de minerais de fer, jusqu'à la démission de ce dernier en 1915. Wilson et Robinson (le premier pendant une partie seulement de la saison de 1918) firent l'analyse de gisements de pyrites et de pyrrhotite en Ontario, au Québec et dans les Maritimes. Au Québec, Robinson se rendit compte qu'aucun nouveau gisement n'avait été découvert dans les Cantons de l'Est à la suite de la parution du rapport écrit en 1915 par J.A. Bancroft, du Ministère des Mines du Québec 'Rapport sur les gisements de cuivre dans les Cantons de l'Est de la Province de Québec'. Dans les Maritimes, il lui parut qu'il n'y avait pas de gisements prometteurs à part celui de pyrrhotite près de St. Stephen, au Nouveau-Brunswick. C'est au nord et au nord-ouest de l'Ontario qu'il passa la plupart de son temps. Le rapport qu'il fait dans un rapport sommaire de 1918 se divise en cinq parties: les gisements accessibles par le chemin de fer de la Canadian Northern entre Fort Frances et Sudbury; une mine active de pyrites de fer au lac Nickel, dans le district de Sudbury; les gisements accessibles par le chemin de fer du Canadian Pacifique entre Kenora et Sudbury; les gisements accessibles par le chemin de fer Transcontinental National entre Winnipeg et Cochrane; les gisements accessibles par le chemin de fer du Témiskaming et du Nord de l'Ontario entre North Bay et Cochrane (MB Rep. 1918, pp. 15-46).

On s'attendait à une second édition de 'Pyrites au Canada' mais elle ne fut jamais menée à terme.

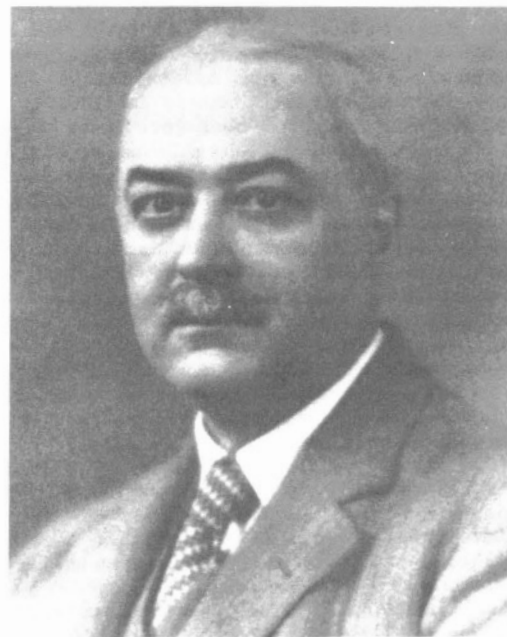
L'OR

L'exploitation de veines

Il n'est pas surprenant qu'Haanel, étant donné qu'il s'était intéressé très tôt aux mines du Yukon et

placers aurifères qui étaient en déclin depuis les sommets atteints en 1900, ait délégué en 1912 un ingénieur des mines de Montréal, T.A. MacLean, pour rendre compte de l'exploitation des veines du Yukon, surtout dans le district minier de Dawson, centre de la 'ruée vers l'or' quelques années plus tôt (36). MacLean devait passer les saisons de 1912 et de 1913 à ce travail. Plusieurs concessions minières de quartz avaient été jalonnées, certaines avant 1900, mais avec des résultats décevants. L'association minière du Yukon demanda l'aide du gouvernement canadien pour l'évaluation des gisements aurifères de son territoire. Il faut se souvenir que la production aurifère, qui s'était élevée à environ 1 000 000 d'onces en 1901, avait chuté à 250 000 onces en 1912; l'exploitation des veines ne produisait plus que 500 onces environ qui provenaient essentiellement de la mine Lone Star. McLean fit le tour des 48 concessions dans le district minier de Dawson; pour la plupart, l'exploitation en était désordonnée et c'est tout juste si on avait fait le travail d'estimation de la concession. Il prélevait deux cent quatre-vingt-huit échantillons qui révélaient de l'or libre brut par places avec beaucoup de quartz stérile, ce qui confirmait l'idée générale des géologues sur la nature détritique des gisements aurifères. On ne trouvait pas de minerais à haut rendement.

Il se rendait également dans la région de Dublin Gulch dans le district minier de Duncan Creek à quelque cinquante milles au nord-ouest, empruntant pour ce trajet une piste au départ de Mayo. Cette municipalité



A.H.A. Robinson, ingénieur adjoint

allait devenir plus tard le centre d'une exploitation minière à haut rendement d'argent et de plomb mêlés à de faibles quantités de zinc; cette exploitation était située sur le fleuve Stewart à 168 milles en amont de son confluent avec le fleuve Yukon (Lewes). Le prélèvement d'échantillons fut effectué dans six groupes de concessions: tous révélèrent de l'or complexe très fragmenté dans un minerai contenant également du fer et de l'arsenic, ce qui, selon McLean, rendait l'extraction difficile. Ce facteur et les difficultés d'accès l'amènèrent à calculer que le prix de revient du traitement du minerai reviendrait à \$8.00 par rapport à \$3.00 ou \$4.00 ou moins dans la région de Dawson. Il n'était nullement convaincu que ces gisements pourraient un jour devenir productifs. Au cours d'un second voyage qu'il fit en 1913 dans cette région, il faisait l'analyse d'un plomb riche en argent qu'on venait de découvrir dans Galena Creek, tributaire du fleuve McQuesten, à 17 milles de la route de Dublin Gulch. Il fournit des informations sur cette concessions dans le rapport sommaire de 1913, p. 38, mais non dans le rapport final. Soixante-dix-sept échantillons furent prélevés et l'analyse en est donnée dans le rapport final.

McLean se rendait également dans les districts miniers de Whitehorse et de Conrad au sud du Yukon où on avait trouvé des minerais de cuivre et de plomb contenant de l'argent et de l'or. La mine de Grafter dans le district de Whitehorse, dont l'exploitation était la plus importante lors de la visite du docteur Haanel en 1901, s'était développée quelque peu, mais la principale mine en 1912 parut être celle de Pueblo où l'on s'attendait pour cette seule année à l'extraction de 30 999 tonnes de minerai.

Des six échantillons prélevés dans la zone du cuivre de Whitehorse, il s'avéra aux essais que celui de Valery contenait près de 19% de cuivre et que 12 échantillons provenant de gisements de quartz et d'or à 10 milles à l'est de Whitehorse contenaient peu de traces d'or.

McLean se rendait alors dans le district minier de Conrad au sud de Whitehorse près de la frontière de la Colombie-Britannique où il faisait la collection de 59 échantillons provenant de prélèvements d'essais et de mines dans les sections de Wheaton et de Windy Arm. Dans la première région, la prospection était limitée à cause des difficultés d'accès et des coûts élevés de transport. Dans la section de Windy Arm, plus proche du chemin de fer Yukon et White Pass, il y eut possibilité de faire plus de prospection et d'extraction surtout dans la concession de Venus où on avait bâti une usine qui fonctionnait depuis plusieurs mois. On disait que le Colonel J.H. Conrad et ses associés avaient dépensé plusieurs centaines de milliers de dollars entre 1905 et 1912 pour leur exploitation quand les concessions furent abandonnées. Les raisons exactes de cette décision ne sont pas connues.

A cet endroit, on trouvait des veines de quartz recélant de l'or, de l'argent, de la galène, et d'autres minéraux. Dans la section de Windy Arm, la galène argentifère prédominait avec de bonnes proportions d'argent.

Selon toute apparence, on se proposait de diffuser les résultats des essais des échantillons ramassés pendant le projet pour ranimer l'intérêt dans l'étude de ces régions et pour stimuler des collectes et un développement plus systématiques, et pour installer des mines dans les prospections prometteuses.



Minerai déversé d'une tranchée ouverte dans une gouttière, mine Lone Star Yukon



Entrée principale et poche de minerai de la mine Venus, au Yukon

Cependant, il ne paraît y avoir eu d'activité subséquente dans aucun des districts étudiés par McLean.

McLean visita la région de White River dans le sud-ouest du Yukon. Il emprunta une très mauvaise piste entre la ville de Dawson et la ville de Canyon où devaient se trouver de l'or, de l'argent et des minerais de cuivre amygdaloïdes. Les prospecteurs de cette région demandaient alors au gouvernement canadien de construire un chemin de fer pour pouvoir exploiter ces minerais de cuivre. McLean n'entrevoit pas la possibilité d'une exploitation significative dans cette région mais il n'écartait pas l'éventualité d'une exploitation rentable.

Les études spéciales

Entre 1915 et 1919, Wilson dut accomplir ses travaux au Ministère en même temps qu'il devait collaborer avec les agences militaires. En 1915, il fut nommé consultant au Comité canadien Shell et peu après conseiller au Bureau du commerce en temps de guerre, à propos des pyrites et du soufre. Mais il était également appelé pour d'autres motifs techniques; par exemple, à la suite d'une décision du Bureau du commerce en temps de guerre, Wilson et S. Barr de la Cement Canada Company firent l'inspection aux Etats-Unis de 11 installations où la potasse était récupérée à partir des gaz d'échappement. Wilson faisait paraître le bulletin numéro 29 (MB Rep. no. 507) en 1919.

En 1916, Haanel nomma Wilson responsable de la préparation d'un rapport spécial sur le molybdène et ses applications industrielles en même temps qu'il devait effectuer une recherche préliminaire sur les industries chimiques du Canada, surtout quant au rôle des minéraux dans ces industries. Cette dernière étude était d'une importance toute particulière pour les agences en temps de guerre. Cependant, les deux rapports ont paru beaucoup plus tard, le premier sur les industries chimiques en 1924 (37), le second sur le molybdène en 1925 (38). Dans le rapport sommaire de 1920, aux pages 5-8, Wilson donne un aperçu de son travail sous le titre 'Le développement des industries chimiques et métallurgiques du Canada'. Il y développe plusieurs arguments que l'on entend encore aujourd'hui, comme l'importance à accorder aux industries minières dans l'accroissement de la richesse du pays, la proportion importante des produits utilitaires qui découlent de l'exploitation minière, et le petit pourcentage de la population qui produit au départ les ressources minérales. Il mettait en relief l'importance des importations de produits miniers, les estimant à la moitié des importations totales de toutes les marchandises et de tous les biens de consommation qui en 1919 s'élevaient à presque \$920 millions; il suggérait également qu'il devait y avoir place pour une plus grande utilisation domestique des ressources minières canadiennes, ce qui était une excellente raison pour effectuer une telle étude en temps de paix.

Après la retraite de Haanel et la réorganisation de la Division en 1921 sous l'impulsion d'un nouveau Ministre et d'un nouveau Sous-ministre, il est intéressant de noter que c'est A.W.G. Wilson qui devint Chef de la Division des Ressources minières.

LES MINÉRAUX INDUSTRIELS

Selon la politique du Ministère de l'Intérieur, Haanel faisait porter sur les minéraux non métalliques la majeure partie des efforts de la Direction des Mines. Il reconnaissait que les minéraux non métalliques de plusieurs variétés se prêtaient à l'extraction et au traitement pour des usages domestiques ou pour l'exportation.

Au moment où était constitué le Ministère des Mines, il n'y avait que trois ingénieurs professionnels - Nyström et E. Lindeman, et à titre temporaire B.F. Haanel - dont le temps était accaparé par l'étude des métaux et des combustibles. La consigne qu'il leur donnait était de préparer des rapports pour informer non seulement sur les gisements et les propriétés des minéraux mais également sur leur conversion en des produits à usage spécifique.

Durant la période 1907-1909, deux autres professionnels, Howells Fréchette et A.W.G. Wilson furent engagés, puis en 1910, H.S. de Schmid et L.H. Cole. Fréchette, homme dévoué et modeste, resta au service de la Direction des Mines pendant 38 ans; son premier travail l'avait fait participer au programme du fer en 1908. De Schmid fut affecté à des travaux sur le mica au Québec et en Ontario, et Cole passait sa première saison à travailler sur les métaux en Ontario. En 1911, quand fut arrêtée l'organisation formelle de la Direction des Mines, Fréchette devint Chef de la Division des Gisements non métallifères alors que Cole et de Schmid devenaient ses ingénieurs assistants. S.C. Ellis fut engagé à la Division en 1913. Comme nous l'indiquions précédemment, son intérêt principal portait sur les sables bitumineux de l'Alberta.

L'analyse de petits échantillons s'effectuait au laboratoire chimique central mais des échantillons plus importants pour des tests de traitements étaient étudiés au Laboratoire de préparation des minerais. On faisait l'examen de 140 gros échantillons durant la période 1911-1920; de ces échantillons, 19 peuvent être décrits comme des minéraux industriels - six de graphite, deux de fluorite, 4 de soufre (pyritique), et un échantillon chacun pour le corindon, le grenat, la silice, le grès, la magnésite, la baryte et l'euxénite. L'analyse de ces échantillons s'effectuait vers la fin de la période.

Quand il fut nommé chef de la Division des gisements non métallifères en 1911, H. Fréchette fit une évaluation des minéraux non métalliques utilisés par l'industrie manufacturière canadienne. A la suite d'une

entente avec l'Association manufacturière canadienne, il envoyait un questionnaire à la plupart de ses membres. En ce temps là, on ne possédait aucune liste des manufacturiers. La Direction des Mines contactait et visitait 1313 firmes: parmi elles, 1097 étaient de véritables manufactures, et 740 utilisaient des minéraux non métalliques, pour un total de 50 industries différentes. En importance numérique c'est le graphite qui venait en tête; 198 firmes l'utilisaient dans la fabrication de leurs produits; venait ensuite le sable de moulage dans 192 firmes. L'argile venait en troisième position. Les données pour un rapport extensif furent révisées jusqu'au commencement de la Première Guerre mondiale mais ne furent jamais incluses dans un rapport.

L'amiante

Durant la première période, 1901-1907, F. Cirkel, de Montréal, qui avait rédigé les premiers rapports sur le mica, l'amiante et le graphite en 1905, fut mandaté en 1907 pour produire la section Ontario du rapport que l'on se proposait d'écrire sur les industries minières et métallurgiques canadiennes. En 1908, on lui demandait également de mettre à jour le rapport de 1905 sur l'amiante, surtout en raison d'une pétition qu'accompagnait une lettre datée du 11 juillet 1908 de P. Anger, notaire de Québec, qui représentait les parties intéressées dans le développement de l'industrie de l'amiante du Québec. On demandait un ingénieur de compétence reconnue pour (1) identifier clairement la nouvelle zone d'amiante de Broughton, (2) faire paraître une nouvelle édition de la monographie de 1905 sur l'amiante, qui inclurait les nouveaux relevés et les conditions les plus satisfaisantes du point de vue industriel. La pétition soulignait que les industriels avaient tiré avantage de la première monographie. A ce



L.H. Cole, ingénieur assistant



H. Fréchette, chef de la Division des Gisements non métallifères (RCM, 1930)



H.S. de Schmid, ingénieur assistant (devenu plus tard H.S. Spence) (RCM 1930)

moment-là, il y avait trois mines et usines qui produisaient au total 800 tonnes d'amiante par jour, et deux autres mines en construction qui ajouteraient 600 tonnes par jour. Cette nouvelle monographie parut en 1910 (39).

Le gypse et le sel

W.F. Jennison, du groupe Jennison et Dahl, fut

engagé en 1907 pour les sections de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick du rapport sur les industries minières et métallurgiques canadiennes. En 1908, à la fin de son mandat, on lui demandait d'effectuer une étude sur l'industrie du gypse en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick, en incluant les Iles de la Madeleine du Québec, ce qui fut fait durant les étés de 1908 et 1909, avec rédaction d'un rapport (SM Rap 84 en anglais et 233 en français). Au moment où il effectuait ces relevés, l'extraction de la majeure partie du gypse était faite par des compagnies américaines qui expédiaient leur produit brut dans leur pays pour son traitement.

L.H. Cole fut assigné à l'étude du gypse et du sel en 1911. Il passait cette année et la suivante sur le terrain dans le centre et l'ouest du Canada et dans les Maritimes. Les études qui en résultèrent ont paru dans deux monographies séparées, une sur l'industrie du gypse en 1913 (40), l'autre sur l'industrie du sel en 1915 (41). En 1913, il passait une partie de la saison à étudier les sources salines du Manitoba; cette activité est rapportée dans le rapport sommaire de 1913, pp. 50-53.

Le mica

Aussitôt après sa nomination en 1910, H.S. de Schmid se voyait confier la tâche de mettre à jour les données sur le mica en vue d'une seconde édition de la monographie sur cette ressource qu'avait rédigée Cirkel en 1905 et qui était alors épuisée. C'est ainsi qu'il passait l'été 1910 en Ontario et au Québec pour renouveler ces données. Il rendait visite à quelque 200 concessions, dont la plupart au Québec, qui avaient dû fermer leurs portes suite à la baisse de la demande du mica. La seconde édition de la monographie sur le mica parut en 1912 (42). En 1913, De Schmid rapporte des gisements de mica dans les districts de Tête Jaune Cache et de Big Bend de la Colombie-Britannique en des endroits à altitude haute et peu accessibles.

La pierre de taille

Le docteur W.A. Parks de l'Université de Toronto fut engagé en 1910 pour faire des relevés des pierres de construction et de décoration, ce qui incluait le granit, le marbre et la pierre calcaire. Ce travail se poursuivit pendant sept saisons pour faire l'objet d'un rapport de cinq tomes parus séparément entre 1912 et 1917 (43). Par cette démarche remarquable, Haanel paraissait vouloir attirer l'attention sur la nature diversifiée des ressources minières canadiennes et montrer l'importance qu'il donnait à l'utilisation domestique des produits minéraux.

Le phosphate et le feldspath

H.S. de Schmid passait une partie de 1911 et toute l'année de 1912 à évaluer l'extraction du phosphate et du feldspath au Canada et les intérêts en jeu

dans leur exploitation. En 1911, il n'y avait qu'une production réduite de phosphate qui était associé avec le mica que l'on extrayait principalement de la rivière du Lièvre près de Buckingham, au Québec. Deux sociétés de Buckingham fournissaient tout le phosphate en 1911: la Electric Reduction Company et la Capleton Chemical and Fertilizer Company. Le prix du phosphate canadien était plus du double du prix américain, ce qui freinait l'expansion industrielle. On assistait à une diminution progressive dans la production du phosphate: de 20 000 tonnes, ce qui inclut une petite unité de production ontarienne, on passait à 1478 tonnes en 1910 pour descendre à 621 tonnes en 1911.

C'était le contraire pour le feldspath. Le principal producteur était la Kingston Feldspar and Mining Company qui possédait des mines à Portland et à Bedford en Ontario. La compagnie avait extrait jusqu'à 100 tonnes par jour de feldspath de haute qualité dont la plus grande partie était expédiée aux États-Unis. Le feldspath blanc canadien était concurrentiel, même à un prix supérieur, avec le minéral moins pur qu'on trouvait au sud de la frontière. La production canadienne en 1910 était de 15 809 tonnes, puis en 1911 de 17 723 tonnes. D'autres mines et gisements furent inspectés par de Schmid en Ontario et au Québec mais les échantillons n'étaient pas aussi purs. La monographie sur le feldspath du Canada fut écrite en 1916 par de Schmid (44).

En 1915, de Schmid vérifia un rapport sur la découverte d'un gisement de phosphate près de Banff. On crut alors qu'il pouvait s'agir d'une prolongation des riches couches du Montana mais il s'avéra que cette couche était mince et pauvre en acide phosphorique. Le Bulletin numéro 12 décrit cette recherche "Recherche sur rapport de découverte de phosphate à Banff, en Alberta" par H.S. de Schmid (SM Rap. no 385, en anglais, 1916; rap. no 386, en français, 1917). En 1916, De Schmid et son assistant, C.W. Greenland, effectuèrent des relevés de reconnaissance au sud de Banff vers la frontière de Montana, passant par les lacs Spray, les lacs Kanasaskis et la rivière Elk jusqu'à Michel en Colombie-Britannique. Ils faisaient en passant un relevé sur les roches de Blairmore-Frank. La couche de phosphate qu'on avait découverte à Banff allait jusqu'à Tent Mountain en Colombie-Britannique près de Crowsnest Pass. Cette couche était malheureusement beaucoup plus mince et l'acide phosphorique qu'elle contenait plus pauvre que celui de Banff. Pratiquement tous les schistes y compris ceux qui contenaient une certaine quantité de charbon, comme les schistes de Fernie, révélaient la présence d'acide phosphorique. On retarda la parution du rapport 'Le phosphate du Canada' de H.S. Spence à cause de la guerre, mais il parut en 1920 (45).

Le calcaire, le sable, et le grès

Pendant plus de cinq ans, Fréchette et Cole étaient occupés à la compilation de données sur le

terrain concernant les calcaires, les sables et les grès. Fréchette était responsable du rapport sur les calcaires et il faisait son travail de terrain d'une façon extensive au Québec et en Ontario. Il communiquait également des informations sur la magnésite du Québec. Il donnait un compte rendu de son travail dans les rapports sommaires des années 1914 à 1918 inclusivement.

Cole passait la saison de 1914 à l'évaluation des gisements de sable dans les vallées de l'Outaouais et du Saint-Laurent du côté québécois. Des 160 échantillons à l'étude, trois seulement s'avérèrent satisfaisants pour le moulage mais aucun ne convenait à la fabrication du verre. En 1915, Cole faisait des relevés dans les Cantons de l'Est, entre Lachute et Ottawa et dans la Vallée de la Gatineau. Cent quatre-vingt-sept échantillons de sable furent prélevés. Le reste de la saison fut consacré à l'installation d'un appareillage dans les laboratoires des matériaux de structure et de la céramique qui se trouvaient au sous-sol de l'édifice de la Direction des Mines, rue Sussex. La machinerie du laboratoire des matériaux de construction comprenait, entre autres, les machines Olsen suivantes: une machine à compression de 200 000 livres et une machine automatique de 2000 livres pour tester le ciment, qui servait à la fois pour les tests de compression et les tests de cisaillement.

Cole passait la majeure partie de son temps de l'été 1916 à étudier les procédures de tests et les utilisations du sable et des minéraux associés. Une bonne partie de son temps était également requise dans la préparation et l'équipement du laboratoire d'essais proprement dits, et à tester des échantillons de sable prélevés durant les saisons de 1914 et 1915. Il visitait quelques laboratoires aux Etats-Unis et s'adressait à la Commission de la voirie Toronto-Hamilton pour étudier les méthodes de test du sable. De plus il faisait l'examen et le recueil d'échantillons de sable à proximité de Hamilton.

A la suite d'une étude de plusieurs variétés Cole proposait une classification des sables, des grès concassés et du quartz selon l'utilisation.

- (1) les sables siliceux, les grès concassés, le quartz et la quartzite;
 - (2) le sable de moulage;
 - (3) le sable de construction;
 - (4) le sable pour la fabrication des briques;
 - (5) le sable pour autres usages.
- Cette liste clef permettait à Cole de préciser les possibilités de chacune des cinq classes:

(1) Les sables siliceux:

Utilisation dans la fabrication du verre et de la céramique; les sables siliceux pour des moules et, en métallurgie, les briques de silice; préparation du ferro-silicium, du carbure de silicium; enfin les sables pour la fabrication de matériaux de

toiture.

(2) Le sable de moulage:

Il fallait passer en revue toutes les propriétés et effectuer tous les tests pour les sables de moulage. Pour ces tests, il reçut l'aide de la Fonderie Alex Fleck et de la Fonderie de cuivre des frères Lawson, situées toutes deux à Ottawa. Le sable de moulage provenait d'un endroit situé à 2,5 milles à l'ouest de Brockville en Ontario. A ce sujet, Cole prépara en 1917, à l'occasion du colloque annuel du CIM, une communication intitulée "Les gisements de sable et les tests des sables de moulage de fonderie."

(3) Le sable de construction:

A utiliser dans le béton ou dans le mortier.

(4) Le sable pour la fabrication des briques:

On l'ajoute à l'argile pour empêcher une contraction trop importante ou on le saupoudre dans les moules à briques où à tuiles pour en empêcher l'adhérence.

(5) Autres utilisations:

Sables pour le sablage, sables qui entrent dans la composition des briques de sable et de chaux, sables abrasifs ou sables pour le meulage, pour le nettoyage des parquets, pour les installations de filtrage, sables de friction pour assurer la prise sur des rails glissants, et sables qui entrent dans un mélange avec l'asphalte.

Cole considérait que toutes ces utilisations pouvaient être satisfaites de l'intérieur du pays. Il passait la saison de 1917 en Nouvelle-Ecosse pour effectuer des recherches sur les grès en vue d'en faire de la 'pierre à pâte' et le reste de son temps au Québec et en Ontario à étudier les sables et les grès. Son travail de Nouvelle-Ecosse fait l'objet du bulletin numéro 19 (SM Rap. no 466, 1917). Il passait l'été de 1918 à étudier les ressources de silice et de sable de moulage de l'Ontario, du Québec et des trois provinces maritimes. Alors qu'il était en Nouvelle-Ecosse, il se rendit à l'endroit où l'on avait découvert pour la première fois au Canada du sel gemme près de Malagash, dans le comté de Cumberland. En 1919, Cole assista Keele, Chef de la Division de la Céramique, dans un relevé des matériaux de structure de la vallée du fleuve St-Laurent.

Le graphite

En 1916, de Schmid fit l'examen d'une venue de graphite près de Cranbrook, en Colombie-Britannique, mentionnée dans le rapport sommaire de 1916, pp. 34-35. Il s'agissait d'un minéral impur. Les militaires américains, en ce temps-là, demandaient beaucoup fournir de graphite en lamelles que le Canada ne pouvait. De Schmid, qui avait pris le nom Spence, fut chargé en 1917 de préciser la cause de cette disette. Il découvrit (a) qu'il n'y avait aucune méthode de concentration convenable; (b) que le travail de développement fait par les compagnies minières était insuffisant pour s'assurer qu'une usine serait

économiquement viable; (c) un autre empêchement venait du fait que des mines étaient situées en des endroits reculés. Le Laboratoire de préparation des minerais de la Direction des Mines faisait alors des tests de concentration du minerai de graphite et découvrait que la flottation à l'huile donnait lieu à une bonne séparation. Cependant, la guerre allait prendre fin et les besoins en graphite connurent une baisse considérable. Spence continua de colliger des données en vue de la rédaction d'une monographie sur l'industrie du graphite qui parut en 1920 (46), remplaçant ainsi le rapport de 1905 de Cirkel qui était épuisé.

Autres minéraux

Les minéraux industriels décrits plus haut ont reçu toute l'attention nécessaire. En plus, quand un membre du personnel était disponible, Haanel l'envoyait faire des enquêtes de terrain sur d'autres minéraux non métalliques. Parfois, même les métaux étaient étudiés par le même expert. C'est ainsi que de Schmid passa l'été de 1914 à étudier les minéraux suivants, décrits dans le rapport sommaire de 1914, pp. 53-59.

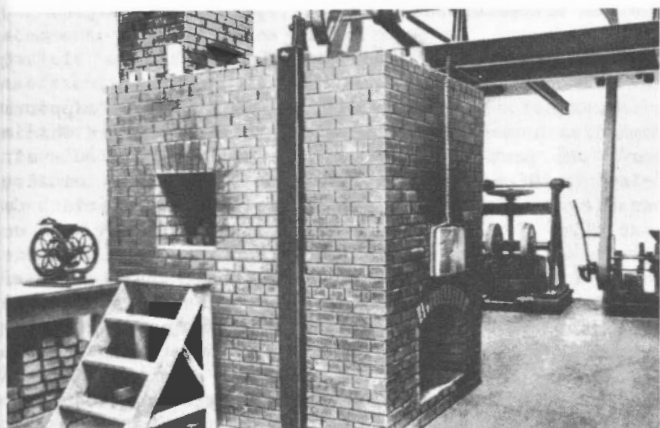
- (1) L'actinolite:
Une variété de l'amphibole, substitut de l'amiante; gisements dans les comtés de Hastings et de Lennox en Ontario.
- (2) La baryte:
Surtout en Nouvelle-Ecosse; exportée en majeure partie aux Etats-Unis; présence au Nouveau-Brunswick, au Québec (à Hull) et en Ontario. Malgré une consommation annuelle intérieure de 3500 tonnes distribuée entre 35 industries, il faut en importer 80%.
- (3) Le spath fluor:
Produit en Nouvelle-Ecosse à Chéticamp et en Ontario à Madoc. La consommation annuelle de 25 industries s'élevait à 10 540 tonnes dont 10 500 tonnes étaient importées et 40 tonnes seulement produites localement.
- (4) La terre à infusoires:
Le terre à infusoires, ou tripoli, principalement utilisée pour la préparation des poudres abrasives ou à polir. Une seule compagnie de la Nouvelle-Ecosse produit et exporte ce produit. Quelques 150 sociétés en utilisent de petits quantités et importent la totalité de ce qu'elles consomment.
- (5) Le talc:
Deux producteurs du comté de Hastings, en Ontario, ont une production conjointe en 1913 de plus de 12 000 tonnes. Il y a 170 sociétés canadiennes qui emploient le talc et leur consommation s'élève à 4000 tonnes de minerai domestique et à 750 tonnes de minerai importé. Dans la liste ci-dessus, le talc est le seul minerai dont la production est entièrement domestique.
- (6) La manganèse et le tungstène:
Ces minéraux métalliques furent inclus dans les relevés à cause probablement des demandes possibles que provoquait la Première Guerre mondiale. L'ex-

traction sur une petite échelle de la pyrolusite, ou dioxyde de manganèse, se fit à la fin du siècle dernier en Nouvelle-Ecosse et au Nouveau-Brunswick mais cessa parce qu'on pouvait en importer à un coût moindre de Russie et d'Inde. Quand de Schmid se rendit aux Maritimes, la mine Isabella dans le Comté de Richmond, au Cap Breton, fut réouverte par la Dominion Iron and Steel Company pour satisfaire à la demande de sa propre aciérie à Sidney. Il y avait également une mine qui fonctionnait à New Ross dans le comté de Lunenburg en Nouvelle-Ecosse; lors de la visite de Schmid, elle n'était pas ouverte, bien que l'on ait tout juste érigé une nouvelle usine de grande dimension. Les conclusions de Schmid furent que les gisements, bien que restreints, étaient riches et pouvaient alimenter les commerces des batteries, du verre, et des vernis. Quant aux gisements de tungstène dans les Maritimes, ils étaient pauvres.

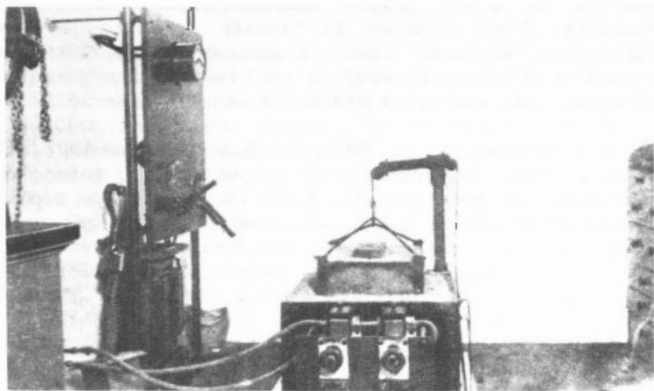
En 1919, Spence présentait un panorama des différents minéraux industriels que l'on pouvait considérer avoir une valeur potentielle pour les marchés intérieurs et extérieurs; il présentait d'abord le talc et la stéatite, la baryte, la célestite (sulfate de strontium) et la strontianite (carbonate de strontium); en 1920, ses études couvraient la baryte, la célestite, le talc, et la bentonite. Il mettait l'accent sur la collecte des données sur la baryte et le strontium, ce dernier probablement parce que la célestite pouvait remplacer la baryte dans la préparation des peintures et du caoutchouc. Une monographie sur le baryum et le strontium canadiens parut en 1922 (47).

La céramique

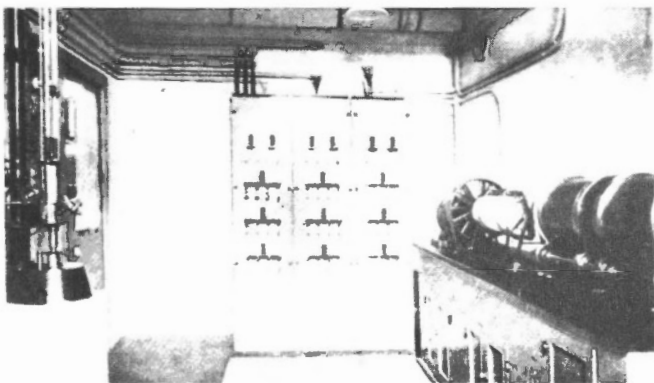
Haanel, dans ses nombreuses allusions aux objectifs de la Direction des Mines, utilisait les mots 'pratique', 'économique' et 'commercial'. Il ne se satisfaisait pas du travail sur le traitement des matières premières brutes; il voulait encore connaître l'utilisation ultime des matériaux. Toutes les monographies et rapports sur les ressources minières comportent des chapitres sur la mise en marché des produits tirés des ressources en question. Il s'intéressait à l'importation des produits commerciaux qui auraient pu être fabriqués à partir de ressources minières du Canada. Ainsi, dans son rapport de 1913, Haanel inclut une lettre au Ministre Coderre pour justifier la fondation de la Division de la Céramique. Il mettait en relief qu'en 1912, on avait dépensé au Canada \$17 millions pour l'achat de produits à base d'argile, dont 68% avaient été importés. Il rappelait que dès la période du Ministère de l'Intérieur il s'était intéressé à la conduite des relevés des argiles et des schistes du Manitoba; il citait également le rapport commandé par la Commission géologique en 1909 sur les ressources d'argile et de schiste du Canada, dont l'auteur avait été le professeur H. Ries de l'Université Cornell, assisté de Joseph Keele de la Commission géologique. Haanel faisait allusion à la



1



2



3

Laboratoire de la céramique, rue Sussex; 1 - fours à ciment et à briques; 2 - four électrique Hoskins pour tests d'argiles réfractaires; 3 - machine de choc et broyeuses à galets

demande d'une subvention du recteur Falconer de l'Université de Toronto pour aider l'Université dans la tenue de séances de 'démonstration' des travaux effectués dans les laboratoires de l'Université. Il s'opposait à cette subvention puisqu'elle n'aiderait pas au développement de l'industrie canadienne de l'argile et se montrait en faveur de la création d'un laboratoire de la Direction des Mines.

Ce laboratoire fut monté dans le sous-sol de l'édifice de la rue Sussex en 1915. Joseph Keele fut nommé Chef de la Division et N.B. Davis, ingénieur assistant. Keele s'arrangeait la même année pour effectuer un relevé de l'argile et des schistes de la région de Moncton au Nouveau-Brunswick et du nord et de l'ouest de l'Ontario. Davis passait l'été 1915 dans le sud de la Saskatchewan à étudier principalement les argiles pures, et complétait ces relevés durant la saison de 1916. Un rapport séparé parut en 1918 (48). Davis quittait son poste en 1917. Ce poste allait être vacant jusqu'en 1920 parce qu'aucun candidat valable ne fut proposé. Les fonctionnaires de la Commission géologique et de la Division des Mines aidèrent Keele en lui procurant des échantillons. Il était lui-même un dur travailleur comme le prouvent ses rapports individuels inclus dans les rapports sommaires entre 1915 et 1921. Dans ces rapports, il examine, aussitôt qu'ils sont connus, des gisements d'argile et de schiste dans tout le pays. Il indique des détails sur l'utilisation spécialisée des argiles: matériaux réfractaires,



Construction de l'annexe du bâtiment de la Direction des Mines, rue Sussex

structuraux, de poterie, kaolin, céramiques et métallurgiques.

A la demande du Bureau canadien de l'énergie en 1919, Keele et son assistant Cole effectuèrent un relevé des matériaux structuraux qu'on trouve le long du fleuve Saint-Laurent entre Prescott et Lachine. Le but de cette étude était de déterminer la nature de la couche rocheuse et des formations superposées non assujetties, parce qu'elles pourraient modifier l'accumulation des eaux ou provoquer le creusement et des déviations du chenal. Les résultats de ce travail parurent en 1922 (49). Keele retourna à l'emploi de la Commission géologique en octobre 1921.

Matériaux routiers

Le docteur Léopold Reinecke de la Commission géologique commençait une étude des matériaux routiers en 1913, parce que la Commission de la Voirie de l'Ontario avait demandé une étude urgente en raison de l'augmentation de la circulation automobile. Au début, les tests des matériaux furent effectués par des laboratoires à l'extérieur du Ministère. Ce fait conduisit le docteur Haanel en 1916 à faire ériger une annexe de deux étages à l'arrière de l'édifice de la Direction des Mines de la rue Sussex. Le laboratoire pour les tests des matériaux routiers fut équipé pour évaluer ces matériaux selon les tests établis par l'American Association for Testing Materials. Les travaux sur le terrain commencèrent la même année, en collaboration avec K.A. Clark, et deux assistants, R.H. Picher et H. Gauthier, sur les voies de circulation projetées entre Toronto et Montréal, de Port Hope jusqu'à la frontière du Québec, et entre Hull et Montréal. On prélevait également des échantillons des carrières qui alimentaient la région de Montréal. Reinecke se procurait des échantillons du bassin de la Rideau et de la Saskatchewan. En 1918, on fit des recherches au Manitoba, dans le parc des montagnes Rocheuses de l'Alberta et en Colombie-Britannique. On amassait des échantillons de roches, de gravier et de roche-mère de ces provinces et de la Nouvelle-Ecosse. De plus, on examina des échantillons de sol pour évaluer leurs aptitudes comme matériaux de revêtement. Le rapport sur les sables bitumineux de l'Alberta utilisés pour les routes rurales par G.C. Parker (voir la section sur les sables bitumineux) était incorporé au rapport de la Division pour 1918, pp. 194-200. En 1919, on examinait l'état des routes et du sol à Winnipeg et à Brandon, au Manitoba. On prélevait encore d'autres échantillons en relation avec les recherches qu'effectuaient Keele et Cole pour le Bureau canadien de l'énergie le long de la vallée du Saint-Laurent, de Morrisburg à la frontière du Québec, dans les comtés de Châteauguay et de Beauharnois au Québec, et à Renfrew, en Ontario. Clark quittait son emploi en 1920 et Gauthier, devenu Directeur, rédigeait le rapport de la Division pour cette année. Le Bulletin numéro 32, écrit par Picher sur le travail qu'il effectuait le long de la frontière du Québec jusqu'à Cardinal en Ontario,

dans la vallée du Saint-Laurent, parut en 1920 (50).

Division de la Chimie

Haanel, comme le signalent plusieurs rapports sommaires annuels, considérait la Division de la Chimie comme une part importante de la contribution qu'avait faite la Direction des Mines à l'industrie minière canadienne. Pour lui, il n'était pas question de considérer le Laboratoire central de chimie comme un service d'appoint. Il se rendait compte avec justesse que la complexité des minéraux requérait des procédures d'analyse complexes. Dès le début, des chimistes comme Wait, Connor et Leverin furent appelés comme consultants dans l'étude de minéraux spécifiques dans lesquels ils étaient spécialisés. Le Directeur se rendait compte également du rôle important de la chimie dans l'évaluation des limites économiques et commerciales de nos ressources; le rôle primordial qu'a joué la Direction des Mines dans l'évaluation de la qualité des ressources ne s'est jamais démenti durant toute son histoire. C'est pourquoi il faisait en sorte que les chimistes prennent les responsabilités entières accordées à une division, ce qui fut le cas jusqu'au changement de statut du Ministère des Mines en 1935.

A la création du Ministère des Mines en 1907, il y avait deux laboratoires de chimie. Le laboratoire d'origine se spécialisait dans l'analyse des roches complexes et dépendait de la Commission géologique de la rue Sussex; E.G. Wait y était chimiste supérieur et M.F. Connor agissait comme chimiste assistant. Le laboratoire de la Direction des Mines aux Thistle Chambers, rue Wellington, n'avait qu'un seul chimiste, H.A. Leverin, qui se spécialisait dans les analyses de minerais de fer, d'or et d'argent. Il ne semble pas que ces hommes aient jamais eu d'assistants de laboratoire



F.G. Wait, Chef, Division de la chimie

permanents, et pendant cinq ans leur tâche s'es constamment accrue. Dans ses rapports annuels, Wait parlait en termes très louangeurs du travail de ces assistants. Durant la très bonne année de 1909, la manipulation de 875 échantillons avait requis plusieurs milliers de dosages. On dut établir une échelle de priorités pour éliminer les échantillons à valeur purement commerciale et éviter d'entrer en concurrence avec les laboratoires privés.

En décembre 1911, l'édifice de la rue Sussex fut fermé pour des rénovations intérieures et resta inutilisé pendant près de dix-huit mois. Durant cette période, deux groupes durent travailler à l'étroit dans des locaux des Thistle Chambers où l'on analysait tous les échantillons chimiques de la Division, savoir le charbon, le cuivre, le fer, mais non les échantillons de gazogènes analysés sur la rue Booth depuis 1911. En novembre 1912, un chimiste, N.L. Turner, autrefois rattaché au Bureau des Mines de l'Ontario, vint se joindre au personnel.

En mai 1913, la Division de la Chimie, qui comprenait les deux laboratoires originaux fut transférée dans un laboratoire moderne du troisième étage de l'édifice de la rue Sussex. Ce laboratoire occupait 2961 pieds carrés dont 1133 pieds carrés étaient réservés au laboratoire principal. On comptait dix pièces additionnelles qui comprenaient les laboratoires d'essais, l'analyse des eaux, les recherches spéciales, la spectroscopie, une salle pour la pesée, les bureaux du bibliothécaire et des chimistes, un entrepôt et une réserve. On doit se souvenir qu'on avait presque terminé, rue Booth, les laboratoires indépendants pour les travaux de génie de la Division des Combustibles et de la Division de la Préparation des minéraux et de la métallurgie.

A l'été 1914, on commençait des recherches sur les eaux minérales du Canada dont la consommation était à la mode pour le traitement de diverses maladies. Le docteur John Satterly, professeur associé de physique à l'Université de Toronto et R.T. Elworthy, de Londres, effectuèrent ces recherches; ce dernier put s'établir au Canada et fut engagé à titre permanent en 1915 à la Direction des Mines. Une importante caractéristique de cette recherche fut la détermination de la radioactivité des eaux qu'on avait recueillies surtout de sources mais également de puits. Comme la moitié de "l'émanation de radium" (le radon) disparaît en quelques jours, il fallut choisir trois endroits rapprochés pour la cueillette d'échantillons: la Direction des Mines à Ottawa, l'usine d'embouteillage de la compagnie Caledonia Springs, en Ontario, et l'édifice Macdonald de physique de l'Université McGill.

Des instruments électroscopiques furent installés pour une prompt détermination des émissions de radiation à chacun de ces trois endroits. Une liste des sources visitées desquelles on avait prélevé des échantillons est fournie dans le rapport sommaire de

1914, pp. 155-156. On effectuait également des analyses d'autres échantillons, rapportées par le docteur F.D. Adams de la Commission géologique dans 'Les puits artésiens et autres puits profonds de l'île de Montréal'. Les analyses chimiques complètes comprenaient les analyses des sels de radium dissous effectués à la Direction des Mines. Les bulletins 16 et 20 parurent sur ce sujet respectivement en 1917 et 1918 (51).

On faisait paraître un barème des coûts révisé le 1er décembre 1911. Pour un coût n'excédant pas \$25, on pouvait obtenir une analyse complète d'un minerai de fer, une analyse complète d'une argile ou d'un schiste, ou une analyse poussée d'un charbon. Une analyse simple coûtait habituellement entre \$2 et \$3.

En 1916, le laboratoire dut faire face aux demandes considérables d'analyses de matériaux militaires provenant des organismes des gouvernements canadien et britannique impliqués directement dans la poursuite de la Première Guerre mondiale: c'étaient par exemple, la Commission des achats en temps de guerre, la Commission des ressources canadiennes en munitions, et le Bureau impérial des munitions. Cette période donna lieu à un accroissement des analyses de métaux comme les alliages de fer et les aciers.

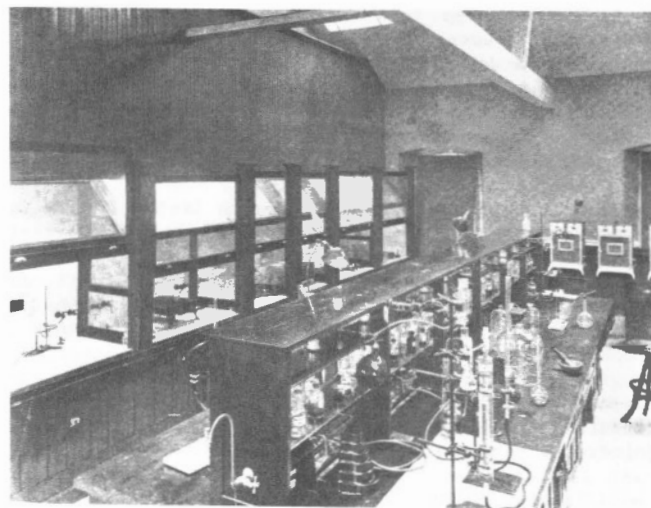
Les Laboratoires de la Division des Mines en 1917

Il est opportun de résumer les laboratoires installés jusqu'en 1917, durant les années de service de Haanel. Le laboratoire central de chimie était situé au troisième étage de l'édifice de la rue Sussex. Au sous-sol, on trouvait trois laboratoires adjoints - le laboratoire de la céramique pour les tests de l'argile et pour la fabrication d'échantillons d'articles de céramique; le laboratoire des matériaux structuraux pour tester le béton et les matériaux de composition du béton, les asphaltes et les sables utilisés en fonderie et dans la fabrication du verre; la laboratoire métallographique pour l'analyse des aciers et des alliages. En 1916, un laboratoire des matériaux routiers était aménagé et équipé dans une petite annexe spécialement construite à côté du laboratoire de la céramique, qui empiétait un peu sur l'espace alloué au nouveau laboratoire.

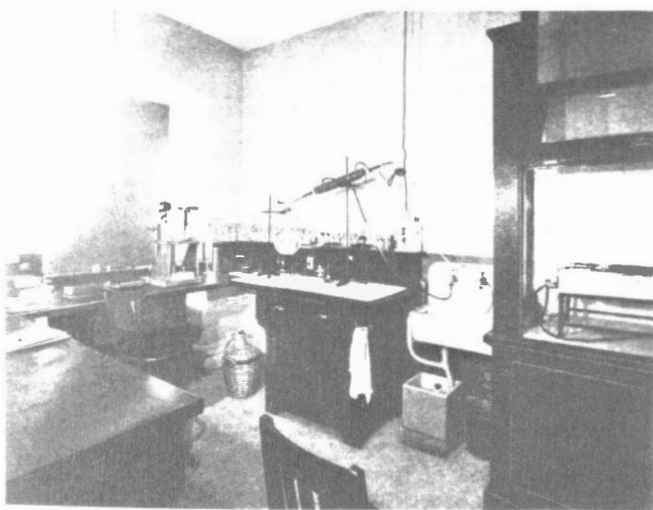
Aux abords de la rue Booth se trouvaient deux édifices voisins où étaient installés (a) le laboratoire d'essais des combustibles qui comprenait les laboratoires pour l'analyse des combustibles solides, liquides ou gazeux et pour l'analyse des gaz de mine, convenant également aux tests de conversion à l'échelle du banc d'essai ainsi qu'une usine-pilote semi-industrielle pour les tests des chaudières et des gazogènes et (b) le laboratoire de préparation des minerais, incluant un laboratoire de chimie pour l'analyse des minerais et des produits d'usine et une usine pilote équipée d'un banc d'essai et d'appareils à l'échelle industrielle. Les travaux préliminaires à l'échelle du laboratoire servaient à déterminer le



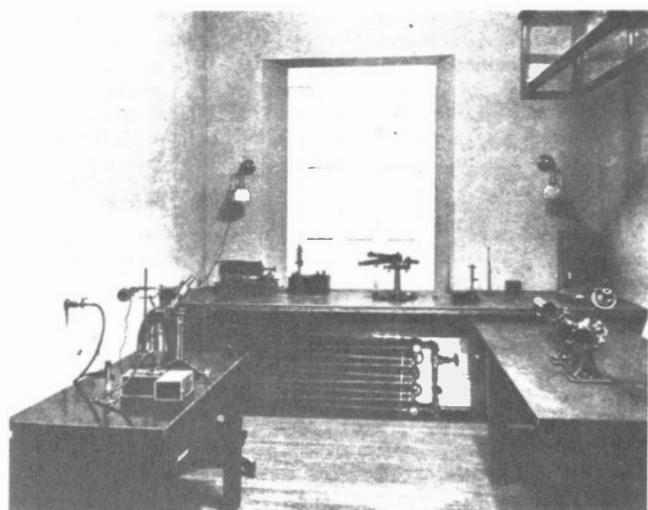
1



2



3



4

Division de la Chimie, rue Sussex: 1 - laboratoire principal de chimie avec la table de travail; 2 - comptoirs à tirage; 3 - laboratoire d'analyse de l'eau; 4- laboratoire de spectroscopie

schéma de traitement qu'il fallait adopter dans les tests à l'échelle industrielle. Les installations étaient conçues de manière à permettre des combinaisons de préparation des minerais avec un minimum de manipulations du minerai. L'équipement comprenait des machines pour le broyage, l'échantillonnage et le meulage, des jigs hydrauliques ou pneumatiques pour la séparation magnétique ou électrostatique, des tables de concentration, des machines pour l'amalgamation, pour la cyanuration, pour la flottation à l'huile ou à l'eau et, dans un laboratoire indépendant, des machines pour grillage et le frittage.

Haanel s'était rendu compte qu'il était important d'avoir les laboratoires d'analyse à proximité immédiate des installations à grande échelle pour le traitement et la conversion de grandes quantités. En 1917, le laboratoire des combustibles est détaché des laboratoires de chimie minérale. Les laboratoires autres que celui des matériaux routiers sont décrits en détail dans le Bulletin numéro 13, paru en 1916 (52).

La Division des Ressources minières et des Statistiques

Nous rappelons que cette unité de la Division des mines avait été héritée de la Section des Mines de la Commission géologique. L'une de ses principales responsabilités devant le Ministère et le gouvernement, depuis 1886, était la cueillette annuelle et la publication de statistiques sur la production minière canadienne, par exemple es prix, les marchés, l'import-



Nouveaux quartiers généraux de la Direction des Mines du Ministère des Mines au coin des rues Sussex et George à Ottawa

export, etc.

Le lecteur remarquera peut être la croissance de l'industrie minière canadienne entre 1901 et 19097, puis en 1919, année d'un revirement par rapport à 1918, qui marquait la fin de la guerre. La valeur de la production minière canadienne s'élevait à \$65 804 611 en 1901, \$86 183 477 en 1907 et \$176 686 390 en 1919.

D'une façon plus détaillée, les données de 1907 se divisent approximativement comme suit:

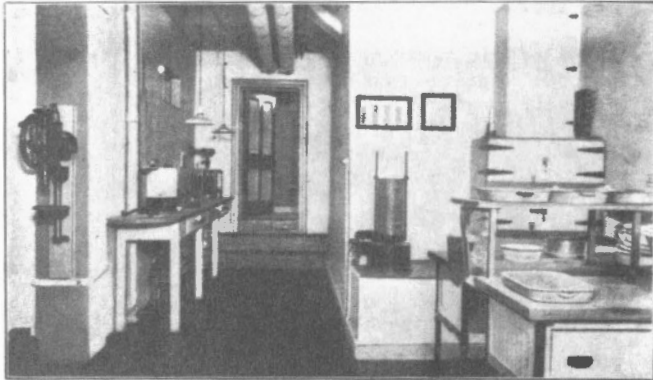
Les métalliques	\$42,4 millions
Les non-métalliques	\$31,2 millions
Les matériaux structuraux	\$12,2 millions

Les minéraux en tête du groupe des métalliques sont: le cuivre avec \$11,5 millions, le nickel avec \$9.5 millions, l'or avec \$8,2 millions, et l'argent avec \$8.3 millions. Dans le groupe des non-métalliques, le charbon est premier avec \$24,5 millions suivi de l'amiante avec \$2,5 millions, le pétrole avec \$1 million et le gaz naturel avec \$0,75 millions. Les données qui précèdent ont été établies pour le début de 1907.

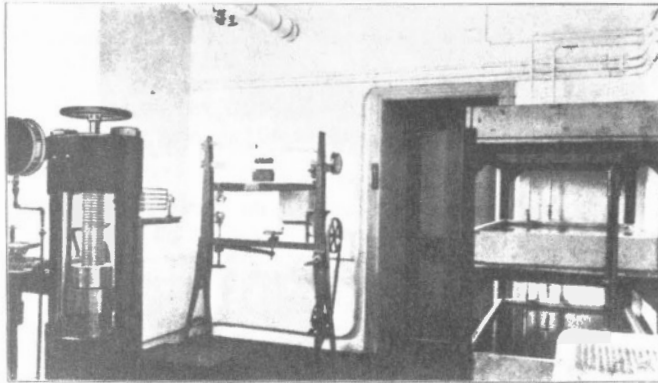
En 1919, presque à la fin du service de haanel, la valeur de la production canadienne total était de \$176 686 390, dont \$73,3 millions pour les métalliques, ce qui représente une baisse de 36% par rapport à 1918, \$76 millions pour les non-métalliques et \$27,4 millions pour les matériaux structuraux. Les minerais en tête dans le groupe des métalliques sont le nickel avec \$17,82 millions, l'argent avec \$17,80 millions, l'or avec \$15.85 millions et le cuivre avec \$14.02 millions. Dans le groupe des non-métalliques, les minerais en tête sont le charbon avec \$54.4 millions, l'amiante avec \$10,9 millions, le gaz naturel avec \$4,2 millions, le sel avec \$1,4 millions, le gypse avec \$1,2 millions, le pétrole avec \$0,75 millions. On doit remarquer que l'accroissement des coûts était dû à l'inflation du prix des biens.

Durant cette période, le rapport annuel de la production minière canadienne paraissait dans ses versions préliminaire et finale; mais des rapports indépendants sur les minéraux paraissaient en avance quand ils présentaient un intérêt particulier. On avait inséré des listes de producteurs de minéraux dans les rapports annuels antérieurs mai à partir de 1911, on fit paraître des listes d'opérateurs de mines et de manufacturiers qui avaient besoin de minéraux; les premières furent: les manufacturiers de produits à base d'argile du Canada, les chauffourniers du Canada, et les opérateurs de carrières du Canada.

Les publications annuelles sur la production minière cessent de paraître après 1920 quand les statistiques sur les mines furent prises en charge par le Bureau fédéral de la statistique en 1921. Des



1



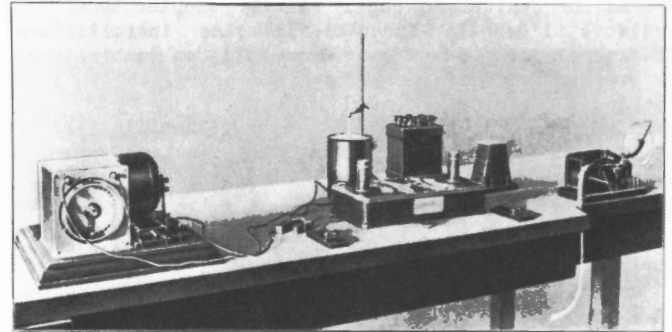
2

Laboratoire des matériaux de structure: 1 - table de mélange, agitateur à crible, armoire humide et appareil d'essais de l'asphalte; 2 - machines d'essais en tension et en compression

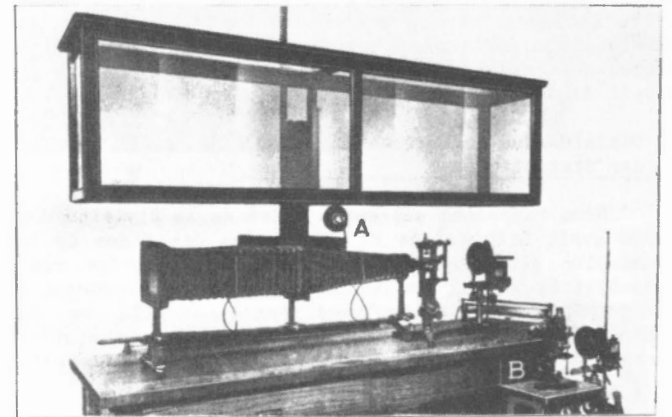
cahiers paraissaient à l'occasion d'événements spéciaux (comme des conférences internationales ou des expositions) pour parler de l'évaluation des minéraux à caractère économique, jusqu'à leur transformation en revue annuelle en 1933. Le format actuel dans lequel sont présentés les rapports finaux et les extraits publiés à l'avance n'est pas différent du format d'alors. C'est une publication à laquelle des éditeurs indépendants empruntent souvent des informations.

L'inventaire des ressources minières

Une autre importante responsabilité de la Division était de mettre à jour le fichier ou inventaire des ressources minières, lancé en 1886. On reconnut l'importance de cet inventaire durant la guerre. La Commission des ressources de munitions entreprit d'améliorer le fichier, surtout pour les ressources dont on avait besoin à des fins militaires. Le fichier fut remis plus tard à la Division.



1



2

Laboratoire de métallographie: 1 - appareil scimatco pour déterminer le point de transformation; 2 - micro-métallographe et microscope métallographique

Le personnel de la Division augmenta considérablement les données techniques sur les denrées minières à partir de fiches de renseignements et à la suite des visites sur le terrain, dans les concessions et dans les usines associées. Cette démarche devait être encouragée par le Directeur pour devenir une tradition, qui subsiste de nos jours. Ceci amena la Division à jouer le rôle d'un bureau central de renseignements dans le domaine de l'industrie minière; plus tard, elle pourra également fournir des renseignements sur la législation et la taxation des ressources minières. Cette division et les divisions des gisements métallifères et non métallifères ont peut être fait double emploi, mais il est évident qu'elles surent coopérer et s'assister mutuellement. Quand cette division se sépara de la Commission géologique en 1907, elle quitta l'édifice de la rue Sussex pour aller aux Thistle Chambers, et y demeurer jusqu'en 1912 pour réemménager rue Sussex.

En octobre 1914, C.D. Cartwright mourut, et ce

fut un choc pour John McLeish, le directeur, et pour la Division des Ressources minières et de la Statistique. Dans son rapport de 1914, McLeish parlait de lui comme d'un homme "d'honneur et d'une haute intégrité"; au sujet de la compétence de Cartwright, il disait "quelle que soit la compétence de son successeur, il lui faudra une expérience considérable pour équivaloir aux services qu'il nous a rendus". Arthur Buisson et L.L. Bolton, tous deux ingénieurs des mines, furent engagés à la Division, le premier le 6 février 1915, et le second le 1er août 1915. Bolton ne demeura pas longtemps mais il eut le temps d'aider Lindeman dans la rédaction d'une monographie sur les ressources de fer du Canada, qui parut en 1917. En mars 1916, Bolton fut prêté à la Commission des achats en temps de guerre et transféré en septembre 1916 au bureau du Sous-ministre. John McLeish, Chef de la Division, succédait à Haanel le 16 décembre 1920 à titre intérimaire pour devenir par concours en 1921, le Directeur en titre de la Direction des Mines.

La Division du Dessin industriel

Le volume important de levés magnétométriques et d'autres cartes (publiées tant indépendamment que par leur inclusion dans les rapports de la Direction des Mines) et la volonté bien arrêtée de Haanel d'illustrer tous les rapports pour en faciliter la lecture, devait faire naître le besoin d'un groupe de travail distinct. De plus, la Loi de la géologie et des mines expliquait clairement cette demande dans la section 6(c) "préparer et faire paraître toutes cartes, plans, coupes, diagrammes, dessins et illustrations nécessaires pour illustrer les rapports de la Direction des Mines".

Jusqu'en 1910, les ingénieurs durent préparer eux-mêmes la plupart de leurs cartes. Cette année-là, L.H.S. Pereira fut engagé pour aider les ingénieurs à finir ou à tracer les cartes pour la reproduction et produire les dessins industriels nécessaires aux installations. En 1911, la Division du Dessin industriel était fondée, sous la direction de H.E. Baine assisté de L.H.S. Pereira et A. Pereira. Les rapports annuels de Baine sont inclus dans les rapports sommaires de la Direction des Mines et indiquent la croissance du travail au fil des ans. En 1913, E. Juneau, dessinateur, et William Campion, dessinateur industriel, vinrent s'ajouter à l'équipe. En 1914, un autre dessinateur, D. Westwood, fut engagé. A titre d'exemple de l'énorme travail qu'on y effectuait, en 1915, on compte 50 cartes, ainsi que 400 dessins industriels, organigrammes, schémas de traitement, etc. En 1916, A. Pereira et D. Westwood s'enrôlèrent pour aller combattre outre-mer. A partir de la seconde moitié de la période de guerre, la Division dut préparer des diagrammes, cartes et organigrammes pour la Commission canadienne des ressources militaires. Alors que la demande de cartes magnétométriques se faisait moins pressante, les besoins de la Direction en cartes et en dessins industriels de toutes sortes s'accroissaient. Plus de 200 cartes numérotées, la plupart insérées dans

des rapports, parurent durant cette période. La Division demeura une unité distincte jusqu'en 1936.

Les publications

Jusqu'à la nomination d'un éditeur, S. Groves, le 18 mars 1908, la mise en page et la préparation des rapports destinés à la publication se faisaient sans doute sous la responsabilité des auteurs. Par un Arrêté en Conseil du 14 mai 1908, Groves fut nommé éditeur des publications de tout le Ministère; un autre Arrêté en Conseil du 23 juin 1908 lui adjoignait J.J. Bell comme éditeur assistant. Le Bureau des éditeurs et celui de la comptabilité du Ministère furent alors placés sous la responsabilité directe du Ministère. Ils furent d'abord installés dans l'édifice de la rue Sussex, celui de la Commission géologique; quand celle-ci emménagea au Victoria Memorial Museum, les éditeurs et les comptables suivirent.

Durant les années de service de Haanel, entre 1901 et 1920, on prépara tout près de 600 rapports et cartes (certaines de ces publications parurent après sa retraite), ce qui représente 75% de toutes les publications entre 1901 et 1946. Ces chiffres impressionnent surtout si l'on se remémore l'état de la technique de l'imprimerie (comparée à l'état actuel) et le nombre réduit d'auteurs (comparé au personnel d'aujourd'hui). Il ne fait aucun doute que le Directeur était convaincu dès le départ de l'importance de la diffusion des travaux de la Direction des Mines mais il se rendait bien compte également du manque de documentation précise offerte au public concerné dans les domaines des mines, de la chimie et de la métallurgie. La réimpression de nombreux rapports, qui étaient habituellement révisés pour rester au courant des changements rapides dans l'exploitation des ressources minières canadiennes, prouve bien qu'on satisfaisait un besoin.

Tous les rapports, y compris les catalogues, étaient numérotés consécutivement, mais il y avait en fait trois classes de rapports: - on appelait fréquemment Monographies les rapports d'ensemble sur les ressources minières; les Bulletins étaient les rapports sur des recherches spécifiques (ils étaient également numérotés dans la série des rapports; il y eut en tout 33 bulletins); et finalement tous les autres rapports, y compris les rapports sommaires annuels, font partie d'une troisième catégorie. Après 1921, les rapports photocopiés remplacent les bulletins, probablement dans le but d'en hâter l'impression. La politique de publier dans les deux langues officielles des rapports concernant le Québec ou des sujets d'importance nationale, était pratique courante au Ministère de l'Intérieur et s poursuivit au Ministère des Mines.

A cet égard, environ 10% des rapports de cette période sont traduits, y compris tous les rapports sommaires annuels à partir de 1913. En dépouillant le catalogue, on se rend compte de la parution rapide de

plusieurs textes en français. La traduction des textes était placée sous la responsabilité du Bureau des Publications du Ministère jusqu'en 1915; à partir de 1916, les publications et traductions furent placées sous la responsabilité de la Division des Publications et de la Traduction du Ministère, sous la direction de Marc Sauvelle.

Dès le départ, en 1907, Haanel semblait impatient de fournir un ouvrage de référence complet sur les industries minières et métallurgiques du Canada. Il voulait également montrer que la section 6(a) de l'Acte de la géologie et des mines de 1907 ('colliger et faire paraître des statistiques complètes sur la production des minéraux et sur les industries minières et métallurgiques du Canada') avait été appliquée très tôt. Il se rendait compte de l'excès de travail déjà imposé au personnel de la division; c'est pourquoi il fit appel à des consultants pour effectuer cette tâche. Le pays fut divisé en cinq régions: le territoire du Yukon fut étudié par le docteur D.D. Cairnes de la Commission géologique; les quatre provinces de l'Ouest, par R.R. Hedley; l'Ontario, par F. Cirkel et J.J. Bell, le Québec, par J.W. Bell; la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick, par W.F. Jennison. Un 'inventaire des ressources, de 972 pages, abondamment illustré devait paraître en 1908 au prix d'un dollar l'exemplaire. Cet ouvrage s'intitulait 'Rapport sur les industries minières et métallurgiques du Canada' (SM rap 24). Haanel faisait observer que 'la parution à point nommé de ce travail ne manquerait pas d'attirer l'attention des capitalistes et des investisseurs potentiels du Canada ou d'ailleurs sur les vastes ressources minières du Dominion'. Le Directeur avait l'intention de faire produire de temps en temps ces rapports d'analyse. Ce ne fut cependant pas le cas durant ses années de service. Le volume de A.W.G. Wilson sur 'Le développement des industries chimiques et métallurgiques et les industries reliées du Canada parallèlement aux industries minières' paru en 1924 et avait été rédigé sous Haanel. On peut considérer qu'il fait suite au premier tome. Il s'en distigue, tout en demeurant une contribution à l'industrie minière, parce qu'il fournit des informations primordiales sur les industries métallurgiques et chimiques et autres industries secondaires dont l'expansion s'est produite durant la Première Guerre mondiale.

La Division préparait des rapports spéciaux et de courtes études lors de manifestations spéciales; par exemple, un rapport intitulé 'les minéraux économiques et les industries minières du Canada' parut en 1913 pour être distribué la même année à la Foire internationale de Gand, en Belgique, et au Congrès international de géologie tenu à Toronto.

La coopération avec la Commission géologique

Quelles qu'aient été les ambitions de Haanel durant ses années au Ministère de l'Intérieur, il avait accepté le poste de Directeur à la fondation du Minis-

tère des Mines. Il acquitta bien de sa tâche et demeura à son poste sous trois Sous-ministres successifs; deux d'entre eux, le docteur A.P. Low et le docteur R.W. Brock, avaient déjà dirigé la Commission géologique, et R.G. McConnell était fonctionnaire supérieur à la Commission géologique. L'empressement qu'ils mirent à accorder à Haanel une autonomie presque complète lui a sûrement profité. Haanel n'hésitait pas à exiger les services d'hommes tels que le docteur D.D. Cairnes et le docteur R.W. Ells, de la Commission géologique. Des fonctionnaires de la Commission aidaient les fonctionnaires de la Direction des Mines dans la collecte d'échantillons durant leurs travaux de terrain et les laboratoires de chimie de la Direction des Mines consentaient à analyser des échantillons la Commission. Celle-ci apporta son assistance dans la fondation des Divisions de la Céramique et des Matériaux routiers, en favorisant le transfert de Joseph Keele à la direction de la Division de la Céramique et en coopérant avec la Direction et K.A. Clark, premier Directeur de la Division des Matériaux routiers.

L'événement le plus remarquable de la période fut, en 1913, le douzième Congrès international de géologie. Les agents suivants y étaient à titre de délégués, de participants ou de guides d'excursion: Wilson, Cole, De Schmid, Lindeman, McLeish et Cartwright. On demanda à John McLeish d'organiser et de régir un bureau de renseignements sur les mines et la géologie à l'Université de Toronto, où l'organisation du Congrès avait établi son quartier général.

Cette période, on peut le dire, ne fut témoin d'aucun affrontement entre la Direction des Mines et la Commission géologique; au contraire, elles s'unirent dans un long chevauché qui dura presque que 70 ans.

Epilogue: Eugene Haanel

Quand la Direction des Mines fut fondée en 1907, le docteur Haanel avait 66 ans, mais il plongea sans réticence dans un travail que plusieurs personnes de dix ou quinze ans de moins auraient trouvé exigeant, surtout qu'il s'agissait d'établir rapidement un organisme de recherche et de développement des technologies minières, métallurgiques et des combustibles en vue de maximiser la production, le traitement et l'emploi des ressources minières canadiennes. Il avait déjà effectué certains de ces travaux, par exemple au sujet de l'or, du fer, des combustibles solides et de certains minéraux non métalliques, mais il n'y avait aucun laboratoire à l'exception de celui des levés magnétométriques et d'un petit laboratoire de chimie. Il se rendait rapidement compte que le principal problème de l'industrie minière canadienne était la sélection d'un ensemble d'opérations de traitement appropriés après l'extraction proprement dite des minéraux. Il décidait qu'il fallait évaluer rapidement autant d'échantillons que possible et que ceux d'entre eux dont le traitement s'avérerait économiquement rentable devraient faire l'objet de recherches allant

jusqu'aux utilisations commerciales. Il mettait l'accent sur des programmes d'utilisation des denrées plutôt que sur le perfectionnement d'une organisation interne, qu'aurait préféré une personne plus encline à la bureaucratie. Il fit appel à la main-d'oeuvre interne et externe pour centraliser le plus rapidement possible le maximum d'information sur nos diverses ressources. Il encourageait le personnel et les consultants externes à entreprendre des études complètes sur le terrain de façon à rester en contact avec l'industrie minière et les manufacturiers qui traitaient les métaux et les combustibles de ce continent ou d'autres.

Les objectifs de la Direction des Mines sont exprimés au mieux dans ses propres termes, tirés de l'Introduction du rapport sommaire de 1912:

'La Direction des Mines du Ministère des mines s'est constituée principalement dans le but d'aider, de façon pratique, au développement de l'industrie minière canadienne. Pour atteindre ce but, il faut:

- accumuler et publier des statistiques concernant les opérations minières et les ressources minérales économiques du pays en général
- proposer et conduire des travaux de recherche originaux qui visent à des utilisations commerciales de nos minéraux métalliques et non métalliques
- établir des cartes pour l'ensemble des minéraux magnétiques au moyen de relevés magnéto-métriques;
- préciser les caractéristiques et, dans des laboratoires adéquats, déterminer les propriétés des spécimens de minerais et de roches.

La divulgation des résultats des travaux entrepris se fait sous la forme de monographies traitant de l'étude scientifique des gisements de minerais du Canada qui s'accompagnent de rapports et de bulletins traitant de l'étude de certains procédés. A titre d'exemples de ce dernier genre de travail, on peut citer la fonte électrique des minerais de fer réfractaires; la production de combustibles à base de tourbe; l'extraction économique du zinc à partir de minerais zincifères réfractaires, etc...'

Dans l'engagement des spécialistes, Haanel privilégiait les ingénieurs; au début, la plupart était des ingénieurs des mines. Même pour les travaux de chimie, dont les activités devaient rapidement dominer la Direction, son choix se portait d'abord sur des ingénieurs chimistes, les décrivant parfois comme des chimistes ingénieurs, même si leur travail portait surtout sur l'analyse. Cette pratique, devenue tradition, s'est avérée utile: les chimistes de la Direction des Mines étaient spécialisés mais ouverts et pouvaient fournir des avis aussi bien à l'intérieur qu'à

l'extérieur de leur spécialité. Les disciplines scientifiques et les habiletés se développèrent au fur et à mesure du développement de la Direction. On put ainsi reconnaître la flexibilité et la compétence de la Direction quand il fallut répondre aux besoins du pays durant la Première Guerre mondiale. A sa retraite, Haanel laissait une organisation dont les intérêts étaient très diversifiés et dont les éléments de base existent toujours.

Haanel peut avoir été un peu trop enthousiaste dans certaines de ses attentes, à propos par exemple du programme sur la fonte électrothermique du fer ou du zinc; les technologies étaient peu développées et sans application pratique, même dans les conditions actuelles. Son raisonnement peut avoir été logique par rapport à son temps, mais il n'avait pas prévu par exemple les grandes usines de production du fer et de l'acier à proximité des marchés et l'expédition de minerais en vrac par les voies fluviales ou maritimes. L'intérêt que portait Haanel au fer et à la plupart des autres programmes découlait essentiellement d'un désir d'encourager la production domestique des minerais, dont plusieurs étaient alors importés, comme il le mentionne dans ses rapports annuels. Il n'était pas d'un nationalisme étroit; en réalité, comme beaucoup de canadiens entreprenants, il avait compris le dynamisme et la créativité des américains, et souhaitait les voir adopter par les canadiens pour mieux exploiter le potentiel minier du pays.

Haanel attirait l'attention sur le dilemme devant lequel s'est trouvé le Canada durant toute son histoire: comment allons-nous nous accommoder de ce handicap qu'est un vaste territoire habité par une population restreinte qui génère un marché intérieur à sa taille alors que les habitants du pays très peuplé d'à côté disposent d'un marché intérieur important et possèdent beaucoup des mêmes ressources que les Canadiens? En résumé, il se préoccupait de rendre le Canada compétitif à la fois dans certaines des ressources brutes et dans la fabrication de plusieurs biens.

Malgré sa hantise de faire progresser les technologies reliées aux ressources minières du Canada, il trouvait le temps d'accorder de l'attention à la question générale de la sécurité dans les mines et à la fabrication et l'utilisation des explosifs de mine, ce qui dénote encore l'humanisme dont il faisait preuve dès le début de sa carrière. Un autre aspect de son attitude envers ses semblables est qu'il encourageait les chefs de division et les auteurs des rapports préliminaires ou définitifs à faire paraître leurs rapports sous leur propre nom, et reconnaissait lui-même l'originalité de leurs travaux dans son "Introduction" aux sommaires annuels.

Tout nous oblige à reconnaître que la Direction des Mines fut privilégiée d'avoir un Directeur du calibre du docteur Haanel, homme éclairé, conscien-

cieux, et déterminé. Il prend sa retraite à l'âge de 79 ans et mourut à Ottawa 7 ans plus tard, en 1927. Les fonctionnaires supérieurs, à l'occasion de la présentation d'une plaque lors de son départ, ont exprimé

l'admiration que s'est attirée le docteur Haanel par sa contribution importante à la recherche et au développement du Canada en technologie minière et dans les diverses techniques des minéraux.



Témoignage présenté en 1920 à Eugene Haanel à l'occasion de sa retraite (document prêté par K.W. Bowles)

CHAPITRE 4

L'AFFERMISSEMENT DANS LE PROGRÈS

LE MINISTÈRE DES MINES, 1920-1936 - LA GRANDE DÉPRESSION

JOHN McLEISH: SECOND DIRECTEUR DE LA DIRECTION DES MINES

John McLeish est né le 1er novembre 1874 à Toronto, où il fit ses études. Il est bachelier ès Arts, spécialisé en mathématique, physique, chimie et minéralogie. C'est alors qu'il embrasse une carrière dans la Fonction publique fédérale qui allait durer près de 45 ans. Il entre d'abord au service du Procureur général le 6 juillet 1896, puis à celui du Ministère des Finances le 1er février 1897. Ensuite il entre à l'emploi de la Commission géologique du Ministère de l'Intérieur le 6 juillet 1897; il y est assistant dans la Direction des Statistiques sur les minéraux et les mines où il devient responsable de la cueillette et de la compilation des statistiques annuelles en rapport avec la production des minéraux et des métaux. A la fondation du Ministère des Mines, McLeish et ses deux assistants déménagent de l'édifice de la Commission géologique de la rue Sussex pour aller aux Thistle Chambers, rue Wellington, où il accepte calmement de travailler dans des locaux exigus. Il devait élargir le champ des informations statistiques et techniques reliées aux industries grandissantes des mines, de la métallurgie et des combustibles du Canada.

Dans une proposition qu'il faisait, en 1912, au docteur A.P. Low qui était alors Sous-ministre des Mines, alors qu'il recommandait John McLeish à cette

promotion, Haanel souligne "sa compétence à administrer et son jugement sûr" et dit qu'il "s'est avéré un fonctionnaire des plus valables". On doit remarquer qu'en ces temps-là, les compagnies minières n'étaient pas obligées légalement de fournir des renseignements sur leurs opérations à l'intention des rapports annuels sur la production minière que faisait paraître la Division. Haanel y mentionnait les qualités de "courtoisie, de tact et d'habileté dont doit faire preuve l'Officier supérieur responsable de la Division des Ressources minérales et des Statistiques". C'est à ces qualités que McLeish devait ses récentes nominations à des postes importants. Le Directeur avait confiance en lui et lui laissait la direction des opérations quand il s'absentait d'Ottawa.

Durant la Première Guerre mondiale, McLeish et ses assistants ont joué un rôle important en fournissant aux agences de guerre du Canada, des Etats-Unis et du Royaume Uni les données sur les ressources minéralogiques et les métaux que nécessitait l'effort de guerre. En 1917, par un arrêté en Conseil, McLeish fut nommé agent de recensement selon la loi du recensement et des statistiques. Il devait fournir un relevé officiel de la production minière pour l'inclure dans le recensement annuel complet de la production et de l'industrie qu'effectuait le Bureau du recensement et de la statistique du Ministère de l'Industrie et du Commerce.

On se rendait compte de son attitude de coopération dans les relations qu'il entretenait avec les

différentes agences des gouvernements fédéral et provinciaux ou avec les institutions étrangères.

Au départ de Haanel, il assume le mandat de Directeur à partir du 15 décembre 1920, mais comme il est éligible en même temps que six autres directeurs de divisions techniques, il n'est officiellement nommé par la Commission de la Fonction publique que le 1er octobre 1921. McLeish s'engageait dans ses nouvelles responsabilités à un moment difficile. En 1919, la Commission de la Fonction publique produisait un système de reclassement de ses fonctionnaires qui ne tenait pas compte de la concurrence du secteur privé et les universités dans la recherche de personnel technique compétent. Il en résulta que plusieurs personnes-ressources démissionnèrent de la Direction des Mines et de la Commission géologique. A la suite des protestations du Ministère auprès de la Commission, on corrigea cette situation en 1922 et certains des techniciens reprirent leur emploi.

A la suite de Haanel, McLeish consolida la Direction. Durant son service comme Directeur de la Division des ressources minérales et des statistiques, McLeish devint bien connu des industriels et des provinces dont il s'était gagné l'esprit de coopération. Ce fait, allié à sa connaissance des rouages du Ministère et son comportement en général, a contribué à faire accroître la réputation de la Division. En 1930, année de la Grande Dépression, McLeish dut faire face à de sévères compressions budgétaires. Il fallut pratiquer des économies maximales en réduisant les déplacements, les travaux sur le terrain et les achats d'équipement et de matériel. Il put néanmoins limiter les départs de personnel et maintenir les objectifs des activités de la Direction.

McLeish assumait également la vice-présidence du Bureau canadien des combustibles depuis sa fondation en 1922; il était membre de plusieurs comités associés du Conseil national de recherches et, à la demande du gouvernement d'Alberta, il était membre du Bureau pour la conservation du gaz de la Vallée de Turner entre 1932 et 1941.

Le Directeur jouissait d'une certaine popularité dans les cercles professionnels d'Ottawa. Il avait été élu Président de la Division d'Ottawa de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie durant deux mandats consécutifs (1925 à 1927) et était également consultant pour la même institution. En 1930, il devenait Directeur de la Division d'Ottawa de l'Institut d'ingénierie du Canada pour ensuite lui servir de consultant. En 1933, il devenait Président de l'Institut professionnel du Canada et en 1937 celui de la Société royale d'astronomie. Pendant plusieurs années également, il était Président du Club laurentien de patinage et Trésorier du Club Optimiste d'Ottawa.

McLeish devait apporter une dernière contribution au service du Ministère et de la nation quand il fut



John McLeish

nommé Directeur de la Direction des Mines et de la géologie à la fondation du ministère des Mines et Ressources en décembre 1936; il y demeura jusqu'au 1er mai 1941, complétant presque 45 ans dans ce ministère ou son prédécesseur. Il se retira paisiblement à Ottawa jusqu'à sa mort le 22 septembre 1961, à l'âge de 87 ans. Du point de vue du caractère et du style, John McLeish ne ressemblait pas à Haanel. Cependant, il fit preuve de la détermination et de la volonté qu'il fallait pour assurer l'affermissement dans le progrès de cette institution relativement jeune.

Organisation de la Direction des Mines

A partir du moment où il assume la fonction de Directeur le 15 décembre 1920 pour être confirmé dans cette fonction le 1er octobre 1921, John McLeish dut faire face aux graves difficultés qu'entraînaient les démissions dont nous parlions plus haut. Cela touchait

surtout deux des plus grandes divisions, celle de la préparation des minerais et de la métallurgie et celle des combustibles et des essais des combustibles. Dans la première, son Directeur depuis 10 ans, G.C. Mackenzie, avait démissionné en février 1919; sa démission avait été précédée de celle de C.S. Parsons en mai 1918. W.T. Graham et B.P. Coyne, chimistes, avaient quitté leur emploi respectivement en mai et octobre 1919. Les démissions dans la seconde Division furent nombreuses: R.E. Gilmore, chercheur chimiste, et T.W. Hardy, chimiste, en 1919; J. Blizard, ingénieur des techniques, R.C. Cantelo, chimiste assistant, en 1920; et E. Stansfield, ingénieur chimiste en chef, en 1921. Dans d'autres sections, on notait d'autres démissions comme celles de K.A. Clark, chef de la Division des matériaux de voirie en 1920; de M. Young, assistant technique à la Division de la Céramique et de W. Campion dans la Division du dessin industriel en 1921; de J. Keele, chef de la Division de la Céramique, qui avait été transféré à la Commission géologique le 1er octobre 1921.

La plupart des démissions de la Direction des Mines comme de la Commission géologique étaient reliées à la frustration ressentie d'une façon générale du fait que la Commission de la Fonction publique avait échoué dans l'ajustement des salaires avec ceux de l'industrie et de l'enseignement. On proposa une nouvelle échelle des salaires des techniciens en mai 1922, à une époque on ne peut plus favorable, alors que les milieux industriels reprenaient leurs activités après un ralentissement de deux ans. Deux hommes-clés, R.E. Gilmore et C.S. Parsons réintégraient leurs fonctions à la Direction, le premier en 1921 et le second en 1922, et B.P. Coyne reprenait également son emploi en 1921.

On procéda à une réorganisation mineure de la Direction en 1922 (cf. l'organigramme du chapitre 2). Les Divisions des gisements métallifères et non métallifères étaient fondues en une seule, la Division des Ressources Minérales, qui était responsable d'analyser les ressources minières et l'état de la technologie, de la production, de la consommation, de la distribution et de la mise en marché. La section statistique de la Division des ressources minérales et de la statistique était transférée au Bureau fédéral de la Statistique en 1921, parce que le gouvernement souhaitait centraliser toutes les statistiques dans un seul ministère. La Division de la Céramique et la Division des Matériaux de voirie étaient unifiées. Ainsi l'organisation par Haanel prévue était maintenue et même raffermie.

Le 25 novembre 1922, une agence ministérielle, le Dominion Fuel Board (Bureau canadien des combustibles), était fondée sous la présidence du sous-ministre et sous la vice-présidence du Directeur de la Direction des Mines. Pour des raisons économiques, les frais d'opération de cette agence étaient inclus dans ceux de la Division des Mines.

Entre 1917 et 1919, il y avait eu un organisme

ministériel de vérification de la consommation des combustibles dont la fonction principale était d'assurer une alimentation normale aux provinces de l'Ontario et du Québec dont les pénuries étaient chroniques. Ainsi le Bureau canadien des combustibles succédait à cet organisme pour juguler le rationnement de l'Ontario et de l'ouest du Québec qui étaient les centres des opérations des industries manufacturières canadiennes. Le Bureau instaura un système de subventions et proposa des mesures incitatives pour la production de houille à l'est comme à l'ouest. Une certaine quantité de houille fut importée du Royaume-Uni pour remplacer l'antracite des Etats-Unis dont les réserves se raréfiaient et dont le coût d'exploitation augmentait. La Direction des mines devint consultante auprès du Bureau pour déterminer les propriétés des différentes houilles auxquelles s'intéressait le Bureau.

La liste suivante groupe les principaux agents du Ministère qui ont oeuvré à la Direction entre 1920 et 1936; nous n'indiquons la date que lorsqu'il est nécessaire et seuls les chefs de division sont cités, sauf indication contraire.

Administration:

Secrétaire de la Direction des Mines - M.M. Farnham
Secrétaire privée- Jessie Orme
Bibliothécaire en chef- O.P.R. Ogilvie

Division du dessin:

Chef du dessin - E.H. Baine, à la retraite en 1933
- L.H.S. Pereira, depuis 1934

Bureau de l'Essayerie du Dominion*:

Chef- G.N. Ford, entre 1926 et 1933 (quand il est muté au Ministère des Finances)

Division des Ressources minéralogiques:

Chef- A.W.G. Wilson

Division de la Préparation des minerais et de la Métallurgie:

Chef- W.B. Timm

Division des Combustibles et des

Essais de combustibles:

Chef- B.F. Haanel

Division de la Céramique et des Matériaux de voirie:

Chef- Howells Fréchette

*Note - En 1926 le bureau emménagea au deuxième étage de l'entrepôt des douanes, en bas de la rue Howe à Vancouver, à la suite de la vente du vieil édifice du bureau de poste au coin des rues Pender et Granville où était le Bureau depuis 1910.

Division de la Chimie:

Chef- F.G. Wait, retraité en 1931

Chef intérimaire- N.A. Thompson, entre 1932 et 1936

Quartiers généraux:

Editeur du Ministère- F. Nicholas (retraité en 1933)

Assistant éditeur- G.C. Monture, entre 1923 et 1933

Editeur en chef intérimaire- G.C. Monture, 1933-1934

Editeur en chef- G.C. Monture, 1935-1939

Comptables du Ministère - P.R. Marshall, à la retraite en 1930

- E.A. Sawyer, 1931-1936
(représentant du Trésor à partir de 1933)

La Division de la Préparation des minerais et de la Métallurgie et la Division des Combustibles et des Essais de combustibles, les deux plus grandes divisions équipées de laboratoires de la Division des Mines, furent obligées en raison de l'étendue de leurs opérations qui nécessitaient des équipements spécialisées et des techniciens, furent obligées de se subdiviser en 'sections' durant la période à l'étude. La nécessité d'introduire une telle infrastructure sera justifiée ci-dessous dans les sections consacrées aux métaux et aux combustibles.

Un événement historique d'une importance mondiale allait se produire durant la période à l'étude. Il s'agit du krach de 'Wall Street' qui fut suivi de dix ans de récession qui ont affecté tout le monde occidental et surtout le continent nord-américain. Il est dès lors utile d'étudier cette période en relation avec les crédits dont disposait le gouvernement pour les organismes de recherches et de développement comme la Direction des Mines. Il est connu que la recherche et le développement sont rapidement des victimes en période de dépression. La production atteint un sommet de 311 millions de dollars en 1929. Les crédits dont dispose la Direction des Mines pour l'année fiscale se terminant le 31 mars 1930 s'élèvent à \$826 610, la plus importante somme depuis la fondation de la Direction, dont une partie doit servir à l'achat des équipements des nouveaux laboratoires des combustibles, et d'essais des minéraux. Pour l'année fiscale se terminant le 31 mars 1931, cette somme s'est réduite à \$605 665, pour être encore réduite à \$405 062 en 1934-35. Cependant, l'année suivante, la dernière du Ministère des Mines, elle remontait à \$439 705.

On peut s'intéresser à l'analyse des dépenses pour l'année fiscale 1934-35 et comparer ces dépenses avec celles de 1920-21 (cf. chapitre 3), en tenant compte des sommes plus élevées au chapitre des salaires dans les dépenses de 1935.

L'étude financière de l'année de dépression 1934-35 montre la réduction draconienne de 50% qu'il fallut effectuer dans les dépenses à comparer avec l'année record de 1929-30. Si la mesure à prendre en période de restriction budgétaire est de maintenir dans

leurs fonctions les membres du personnel des institutions de recherche et de développement, c'est précisément ce que le Directeur et le Ministère avaient décidé de faire.

Dépenses de la Direction des mines - 1934-35

<u>Subventions à la Direction des Mines</u>	
Salaires des fonctionnaires	\$190 062,00
Recherche sur les ressources minéralogiques, etc.	185 000,00
Publications, etc.	30 000,00
TOTAL	\$405 062,00

<u>Dépenses de la Direction des Mines</u>	
Salaires des fonctionnaires	\$189 999,52
Autres salaires et rémunérations	138 581,87
Division des Ressources minéralogiques	13 000,68
Division des la Préparation des minerais et de la Métallurgie	9 584,70
Division des Combustibles et d'essais des combustibles	7 293,69
Division de la Céramique et des Matériaux de voirie	1 636,84
Division de la Chimie	2 047,77
Section de la Mécanique	2 882,86
Division Administrative	1 482,60
Bureau canadien des combustibles	4 047,06
Publications, équipements, papeterie et divers	23 095,37
TOTAL	\$393 652,96

Balance:	11 409,04
TOTAL	\$405 062,00

La Direction était assurée d'évoluer rapidement aussitôt que sa situation financière allait s'améliorer. Le personnel se résigna à une réduction de salaire de 10% en 1932, dont 5% furent rétablis en 1935 et les 5% restants en 1937.

Les données qui suivent sur le nombre de gens qui faisaient partie du personnel témoignent des changements entre 1920 et 1937. Ils indiquent que l'effectif a doublé durant la décennie qui va de 1920 à 1930 pour se maintenir ensuite, mais selon une distribution différente. Les données ci-jointes ne tiennent pas compte de l'emploi à temps partiel des ingénieurs durant l'été ou des étudiants dans les laboratoires.

En 1931, le nombre total des employés était de 197, puis il y eut de légères baisses. En 1937, la première année d'opération des Mines et des Ressources, le personnel total était ramené au niveau de 1930, si l'on excepte les huit employés du Bureau de l'Essayerie de Vancouver qui avaient été transférés au Ministère des Finances en 1933.

Personnel de la Direction des Mines -
1920, 1930 et 1937

Année	Professionnels	Appui technique*	Commis	Total**
1920	35	41	22	98
1930	62	102	24	188
1937	69	79	32	180

* inclut les laboratoires, les usines pilotes et les ateliers.

**inclut les employés à temps partiel qui étaient 46 en 1930.

Publications

Naturellement, la Direction devait retenir le concept d'organisation par denrée qui était depuis les débuts caractéristique, mais les petits changements structurels dont nous avons parlé plus haut et le type de publication choisi vont favoriser une structure par discipline dans chaque division. Le texte qui suit retient le premier concept, suivant le déroulement des événements par division présenté par le Directeur dans ses rapports annuels; on constate en effet que le Directeur considérait sur un pied d'égalité les minéraux industriels, les métaux et les combustibles.

Les publications sous forme de rapports et de monographies furent maintenues mais les bulletins furent remplacés par des mémoires qui étaient photocopiés pour en hâter la diffusion. Le premier rapport annuel du Ministère prenait effet avec l'année fiscale se terminant le 31 mars 1921 et le dernier rapport concernait l'année fiscale se terminant le 31 mars 1936; on ne fait mention d'aucun de ces rapports. Les directeurs rapportent brièvement les activités des directions techniques et ces rapports sont précédés d'une introduction générale du Sous-ministre.

LES MINÉRAUX INDUSTRIELS

La Division des Ressources minérales était en tête des recherches sur le terrain pour les minéraux métallifères et les minéraux industriels; on accorda plus d'attention à ces derniers à cause de la diversité et d'une meilleure distribution des venues, ce qui favorisait généralement leur exploitation par les petites entreprises canadiennes. La plupart des minéraux que l'on trouvait au Canada étaient dans une situation de concurrence par rapport aux importations: les minéraux étaient importés à l'état brut, à l'état semi-ouvré ou sous forme de produits finis. Haanel et McLeish se sont rendus compte tous deux que la Direction des mines devrait éventuellement fournir une aide technique à l'industrie pour stimuler l'utilisation domestique des minéraux industriels.

Le docteur Camsell, alors Sous-ministre, dans son rapport pour l'année fiscale se terminant le 31 mars 1923, mentionnait l'effet assez négatif sur les biens

minéraux du Canada que produisait l'application de la loi tarifaire américaine Fordney-McComber, et parlait de l'importance des marchés extérieurs pour les biens minéraux du Canada. H.S. Spence était délégué au Royaume-Uni en 1922 pour évaluer les besoins éventuels des Britanniques en minéraux industriels. Il rédigea à ce sujet un rapport intitulé: "Recherche de débouchés en Angleterre pour les minéraux non-métalliques du Canada", mémoire no. 6, 1922. Les documents d'accompagnement de ce rapport étaient "l'Annuaire des acheteurs belges de métaux et minéraux", mémoire no. 7, 1922 et "l'Annuaire des acheteurs britanniques de métaux et minéraux", mémoire no. 8, 1922. L'intérêt qu'on pouvait avoir dans les marchés européens avait été stimulé par les visites qu'avait effectuées Camsell au Royaume-Uni et en Belgique où, à titre de délégué en 1922, il avait participé au treizième Congrès international de géologie. Il faisait remarquer entre autres dans le même rapport annuel de 1923 que la production minière per capita était passée entre 1886 et 1926 de \$2,23 à \$26,40. Il faisait encore état du fait qu'en 1922 le capital investi dans l'industrie minière canadienne provenait à 54% de sources canadiennes, à 31% de sources américaines, à 13% de sources du Royaume-Uni et à 2% d'autres sources. Jusqu'au début de la Seconde Guerre mondiale, le Sous-ministre entretenait des relations avec l'Europe et surtout avec le Royaume-Uni. Il était membre du Conseil consultatif sur les minéraux de l'Institut impérial qui veillait à la promotion des rapports entre les membres de l'Empire britannique. Une aide financière était fournie à l'Institut par les Dominions et les colonies, y compris le Canada.

Les principaux chercheurs sur le terrain pour les minéraux industriels étaient: L.H. Cole et H.S. Spence; en 1921 vint s'ajouter V.L. Eardley-Wilmot puis en 1923 M.F. Goudge, E.H. Wait et C.H. Freeman. A.H.A. Robinson poursuivit ses travaux sur les métaux et S.C. Ellis ses études sur les sables et les schistes bitumineux; ces travaux sont décrits dans les sections traitant respectivement des métaux et des combustibles. Les premiers travaux sur l'hélium furent effectués par Elworthy, mais ils sont décrits dans la section sur les combustibles.

Il est important de mentionner les deux expositions internationales auxquelles A.W.G. Wilson et Arthur Buisson de la Division des Ressources minérales participèrent au nom du Ministère. A la demande du sénateur C.T. Beaubien et du Ministère de l'Industrie et du Commerce, Arthur Buisson était délégué pour représenter le Ministère au Train-exposition du Canada en France. Entre juillet et la fin novembre de 1923, il parcourut le pays et parla avec autorité des ressources minérales du Canada.

Wilson fut le fonctionnaire chargé de préparer l'Exposition des ressources minérales du Canada et d'animer le kiosque de renseignements à l'Exposition de l'Empire Britannique qui se tint en 1924 à Wembley

(Londres). Il demeura à Londres de mai à octobre et saisit l'occasion de se rendre dans des centres industriels et miniers de la Grande-Bretagne et de présenter de la magnésite calcinée morte à d'éventuels consommateurs britanniques. Comme l'Exposition de l'Empire britannique eut lieu une seconde fois en 1925, Spence fut envoyé à Londres pour s'occuper de la présentation des minéraux canadiens.

J'en profite pour rappeler que Buisson fut en 1923 mis en charge des dossiers sur les ressources minérales et de la compilation d'un répertoire de ces ressources. Il préparait également le premier résumé des lois fédérales et provinciales pour l'Exposition de l'Empire britannique en 1924 (SM Rap. 627). Ce texte fut révisé et parut en 1931 (SM Rap. 713); il parut à nouveau en 1939 (SM Rap. 795), et dans une quatrième édition en 1950 (SM Rap. 828), juste avant la retraite d'Arthur Buisson. Durant cette période, John Casey s'occupait de recueillir, compiler et mettre à jour des statistiques et de préparer les données dont avaient besoin les fonctionnaires de la Direction, et qui répondaient aux questions de plus en plus nombreuses que posaient les Canadiens. Ces deux agents furent longtemps au service de la Direction des Mines: Casey fut à l'emploi de la Direction de 1909 à 1946 et Buisson de 1915 à 1950. Le fils de John Casey, Leo, suivit son père dans le dévouement et la modestie et demeura à la Division de 1940 à 1975.

Les pigments minéraux

Howells Fréchette entreprit le projet d'étude sur les colorants minéraux avant sa nomination à la tête de la Division de la Céramique et des Matériaux de voirie, alors qu'il était connu que l'on importait la plus grande partie des colorants utilisés au Canada dans les mélanges à peinture. Durant les étés de 1919 à 1922, on examinait des oxydes, surtout de fer (ocre) en Ontario, au Québec, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Ecosse. Les principaux gisements se trouvaient au nord du fleuve Saint-Laurent, surtout dans la région de Trois-Rivières. La Canada Paint Company s'était installée à Red Mill à l'est de Trois-Rivières; c'était une usine de traitement complet allant de la calcination au lavage et au broyage des colorants pour la production d'une série variée de teintes de rouges, d'ambres et d'ocres bruns. La Champlain Oxide Company était voisine de l'usine de Red Mill. La Paint Product Company of Canada venait juste de construire une immense usine dans le canton de Lynch, près de l'Annonciation, dans le comté de Labelle. On fit l'examen de gisements et d'échantillons dans les comtés de Portneuf, de Montmorency, de Drummond et du Saguenay. On avait auparavant fait quelques opérations d'extraction, mais ces gisements ne purent finalement se comparer à ceux qu'on avait trouvés au nord du fleuve Saint-Laurent.

En Ontario, on faisait l'examen d'échantillons dans plusieurs comtés, surtout dans le sud de cette

province, et d'un échantillon trouvé près de Cochrane. Cependant, à l'exception des échantillons du comté d'Halton où l'usine de peinture à base minérale de Campbellville extrayait des argiles bariolées et des schistes pour les broyer et ensuite les vendre aux manufacturiers de peinture, il n'y avait pas d'autre gisement en présence ou de prospect en vue. Les dépôts d'oxydes de Cochrane s'avérèrent utilisables uniquement pour la purification des gaz.

On exploitait un gisement d'asbolane, dans le comté d'Albert au Nouveau-Brunswick, qui fournissait un colorant satisfaisant; trois régions de la Nouvelle-Ecosse étaient riches en matières premières pour colorants dans les gisements d'oxyde de fer manganifère - dans les comtés de Hants, Kings et Lunenburg - ce dernier comté fournissant également de l'ambre. Les argiles rouges si abondantes au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Ecosse ne convenaient que comme matériau de charge dans la fabrication du linoléum.

Les publications de la Direction ne parlent plus des pigments minéraux, à l'exception du rapport de Robinson sur le titane dont il est fait mention dans la section sur les métaux et dans l'Annuaire des minéraux du Canada, sections des colorants et des matériaux de charge (cet annuaire dépend maintenant du Secteur de la politique minérale).

Je rappelle que Fréchette avait effectué des études systématiques entre 1908 et 1922, alors qu'il dirigeait la Division des gisements non métallifères, mais ses occupations administratives des dernières années ne lui permirent que peu de travail sur le terrain.

Les sels alcalins

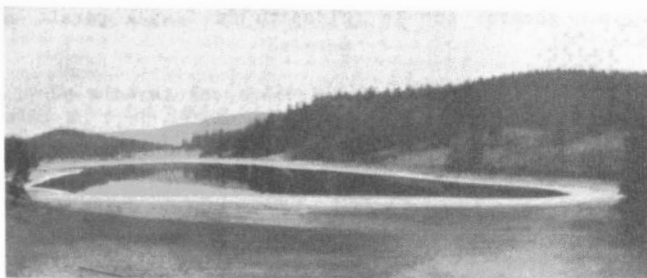
Ce projet fut établi en vue d'évaluer les gisements naturels de sulfate de soude et, en moindre importance, ceux de carbonate de soude et de sulfate de magnésium dans des régions arides de l'ouest canadien, surtout en Saskatchewan. Ce projet, de même que celui que nous venons d'analyser, était motivé principalement par l'importation qu'on faisait de ces matières, particulièrement importante dans le cas du sulfate de soude. L'importation en 1921 de sulfate de soude anhydre ou salignon s'élevait à environ 27 000 tonnes pour une valeur de \$680 000 et celle de sulfate de soude hydraté ou sel de Glauber, à 290 tonnes coûtant \$4 500. La production canadienne en 1921 était de 2 400 tonnes évaluées à \$55 000 et de 1 240 tonnes évaluées à \$42 700. L'industrie des pâtes et papiers utilisait des quantités considérables de salignon; on en faisait d'autres utilisations dans les industries du verre et de la métallurgie. Le sel de Glauber s'utilisait en médecine et était employé dans les industries du tannage et des textiles.

On utilisait en moins grande quantité le sulfate de magnésie ou sel d'Epsom, surtout à des fins

médicales, en agriculture ou pour la teinture. En 1921, on en exportait pour environ \$4 500 alors qu'on en importait pour environ \$30 000.

On trouvait ces sels surtout en couches ou dans les eaux salées mais les dépôts en couches étaient les plus productifs. Le programme principal dura quatre ans et comprenait des levés, des forages, des échantillonnages et des essais sur le terrain. Cole fut assisté à l'origine de F.M. MacNiven, puis il eut la collaboration en 1923 de H.A. Leverin et M.F. Goudge qui firent ensemble des expéditions de forage. L'échantillonnage était fait par des assistants sous la direction de Cole.

Ces travaux conduisirent à constater une augmentation dans l'évaluation des quantités de sulfate de soude à l'état naturel dans l'Ouest canadien pour les situer au-delà des 50 millions de tonnes. Le travail sur le terrain fut poursuivi par Goudge durant l'été de 1924 en Saskatchewan et en Colombie-Britannique où on avait trouvé plusieurs dépôts de sulfate de magnésie et de carbonate de soude. En 1926, Cole examinait un gisement de carbonate de soude du lac Soap au sud de Spences Bridge en Colombie-Britannique. Les rapports préliminaires parurent dans les rapports relatant les recherches sur les ressources minérales et la technologie allant des années 1920 à 1926 - SM Rap. 575, 588, 607, 616, 642 et 687. Une monographie sur le sulfate de soude parut en 1926 (53). Le Canada est devenu exportateur de sulfate de soude, et les expéditions en 1927, presque toutes vers les États-Unis, s'élevaient à 117 000 tonnes.



Le lac Soap en Colombie-Britannique

Le spath fluor

Eardley-Wilmot faisait l'examen en 1922 de la situation du spath fluor au Canada (MB Rep. 607, pp. 32-35). Je rappelle que c'est Spence qui, en 1914, avait signalé qu'environ seulement 40 tonnes du minerai produit au Canada avaient été utilisées par l'industrie canadienne. En 1922, cette situation s'était améliorée. La production domestique s'élevait à environ 4500 tonnes après une baisse par rapport à la production de 11 200 tonnes en 1921 dont 2 940 tonnes

exportées (6 900 tonnes en 1920) et 4 780 tonnes importées (6 810 tonnes en 1920).

En 1922, on extrayait le spath fluor en deux endroits du Canada - la vallée Kettle de la Colombie-Britannique et la région de Madoc en Ontario. Presque toute la production canadienne de 1922 provenait de la mine Rock Candy appartenant à la Cominco alors que la majeure partie de la production canadienne en 1918 provenait d'une trentaine de mines de Madoc. Quand Eardley-Wilmot se rendit dans cette région, il n'y avait que deux mines productrices, celle de Wallbridge et celle de McIllroy; la mine de Perry n'était plus en opérations mais épuisait ses stocks.

Le laboratoire de la préparation des minerais de la Direction des Mines consacra beaucoup de soins à la concentration du spath fluor de Madoc et des résultats satisfaisants furent obtenus dans des essais où l'on calcinait le minerai avant de l'envoyer à la table. Les mines de Madoc prospérèrent encore pendant la deuxième guerre mondiale alors que le gouvernement leur fournissait une aide financière. Ensuite aucun rapport ne paraît sur cette denrée jusqu'à 1961, date de publication de "Le spath fluor" de C.M. Bartley (MB IC 127).

La silice

Le rapport sommaire de 1918 comprend (pp. 52-68) deux rapports de Cole qui s'intitulent 'Rapport préliminaire sur les gisements de silice dans l'Est du Canada' et 'Notes préliminaires sur les gisements de sables de moulage dans l'Est du Canada'. Cependant Cole voit ses travaux interrompus parce qu'il doit effectuer avec Keele des relevés de matériaux structuraux dans la vallée du Saint-Laurent et parce que le projet des sels alcalins est lancé dans l'Ouest du Canada. Mais il trouve le temps malgré tout de terminer le rapport sur la silice de l'Est du Canada, qui paraît en 1923. Il passe les étés de 1925 et 1926 dans l'Ouest du Canada à la cueillette de données pour un rapport d'accompagnement qui paraît en 1928 (54).

La bentonite

A la suite des demandes du Bureau impérial des ressources minérales de Londres, concernant les ressources de bentonite du Canada, Spence se rend en 1920 en Alberta et en Colombie-Britannique pour examiner les gisements déjà identifiés. Des échantillons sont prélevés et le Laboratoire de chimie effectue les tests concernant les propriétés chimiques et physiques de cette matière dont l'utilisation maximale (surtout dans l'industrie du pétrole) n'en était qu'à ses débuts. Un rapport intitulé 'La bentonite' de H.S. Spence (SM Rap. 626) paraît en 1924.

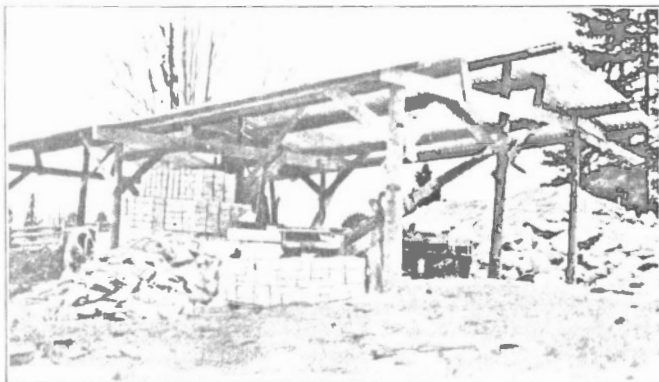
Le talc et la stéatite

Durant l'été de 1921, Spence fait l'examen

d'échantillons de talc et de stéatite dans la région de Kenora et dans le Comté de Lanark en Ontario, puis dans le comté de Mégantic au Québec. C'est dans cette dernière région qu'il trouve les échantillons les plus prometteurs. En 1922, Eardley-Wilmot fait un rapport sur les deux mines en opération dans la région de Madoc - la mine Henderson dans le canton de Huntington, qui produit les trois quarts des 14500 tonnes de la production canadienne de 1922, et la mine Connolly de la Asbestos Pulp Company qui exploite la même veine un peu à l'est de la mine Henderson. Cette dernière mine fournit la plus grande partie de la consommation canadienne de talc. Les prix varient considérablement de 9 à 22 dollars la tonne; les meilleures qualités sont réservées pour les poudres de talc et les autres qualités comme matériau de charge destiné à l'industrie du papier et du caoutchouc.

On faisait des travaux d'extraction et de prospection à l'ouest de l'Ontario à la mine Centre, dans le district de Rainy River et dans le canton de Zealand du district de Kenora où la Wabigoon Soapstone Company, que Spence avait visitée l'année précédente, venait de commencer l'exploitation d'un gisement. En Colombie-Britannique, deux compagnies faisaient l'extraction et l'expédition de quelques centaines de tonnes de talc - la Canadian Talc and Silver Company venait de construire un moulin à Keefers, et la Eagle Talc and Mining Company menait ses opérations à Wolf Creek dans le district minier de Victoria. Le rapport général de Spence sur les utilisations du talc et de la stéatite paraît en 1932 (55).

R.K. Carnochan et R.A. Rogers effectuent des tests d'enrichissement du talc de Madoc en 1932; ils en



Banc de scie démontable utilisé par la Robertsonville Soapstone Company dans les comtés de Leeds et de Thetford au Québec

améliorent la qualité en le séparant de la dolomie qu'il contient (Rapport de recherche sur la préparation du minerai et la métallurgie, SM Rap. 736, p. 231-234, 1932).

Le feldspath

En 1922, Eardley-Wilmot fait des recherches dans les mines de feldspath et fait de la prospection pour en relater d'une façon sommaire les progrès depuis 1911-1912, année où Spence avait fourni les premiers compte rendus de ce minéral (Rapport sommaire de 1922, pp. 21-31). La production minière ontarienne, autrefois localisée dans la région de Kingston, s'était déplacée depuis dans la région de Perth où la Rock Products Company avait expédié en 1922 environ 4500 tonnes de feldspath, devenant ainsi le second producteur canadien. Les travaux d'extraction antérieurs dans le comté de Frontenac au nord de Kingston se poursuivaient en même temps que des travaux de prospection dans la région de Bancroft.

La production canadienne la plus importante en 1922 provenait de la mine Derry, propriété de la O'Brien and Fowler Company de Buckingham, au Québec, qui expédiait environ 7500 tonnes, alors que la production du Québec avait été beaucoup plus restreinte que celle de l'Ontario dans le passé. En 1920, la production de l'Ontario atteint un record de 37 000 tonnes alors que celle du Québec n'est que de 650 tonnes. En 1921, le tonnage de l'Ontario baisse cependant à 20 000 tonnes alors que celui du Québec s'élève à 9500 tonnes. Spence effectue d'autres missions d'études minières du feldspath dans la région de Sudbury en 1923 et en 1926. Une nouvelle édition du rapport général sur le feldspath du Canada paraît en 1932 (56).

Les abrasifs

V.L. Eardley-Wilmot est embauché par la Division des Ressources minérales en 1921. Son premier travail consiste à préparer une monographie sur le molybdène dont il a été question dans les chapitres précédents. L'année suivante, il visite des exploitations actives des ressources minérales non métalliques en Ontario et au Québec. En 1923, il commence à s'intéresser aux ressources d'abrasifs que l'on trouve à l'état naturel et fait le point sur l'utilisation qu'on peut en faire. Ces ressources incluent les sables et les grès, les limons, la cendre volcanique, le grenat et la terre d'infusoires. Il se rend dans 88 localités des Maritimes et dans 32 de la Colombie-Britannique. Il fait la collection d'innombrables échantillons pour les examiner et les soumettre à des tests. Ce programme se poursuit jusqu'en 1935. En plus de ce travail sur le terrain, il fait le tour des usines qui se spécialisent dans les abrasifs artificiels au Canada et aux États-Unis. Cette recherche donne lieu à quelques rapports (57-58).

En 1935, Eardley-Wilmot commence l'étude des usines productrices de sables à explosifs, des grès à bardeau ou à stuc, des ardoises de couverture et des minéraux de charge; ce travail allait se poursuivre durant l'exercice du Ministère des Mines et des Ressources.

Le graphite

Nous rappelons que du temps de Haanal, Spence avait fait paraître une monographie sur le graphite en 1920 (SM Rap. 511) pour faire suite au rapport original de Cirkel (SM Rap. 18, 1907). En 1926, il reprend l'étude de ce minéral dans le but de promouvoir l'utilisation des paillettes de graphite dans la fabrication des creusets. A la suite d'une recherche préliminaire effectuée sur une échelle réduite, dont C.C. Parsons rend compte dans "La concentration des minerais de graphite en paillettes" (MB Memorandum Series no. 25, 1926), l'équivalent de deux wagons de graphite en provenance de l'ouest du Québec est envoyé au laboratoire de la préparation des minerais pour être soumis à des analyses; de plus, on expédiait un échantillon pour des tests à la Morgan Crucible Co. en Angleterre. Les résultats sont décrits dans "Recherches sur les ressources minérales et l'industrie minière, 1926", (SM Rap. 687, 1928) sous le chapitre "Le graphite de l'Ontario et du Québec" que signe H.S. Spence en 1926. Il n'est pas inutile de rappeler que la mine de Black Donald dans le comté de Renfrew, en Ontario, était la seule productrice au Canada durant les années de la dépression pour demeurer en activité jusqu'en 1954. En 1916, la production canadienne s'élevait à 3 955 tonnes et en 1932 à 345 tonnes. Le graphite n'est plus produit au Canada.

Le mica

Ce minéral fut également l'un de ceux que Cirkel étudia au tout début, en 1905 (SM Rap. 10). De Schmid fit paraître une monographie de 418 pages en 1912 (SM Rap. 118). Il poursuivit l'examen de la situation de cette industrie dont les opérations se déroulaient essentiellement dans l'ouest du Québec et dans l'est du Canada. La mine Lesley dans le comté de Frontenac, en Ontario, paraissait être la plus grande mine d'extraction de mica ambré du monde avant sa fermeture après la Première Guerre mondiale. Dans l'ouest québécois, le district des rivières de la Gatineau et du Lièvre était la principale région productrice. La production canadienne en 1924 atteint un sommet de 4 091 tonnes pour s'affaïsser à 310 tonnes en 1932. Spence (de Schmid) fait paraître une troisième édition du rapport sur le mica en 1929 (59).

L'amiante

En 1910, la production canadienne, qui dépend entièrement des mines du Québec, était de 102 215 tonnes; elle atteint 306 055 tonnes en 1929 pour se ramener pendant quatre ans à moins de 200 000 tonnes.

Après une reprise en 1935, elle remonte à 411 026 tonnes en 1937.

Il s'agit là d'un autre minéral à caractère industriel qu'avait étudié Cirkel (SM Rap. 11, 1905 et MS Rap. 69, 1910). La troisième édition de ces rapports est confiée au capitaine J.G. Ross d'Asbestos Corporation pour paraître en 1931: 'L'amiante chrysolite du Canada' (60).

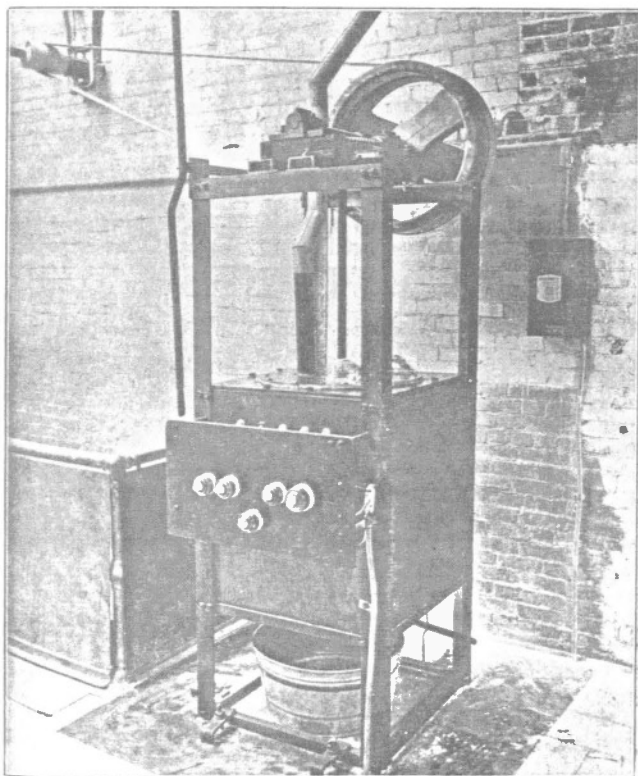
La pierre à chaux et la dolomie

Goudge entreprend une étude minière complète des pierres à chaux et des dolomies en 1925, en séjournant d'abord en Ontario et au Québec, puis dans les Maritimes, enfin dans tout l'ouest canadien; ce travail allait se poursuivre durant l'administration du Ministère des Mines et des Ressources. En 1930, il avait complété les relevés régionaux des ressources potentielles. Un rapport préliminaire paraissait en 1927 pour décrire les pierres à chaux de l'Ontario et du Québec (SM Rap. 682, 1927 en anglais; 683, 1929, en français). On avait recueilli une grande quantité d'échantillons. C.L. O'Brian, qui était entré au service du laboratoire chimique central de la rue Sussex en 1926, se confinait principalement à l'analyse des échantillons prélevés sur le terrain. En 1930, Goudge s'intéresse à l'extraction en carrière des calcaires et marbres qui entrent dans la construction ou servent de pierre ornementale; il s'intéresse également à la production du blanc d'Espagne. On découvre du marbre noir à St-Albert en Ontario. En 1931 Goudge découvre également des dépôts de calcaire argileux dans la péninsule du Niagara, qui conviennent pour la fabrication de la laine minérale dont on connaît l'utilité comme isolant. Les expériences s'avèrent prometteuses et les résultats parurent en 1931 dans SM Rap. 727, pp. 93-106. En 1936, on ne compte pas moins de trois manufactures de laine minérale qui sont établies en Ontario à partir des recherches préliminaires de Goudge.

Pendant plus de 20 ans, on dénombre une série de rapports qui confirment le soin qu'avait apporté Goudge à l'inventaire complet de ces ressources. Le rapport sur le Québec, paru en 1935, dut être réimprimé en 1962 (61).

Le gypse et le sel

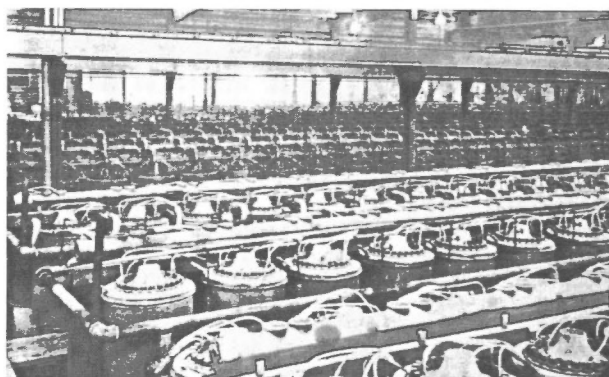
Cole reprit en 1926 des études minières et l'examen des procédés dans les industries du gypse et du sel. Cette année-là, il fait l'examen des gisements de gypse de Cranbrook et de Falkland, en Colombie-Britannique. En 1927, il dirige les missions d'études minières dans les Maritimes, s'arrêtant à la mine de Malagash qu'il avait découverte plus tôt en 1918. Il se procure de gros échantillons de gypse pour la recherche et des échantillons de sel gemme et de sel de source. On découvre la présence de sels de potasse



1



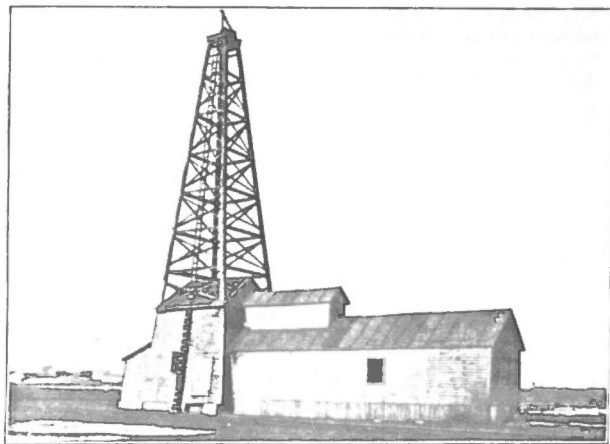
2



3



4



5

1. Four à calciner le gypse chauffé à l'électricité, inventé par L.H. Cole et construit dans les ateliers de construction mécanique de la Division des Combustibles et des Essais des combustibles de la Direction des Mines, rue Booth à Ottawa
2. La face d'abattage de la carrière de la Nova Scotia Coal and Gypsum Company, à Mabou dans le comté d'Inverness en Nouvelle-Écosse
3. Chambre des cellules électrolytiques pour la décomposition de l'eau salée, de la Canadian Industries Company Ltd., à Sandwich, Ontario
4. La plaine La Saline en Alberta
5. Structure typique d'un puits d'eau salée et son derrick, Canadian Industries Company Ltd., à Sandwich, Ontario

dans le puits de la Maritimes Oil and Gas Company dans la vallée du fleuve Petitcodiac au Nouveau-Brunswick (MB Rep. 710, 1930, pp. 19-27). En 1929, on invitait Cole à faire l'échantillonnage de sel gemme situé à une profondeur de 980 pieds dans un autre puits qui appartenait à la même compagnie; on effectua également des dosages de potasse, de brome et d'iode.

Il se produit en 1927 un événement d'une certaine importance: il s'agit de la tenue du deuxième Congrès impérial des mines et de la métallurgie; Cole est chargé d'accompagner le congrès jusque dans l'ouest canadien pour revenir au Québec et à Thetford Mines.

Cole compléta en 1929 le travail de mise à jour de sa monographie sur le gypse et le sel. La production de gypse au Canada, quoique variant d'une année à l'autre, indiquait une expansion du marché: en 1910, elle était de 525 246 tonnes pour passer en 1927 à 1 063 177 tonnes. Cependant, entre 1931 et 1936, elle baissait à moins d'un million de tonnes pour atteindre un minimum de 382 736 en 1933, mais en 1937, elle dépassait à nouveau le million de tonnes.

La production de sel au Canada, inférieure à 100 000 tonnes en 1910, dépasse les 300 000 tonnes en 1929 pour s'affaïsser légèrement pendant les deux années suivantes. Elle reprend le terrain perdu en 1934 pour atteindre 450 000 tonnes en 1937. Les rapports (62, 63) font état des récents progrès accomplis dans la technique de la production du gypse et du sel au Canada et aux États-Unis.

Il est sans doute pertinent de rappeler l'anecdote suivante qui se rapporte à la monographie rédigée sur le sel. "Alors que le docteur Camsell, Sous-ministre, attendait dans le bureau du Directeur de l'Institut Mellon de Pittsburgh, il jeta un coup d'oeil sur le bureau et y vit entre les appuie-livres trois livres: une Bible, les règlements de l'Institut et un volume qu'il lui semblait connaître. Quand le Directeur entra pour saluer Camsell qui avait dans les mains un exemplaire de 'Salt in Canada' de Cole, il déclara: je garde ce livre ici pour montrer aux étudiants et chercheurs comment se présente un rapport impeccable; c'est un exemple parfait."

En 1929, Cole, à qui se joignit plus tard R.A. Rogers, effectua des études sur le terrain et en laboratoire sur l'anhydrite (sulfate de calcium anhydre) et sur les ciments d'anhydrite. Un rapport intitulé 'Anhydrite in Canada: occurrences properties and utilization' par L.H. Cole et R.A. Rogers paraissait en 1933 (SM Rap. 732).

Le granit

La première étude effectuée sur le granit à la Direction des Mines, si l'on excepte le travail antérieur du professeur Park sur les pierres de construction et d'ornementation, fut rédigée en 1926

par C.H. Freeman; elle portait sur l'utilisation du granit dans le pavage (SM Rap. 687, pp. 64-68, 1928). En 1930, Cole entreprenait une étude sur le granit et les roches apparentées pour une utilisation dans la construction et l'ornementation; cette étude fut achevée durant l'exercice des Mines et des Ressources. Cependant il fallut attendre jusqu'en 1955 pour que paraisse une monographie sur le granit. Il s'agit d'un rapport volumineux illustré en couleurs par F.G. Carr au service de la Direction des Mines entre 1948 et 1956. Au coût de \$4.50, il s'agit de l'ouvrage le plus cher jusqu'à ce jour de toute l'histoire de la Direction des Mines (64).

Les sables pour utilisations particulières

Plusieurs membres du personnel se succédèrent dans l'étude des sables. On doit rappeler que Cole fut le premier agent engagé dans des études importantes de la silice, du sable calcaire et du sable de 1914 à 1918. J.F. McMahon, agent de la Division de la Céramique et des Matériaux de voirie entre 1925 et 1936, étudia le caractère réfractaire des sables de moulage avec rapport dans 'Recherches sur la céramique et des matériaux de voirie 1926' (SM Rap. 690, pp. 9-24). Cole et McMahon furent co-auteurs d'un rapport sur le kaolin et les argiles apparentées de l'île Punk au Manitoba dans le même volume (pp. 25-35). Cole,



Chantier d'abattage dans une mine de sel à Malagash en Nouvelle-Écosse

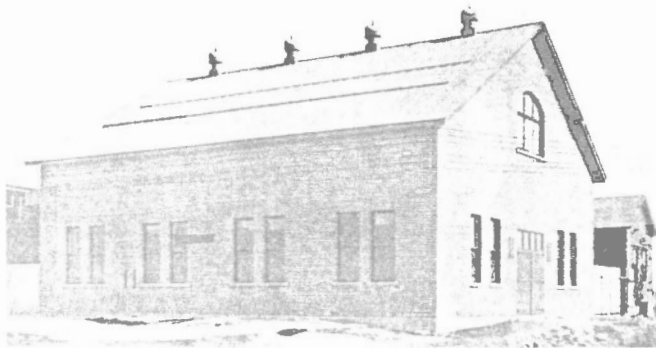
Carnochan et W.E. Brissenden de la Division du développement du Canadien Pacifique rédigeant ensemble un rapport concernant l'utilisation de certains sables du Canada pour le décapage; il est inséré dans 'Recherches concernant les ressources minérales et l'industrie minière en 1931' (SM Rap. 727) puis tiré à part (SM Rap. 727-1).

C.H. Freeman, qui en 1923 fut le premier chercheur assigné à la Section des dossiers de la Division des ressources minérales, commençait en 1928 une étude des sables et des graviers de l'est du Canada mais cette étude se spécialisa sur les sables de moulage. Un rapport préliminaire 'Les sables de moulage de l'est du Canada' paraissait dans 'Recherches concernant les ressources minérales et l'industrie minière en 1928' (SM Rap. 710, pp. 47-52). Freeman poursuivit ses travaux durant l'exercice du Ministère des Mines et des Ressources. Cependant, c'est en 1936, dernière année de l'exercice du Ministère des Mines, que paraît un rapport intitulé 'Les sables de moulage à liant naturel du Canada' de C.H. Freeman (SM Rap. 767 en anglais et 768 en français).

Le laboratoire des minéraux industriels

Après des travaux d'un an, on inaugura en 1926 un laboratoire 'non métallique'; il ne constituait qu'une partie de la reconstruction du laboratoire de la métallurgie et de la préparation des minerais qui avait été incendié en 1921. C'est Carnochan qui fut placé à la tête de ce laboratoire et Rogers lui fut adjoint après son transfert des laboratoires chimiques de la rue Sussex.

Les premières recherches entreprises en 1926 concernent: (1) le broyage fin du minerai de graphite d'une veine proche de Perth en Ontario, dans le but



Le laboratoire des minéraux non métalliques intégré au laboratoire de la préparation des minerais et de la métallurgie

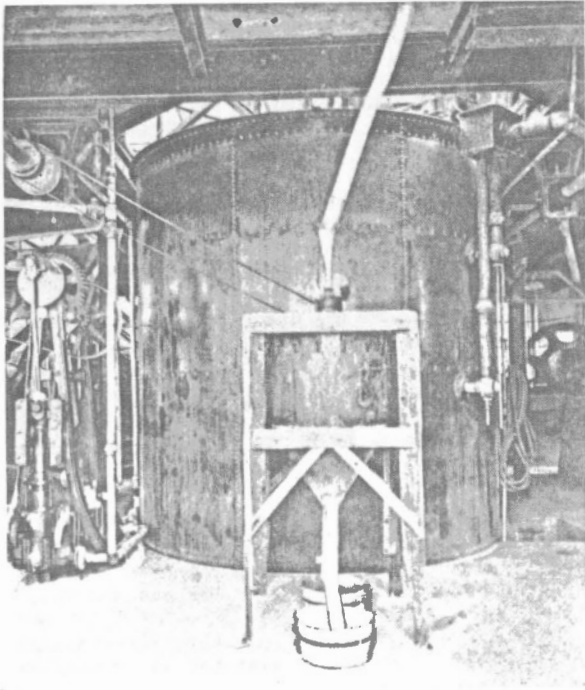
d'en éliminer les impuretés de calcite; (2) la concentration de flocons menus de graphite de basse qualité qu'on trouve à Buckingham au Québec; (3) la préparation de la bentonite dans le but de satisfaire aux exigences du marché.

La construction d'un laboratoire séparé destiné aux minéraux non métalliques après plus de quinze ans d'expérience du traitement combiné des métaux et des autres minéraux constitue une décision capitale quand on considère surtout le passé des responsables, McLeish et Timm. Cette décision a dû découler de la constatation des différences entre les minéraux métalliques et les minéraux industriels. La comminution et les traitements de préparation diffèrent généralement, même s'il est parfois possible de se servir des mêmes appareils. Les minéraux industriels doivent être préparés pour des utilisations finales distinctes où la taille, la couleur, l'humidité, etc., sont des facteurs importants dans les exigences du marché. Les procédés de traitement doivent débarrasser les minéraux industriels de petites quantités d'impuretés au coût le plus bas possible puisque ce sont des matières dont le prix est relativement peu élevé.

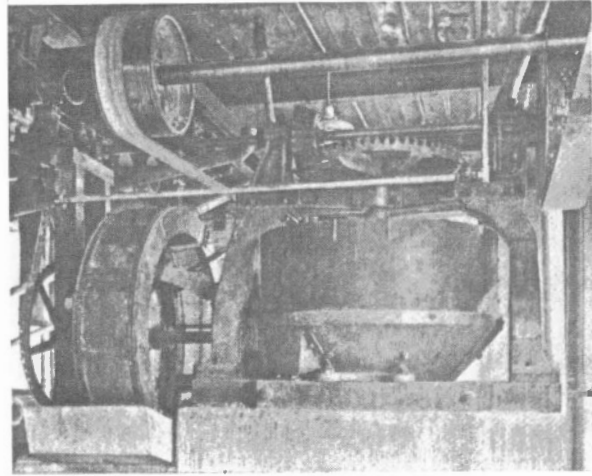
L'appellation "minéraux industriels"

Le lecteur aimera peut-être savoir quand et pourquoi l'expression "minéraux industriels" fut pour la première fois appliquée aux non-métalliques. L.H. Cole rappelle que jusqu'au 34ième congrès annuel général de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie, tenu en 1933 à Toronto, il n'y avait que des sessions plénières et pas de réunions de section. L'Institut acceptait des communications sur les non-métalliques mais les reléguait habituellement en fin de session lorsque l'assistance était moins nombreuse. Par exemple, au congrès annuel général de 1929 à Winnipeg, le premier à l'Ouest des Grand Lacs, Cole présentait une communication intitulée: "Le rôle des non-métalliques dans l'industrie minière"; il s'agissait de la dernière communication de cette session. Après une communication sur un minéral métallique, la salle se vida presque et il ne restait plus que quatre personnes: Cole, deux membres du congrès et le Président de séance, Gordon Hutt, du Canadien Pacifique. Cole demanda que sa communication soit considérée comme donnée et la session fut close.

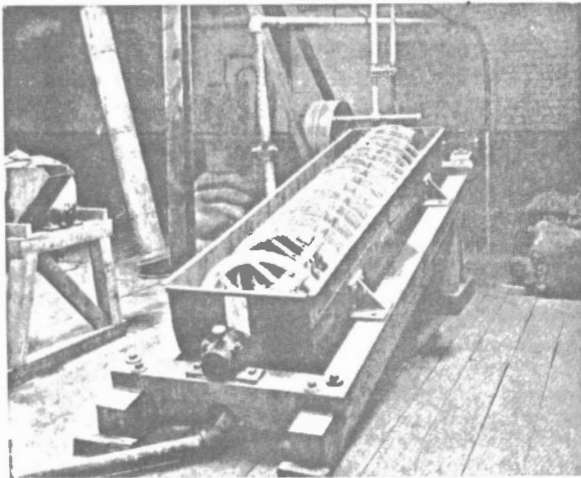
E.J. Carlyle, le nouveau secrétaire de l'Institut qui avait été nommé en 1931, parla avec Cole de cet incident et suggéra ensuite la préparation d'une note à l'intention du Conseil de l'Institut. La rédaction de cette note fut confiée à un groupe de spécialistes des mines de l'équipe de la Direction des Mines, qui comprenait entre autres Cole et Fréchette, qui jouèrent certainement un rôle prépondérant. Selon la confrérie du 'roc dur', les non-métalliques ne sont que des minéraux prosaïques et, qui plus est, leur extraction est considérée comme un procédé de transformation. C'est à Howells Fréchette qu'on doit d'avoir suggéré le



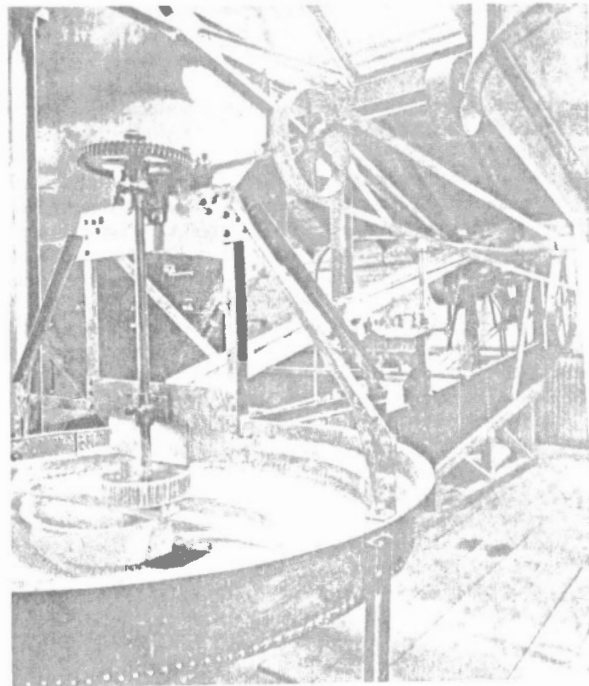
1



2

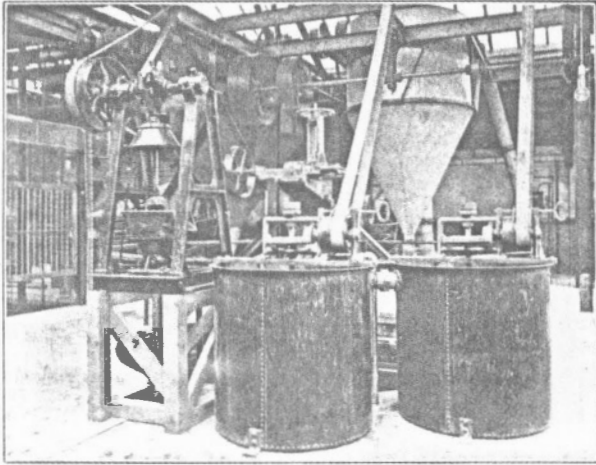


3



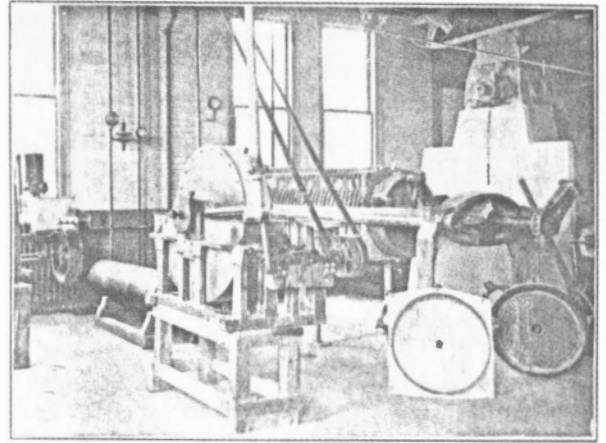
4

Les équipements du laboratoire des non-métalliques; 1. au premier plan: un épaisseur Dorr de 12' X 12' et un séparateur à air Gayco de 30 pouces; 2. un moulin chilien pour le broyage de la silice; 3. un classeur Akins de 24 pouces; 4. un classeur à cuve Dorr et un séparateur à air Sturtevant de 8 1/2 pieds; une cuve destinée aux fines traitées par flottation à l'eau, et un séparateur de fines traitées par flottation à l'air (suite page suivante).



5

5 - Une pompe Dorrico, un épaisseur Dorr et deux réservoirs à mélange; 6-Un filtre Oliver de 3' x 6' et un filtre-presse Patterson de 28 pouces



6

nouveau terme 'minéraux industriels' pour remplacer le terme négatif 'non métalliques'.

Le 15 octobre 1932, le Conseil accepta la création de la Section des Minéraux industriels, première section de l'Institut, et nomma un comité général de la section pour la première année; L.H. Cole en était directeur et N.B Davis secrétaire. Ils occuperont leurs fonctions deux années de suite, de 1932 à 1934. Ce comité organisa les trois sessions de communications de la Section des Minéraux industriels aux mêmes horaires que les sessions plénières de l'Institut durant la 33ième assemblée générale annuelle à Toronto.

Le terme 'minéraux industriels' fut officiellement adopté en mars 1935 par l'Institut américain des ingénieurs des mines de la métallurgie et de la pétrochimie. La Section des minéraux industriels de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie deviendra une division en 1941.

LES MÉTAUX

Structuration de la Division de la préparation des minerais et de la métallurgie

Après la démission en février 1919 de G.C. Mackenzie, alors Chef de la Division de la Préparation des minerais et de la métallurgie, W.B. Timm, qui était pratiquement surintendant des laboratoires de la Division depuis plusieurs années, fut nommé chef intérimaire de la Division. Il fut confirmé dans ses fonctions le 1er avril 1920, quelque huit mois avant la démission officielle de Haanel; il devait occuper ce

poste jusqu'à la fin de l'exercice du Ministère des Mines.

Il dut faire face immédiatement aux problèmes que lui causaient les démissions d'après guerre et les pertes encourues à la suite de l'incendie qui avait détruit en février 1921 une partie des laboratoires, des bureaux et des ateliers de la rue Booth. On dut transférer pendant un certain temps tout le travail d'analyse chimique à la rue Sussex. Il n'y avait alors que trois professionnels dans le personnel: R.K. Carnochan, ingénieur assistant des mines, qui avait été recruté à la Division en 1920, et H.C. Mabee et R.J. Traill, chimistes.

Timm s'occupa lui-même d'un plan vigoureux de structuration dans le traitement de la métallurgie, qui allait devenir au cours de la décennie suivante l'une des meilleures institutions de recherche et de développement sur les procédés métallurgiques. Des travaux considérables de construction et d'aménagement furent entrepris en plusieurs étapes au fur et à mesure de l'accroissement des programmes de recherche, nécessitant des espaces accrus. Au début, ces travaux prirent la forme d'ajouts aux bâtisses déjà existantes; c'est ainsi que les laboratoires suivants furent construits durant cette période: en 1924, un laboratoire d'hydro-métallurgie, en 1926, un laboratoire des non-métalliques, et en 1928-30, un laboratoire de pyrométallurgie et métallographie. Un nouvel édifice, construit en 1930 au 552 rue Booth, abritait les laboratoires et le personnel à l'endroit même où se trouvait autrefois le premier édifice de la rue Booth, qu'on appelait alors édifice de la Tourbe.

En dépit de ces modifications et de l'extension des activités de recherche et de développement, Timm s'assura que la recherche fondamentale sur le traitement des minerais et des minéraux ne serait nullement affectée. C'est ainsi qu'il s'occupa de la mise à jour des équipements de préparation tant à l'échelle des installations-pilotes qu'à l'échelle de laboratoire. Durant son mandat de Chef de la Division qui allait durer 16 ans, environ 500 recherches vont paraître, dont un nombre élevé à une grande échelle. Ces publications ont contribué au développement d'un grand nombre de schémas de traitement en usine. De plus, un grand nombre de recherches furent effectuées pour des compagnies qui demandaient des rapports confidentiels et exigeaient que les résultats ne soient pas divulgués.

En 1928, Timm introduisit la structure fonctionnelle suivante pour la Division de la préparation des minerais et de la métallurgie:

Section de la préparation des minerais (métalliques):

Ingénieur responsable - C.S. Parsons (1914-1918),
(1921-1951)
Assistants:- A.K. Anderson (1916-1953)
- J.S. Godard (1922-1931)
Surintendants des ateliers - B.M. Derry (1914-1930)
- A. Davie (1917-1938)

Section de la préparation des minerais (minerais non métalliques):

Ingénieur responsable - R.K. Carnochan (1920-1940)
Assistant - R.A. Rogers (1924-1956)

Section de l'hydrométallurgie et de l'électrochimie:

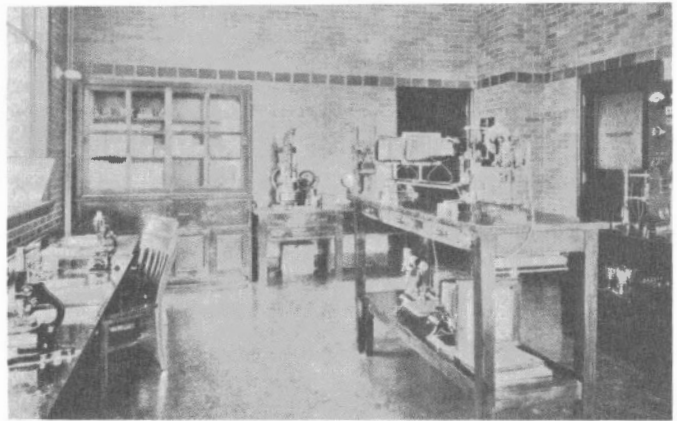
Agent responsable - R.J. Traill (1916-1955)
Assistants - W.R. McClelland (1924-1956)
- J.P. Johnston (1925-1960), combustibles
1925-1927)

Section de la chimie:

Agent responsable - H.C. Mabee (1914-1937)
Assistants - B.P. Coyne (1917-1919 et 1921-1950)
- H.L. Beer (1927-1954)
- L. Lutes (1916-1966)
- W.F. White (1927-1953)

Section du fer et de l'acier:

Agent responsable - T.W. Hardy, Combustibles
(1914-1919), Métallurgie
(1928-1934)
Assistants:- A.E. Laroohelle (1927-1966)
- W.S. Jenkins (1930-1964)
- H.H. Bleakney (1931-1935) et métallurgie
physique (1952-1963)



Laboratoire de minéragraphie

Laboratoire de minéragraphie:

Agent responsable: M.H. Haycock (1931-1965).

Le laboratoire de minéragraphie, dont l'inauguration a eu lieu en 1932 fournit les installations nécessaires aux examens microscopiques et aux analyses spectroscopiques dans le traitement des minerais métalliques et des minerais industriels, des produits d'usine, etc.

Les dates relevées dans la liste ci-dessus indiquent le nombre d'années passées au service de la Direction des Mines. Trois groupes de laboratoire, le laboratoire de la recherche et des essais des minerais, le laboratoire de pyrométallurgie et le laboratoire minéragraphique font l'objet de descriptions dans la série des Mémoires des Mines (65).

L'aptitude des membres du personnel à mener plusieurs genres de travaux leur permettait d'aller d'une section à l'autre: quand une section était débordée de travail, le personnel d'autres sections lui venait en aide. Cette liste pourrait s'allonger, notamment si l'on incluait le personnel des ateliers et les employés à temps partiel.

La somme de travail accomplie par une équipe relativement restreinte est digne de mention: si nous prenons par exemple l'année fiscale se terminant le 31 mars 1936, la dernière de l'exercice du Ministère des Mines, on note que 137 rapports de recherche furent présentés, dont 51 publiés et les autres envoyés à des groupes de l'industrie ou de la Fonction publique. Ils comprenaient des études sur les minéraux métalliques et radioactifs, les minéraux non métalliques et les produits métallurgiques. Au laboratoire de minéra-

graphie, on effectuait 104 déterminations minérales et 38 analyses spectroscopiques. Du côté du travail minéralogique, on effectuait 1166 opérations de brunissage des minerais et de produits d'usine et préparait 27 sections minces de minéraux non métalliques. Les laboratoires de chimie reçurent 4935 échantillons sur lesquels furent effectuées 14644 dosages chimiques. Les recherches de moindre importance ne sont pas mentionnées dans ce décompte. On doit se rappeler que l'état des connaissances dans le traitement métallurgique n'était pas ce qu'il est aujourd'hui; on imagine aisément que plusieurs des manipulations n'étaient nullement routinières et nécessitaient au préalable des travaux préparatoires en vue de résoudre des problèmes spécifiques.

C'est une chance que toutes les installations dont il est fait mention ci-dessus furent érigées et, pour la plupart, bien en place avant le début de la dépression des années trente qui allait entraîner des coupures draconiennes dans les budgets.

Timm avait pris l'habitude de garder le contact avec les industriels en effectuant régulièrement des visites aux campements miniers et aux usines métallurgiques pour leur faire part des nouveaux procédés de traitement; plusieurs membres du personnel des laboratoires se rendirent même aux usines pour y collecter des informations de première main concernant les problèmes en usine et les nouveautés en métallurgie. A titre de délégué du Ministère, Timm assista en 1930, en Afrique du Sud, au troisième Congrès impérial des mines et de la métallurgie. Durant les années de dépression, il y eut une réduction dans les frais de voyage, mais on n'annula pas les missions essentielles d'études minières ni la participation aux conférences.

On peut évaluer l'estime dont jouissaient les travaux de la Division par les accords de coopération passés en 1927 avec la Base Metals Extraction Company du Royaume-Uni et la Cassel Cyanide Company du Canada. En 1929, le même type d'accord était conclu avec l'American Cyanamide Company. La Base Metals Extraction Company fit construire un laboratoire et l'équipa pour les essais et les démonstrations d'un procédé hydro-métallurgique dans le traitement des minerais complexes de plomb-zinc et de zinc-cuivre. La compagnie Cassel plaça un chercheur boursier à la Direction des Mines pour étudier l'utilisation du cyanure dans la flottation sélective des minerais sulfurés de métaux vils, surtout cuivre-zinc. C'est en 1929, à la demande du docteur J.N. Greenwood, professeur de métallurgie à l'Université de Melbourne en Australie que C.B. O'Maley, qui venait alors d'être chargé d'un cours sur la préparation des minerais, allait passer une période de cinq mois d'entraînement dans les laboratoires de la Direction des Mines pour se familiariser avec les travaux des usines canadiennes et américaines. Enfin des chercheurs de l'industrie et des manufactures d'équipement profitèrent des installations des laboratoires pour y effectuer des essais concernant les

problèmes du traitement des minerais. Cependant la dépression mit fin à ces recherches en coopération.

Entre 1920 et 1936, la poussée de la recherche et des travaux d'enquête de la Division porta sur les métaux communs jusqu'aux années de la Dépression et après 1930, sur les métaux précieux dont l'or. Timm ne négligea pas la métallurgie ferreuse; en fait, il fit engager quelques recherches visant à la promotion de la pyrométallurgie et de la métallurgie physique. Finalement, on accorda aux minerais industriels une attention plus soutenue que sous Haanel.

LES METAUX COMMUNS

Au fur et à mesure de l'accroissement au Canada des travaux de prospection et d'extraction, on se rendait mieux compte de l'abondance des métaux communs qu'on trouvait surtout dans des minerais sulfurés complexes tels que plomb-zinc, zinc-cuivre, etc. qui sont presque toujours alliés à des sulfures de fer. Ces minerais contiennent souvent des métaux précieux et l'on éprouvait de singulières difficultés dans la récupération efficace, par exemple, de l'or et de l'argent à partir des minerais de tellurure. Les techniques anciennes de séparation et de concentration, par exemple les méthodes magnétiques électrostatiques ou humides -par lavage au jig ou sur des tables à percussion, etc.-, ne convenaient pas à ces minerais. On faisait ainsi la fusion de concentrés impurs et il s'ensuivait des pertes de métaux et une baisse de qualité des produits. Nous rappelons que c'était le cas des minerais de plomb-zinc de la Colombie-Britannique (chapitre 3).

Haanel et le personnel de la Direction des Mines étaient au courant de la plupart des nouveautés dans les techniques de flottation, depuis les premières expériences d'Ingall en 1905, et se tenaient au courant de la technologie développée en Amérique du Nord ou ailleurs. Quand on agrandit les laboratoires de préparation des minerais en 1912, on prévint l'installation (qui eut lieu en 1914) d'un appareillage de flottation à l'huile (Rap. Som. 1914, p. 76).

Le molybdène

En dépit de leur compréhension imparfaite du processus de flottation, MacKenzie, Timm et un petit groupe de collègues des laboratoires de préparation des minerais durent faire face aux défis que leur posaient les objectifs en temps de guerre: c'est ainsi qu'en 1915, ils eurent à concevoir une méthode efficace de séparation et de concentration de la molybdénite. Comme nous l'avons déjà vu, leur recherche fut couronnée de succès. Le traitement sur commande des minerais de molybdénite cessa après le 1er août 1918, à cause surtout de l'arrêt des commandes urgentes du gouvernement britannique, et en raison des entraves causées aux autres travaux d'essais par le caractère commercial des travaux sur la molybdénite. Dans les années qui

s suivirent la guerre, la demande de minerais de molybdène s'amenuisa. La demande atteint son sommet en 1917 quand le minerai prêt pour la vente et ses concentrés totalisent 1554 tonnes, ce qui ne fut pas dépassé durant la Seconde Guerre mondiale. Le principal producteur durant la Première Guerre mondiale était la Quyon Molybdenite Company dans le comté de Pontiac, au Québec. Elle ferme ses portes en 1929 pour les rouvrir à la fin des années de Dépression juste avant la Seconde Guerre mondiale. La seule production enregistrée par le Bureau fédéral de la Statistique entre le début et le milieu des années trente concerne 1222 livres de concentré traités en 1932 aux laboratoires de la Direction des Mines à partir d'un minerai extrait dans le comté de Bagot, en Ontario.

La flottation différentielle et les études des réactifs de flottation

À la suite de l'utilisation des techniques de flottation appliquées au minerai de molybdène, on se servit de plus en plus de ce procédé pour résoudre les problèmes de récupération quand les méthodes de concentration par gravité à eau étaient insuffisantes pour traiter des minerais métalliques comme les sulfures mixtes ou les minerais de basse qualité, ou des minerais non métalliques comme le graphite.

Parallèlement, les réactifs de flottation étaient à l'étude, ce qui allait conduire à la maîtrise de la flottation différentielle ou sélective, c'est-à-dire la séparation par étapes des minéraux dans l'ordre de leur 'aptitude' à la flottation. L'étude des réactifs avait alors débuté en 1916 quand les producteurs de cobalt-argent avaient sollicité l'aide du gouvernement pour le traitement des minerais de basse qualité.

Avant de travailler à la Direction en 1917, R.E. Gilmore avait été à l'emploi des Forest Products of Canada Laboratories, situés à Montréal. Comme on était à court d'huile de pin importée, un programme d'essai avait pour objet de lui trouver un substitut canadien. La distillation poussée d'essences de bois canadiens effectuée par Gilmore conduisit à un substitut satisfaisant de l'huile de pin à partir des bois francs plutôt que des pins canadiens qui étaient de teneur trop faible.

Parsons utilisa ces huiles dans des essais de flottation à Ottawa, et des essais à l'échelle normale furent conduits à Cobalt. Les deux auteurs présentèrent une communication au congrès annuel de l'Institut canadien des mines tenu à Montréal en mars 1917 ("Les huiles de bois canadien pour la flottation des minerais" de C.S. Parsons et R.E. Gilmore, et Trans. Can. Min. Inst., Montréal, volume XX, pp. 38-92).

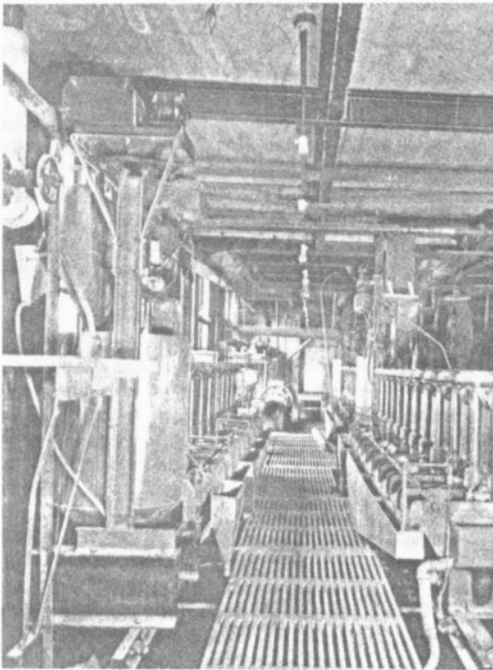
Le programme de recherche sur les réactifs de flottation allait être interrompu par les travaux sur les minéraux utilisés en temps de guerre, mais il reprit en 1921 et allait s'étendre à l'étude des huiles

minérales et d'autres réactifs fabriqués au Canada. On distribua un questionnaire aux industriels des mines pour leur demander de coopérer en stimulant l'utilisation des produits fabriqués au Canada et en fournissant des données sur la quantité des huiles et des réactifs utilisés, leur coût, etc. Parsons faisait paraître en 1928 un rapport ("Recherches concernant les ressources minérales et l'industrie minière en 1926", SM Rap. 687). Les études de la Direction des Mines sur les réactifs furent effectuées surtout par Parsons avec des assistants de laboratoire et d'usine. Elles gagnèrent en importance quand un accord de coopération fut signé en 1927 avec la Cassel Cyanide Company et en 1929 avec l'American Cyanamide Company, comme nous l'avons souligné précédemment. Timm estimait que la présence de chercheurs associés de l'extérieur était bénéfique aux activités de recherche et de développement des laboratoires de préparation des minerais, de même qu'au laboratoire de chimie où Mabee étudiait la récupération du fer, du soufre, des métaux précieux et des métaux communs à partir des sulfures métalliques.

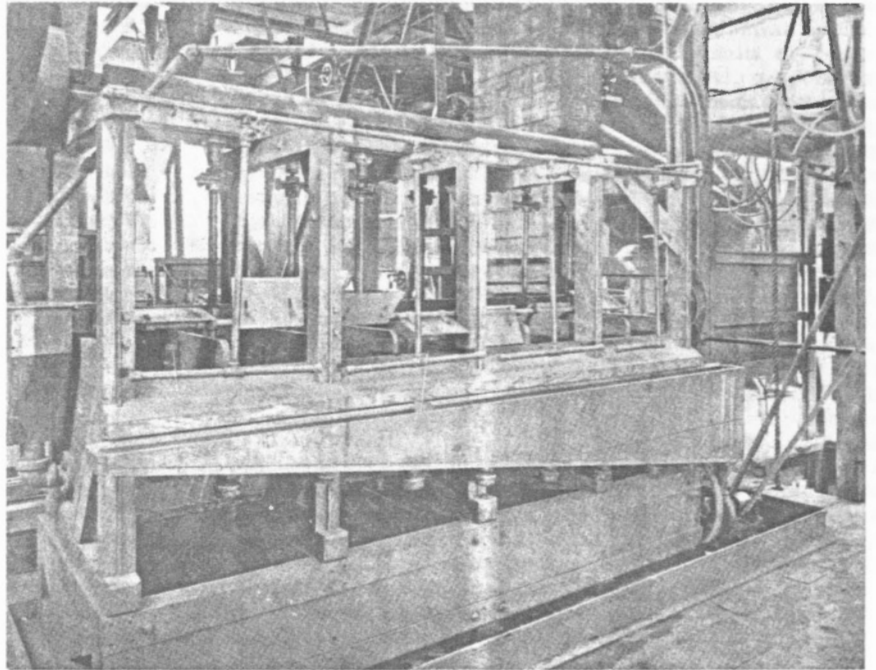
Recherche et développement sur le traitement des minerais de métaux communs

Il n'est pas facile de fournir une liste précise dans les limites de ce livre, sinon pour signaler qu'entre 1920 et 1936, lorsque le Ministère des Mines cessa d'exister, on avait effectué environ 510 études aux laboratoires de préparation des minerais de la Direction des Mines. Des comptes rendus très détaillés des minerais à l'étude durant cette période paraissent dans "Recherches sur la préparation des minerais et la métallurgie"; ces rapports sont annuels entre 1920 et 1932 et bi-annuels entre 1933 et 1939, c'est-à-dire durant les trois années précédant la disparition du Ministère des Mines et des Ressources. Des 510 rapports parus, au moins 200 se rapportent aux métaux communs, et ils paraissent surtout dans la période suivant la Dépression. Il y eut probablement au moins autant d'études non publiées.

Parsons étant revenu en 1921, c'est à partir de 1922 qu'on assiste à l'augmentation toujours croissante de programmes d'essais des minéraux industriels; ceci répondait aux besoins ressentis dans l'industrie et aux initiatives du personnel, et allait conduire à l'utilisation de nouvelles techniques de flottation sélective (66). Plusieurs des compagnies minières mandataient des membres de leur personnel pour participer au programme d'essais, démarche encouragée par Timm. Les tests sur banc d'essais précédaient les tests en usine-pilote. Quand ces recherches aboutissaient à des organigrammes de traitement la Direction des Mines se tenait constamment au courant des opérations, même après l'entrée en fonction des usines, et prodiguait ses conseils en cas de problème. Comme l'attestent tous les rapports, le personnel de préparation des minerais et de métallurgie à la Direction des Mines a eu beaucoup plus de contacts et d'échanges d'idées avec les métallurgistes et le



1



2

Quelques-uns des équipements utilisés dans la recherche en flottation;
 1 - appareil de flottation d'une capacité de traitement de 500 livres à
 l'heure; 2 - machine de flottation par agitation mécanique de marque
 Greenawalt (suite page suivante)

personnel des usines industrielles que ne l'auraient permis les rencontres professionnelles normales.

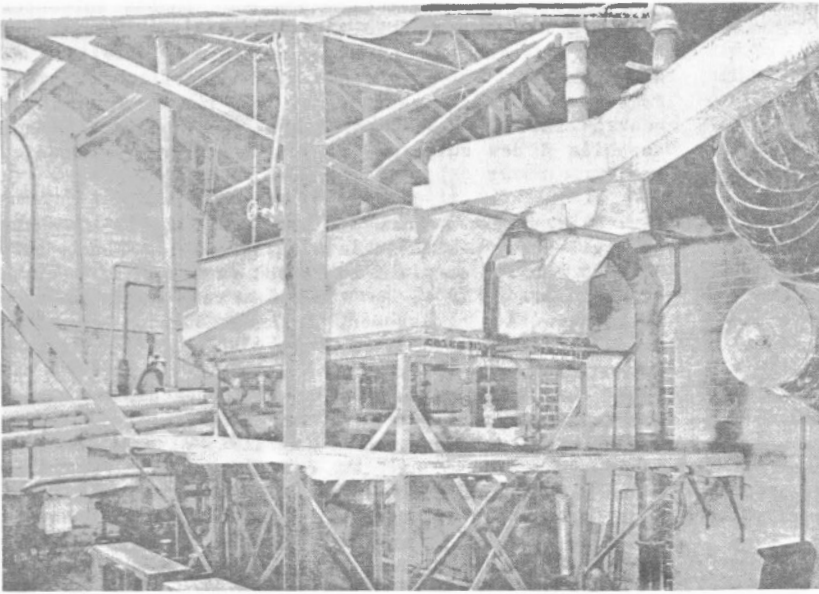
La plupart des compagnies actuellement en fonction ou celles qui les ont précédé, comme Cominco, Noranda, Sherritt Gordon, Hudson Bay Mining, Inco et Falconbridge firent effectuer des études aux laboratoires de la Direction des Mines durant cette période. On notera que le procédé de la flottation sélective fut utilisé la première fois au Canada à la mine Sullivan de Cominco; on croit que le premier essai du concept a eu lieu en 1913 à Broken Hill, New South Wales, Australie.

Il est pertinent d'extraire du rapport annuel du directeur de la Direction des Mines (Rapport du Ministère des Mines pour l'année fiscale se terminant le 31 mars 1934, p. 24) le texte qui indique l'impact que devaient avoir sur l'industrie ces activités de recherche et développement: "Durant les trois dernières années, on a effectué au moins 170 études de traitement de minerai. Durant la même période, 28 usines ont été construites; on a effectué des change-

ments majeurs pour amener une plus grande efficacité des opérations dans six usines déjà en fonction; neuf usines sont maintenant en construction (avril 1934) et on prévoit la construction de vingt-neuf autres usines. Toutes ces usines ont un commun dénominateur: le traitement de minerais dont les tests préliminaires ont été effectués dans les laboratoires de préparation des minerais."

Recherche en hydrométallurgie et en électrochimie

Il est intéressant de signaler les débuts de la recherche en hydrométallurgie et en électrochimie à la Direction des Mines. En 1921, on effectuait à une échelle très réduite des tests de grillage et de lixiviation à l'eau et à l'acide sur un minerai sulfuré complexe provenant de Flin Flon mais on n'en obtint aucun résultat. En 1922, R.J. Traill instaurait un programme de recherche en hydrométallurgie et en électrochimie, d'abord à petite échelle en laboratoire puis graduellement à plus grande échelle jusque vers la fin de la décennie, où l'on disposa d'équipement bien meilleur.

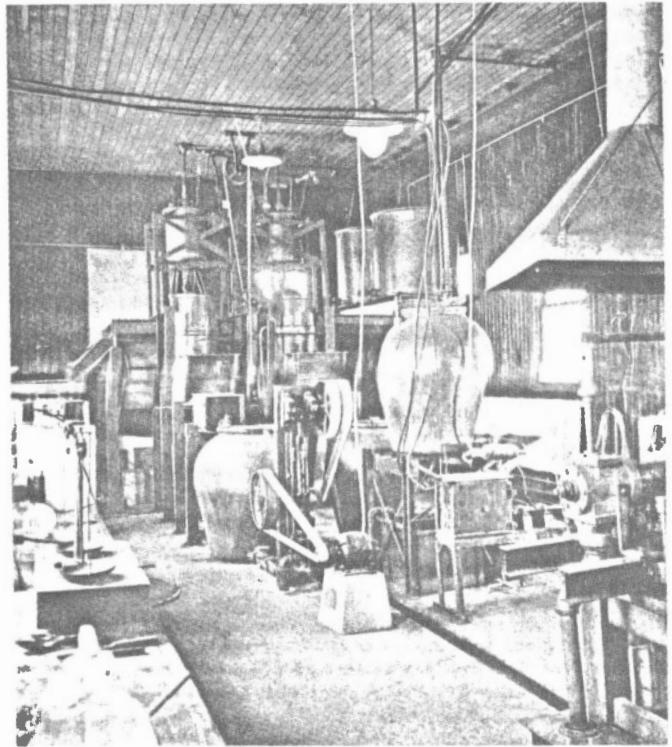


3

3- L'appareil de flottation pneumatique Callow comprend deux cellules pour le gros et deux pour le menu dans les tests de comparaison à grande échelle. Cet appareil est muni de cellules à agitation mécanique. Les deux types d'appareils de flottation ont chacun une capacité de 1000 livres à l'heure.

A l'origine de ce programme, on remarque la promptitude de Traill à dépister et à examiner les nouveautés dans la recherche; il est probable que son intuition de chimiste lui ait suggéré que la voie chimique éviterait les pertes dans l'atmosphère et les scories qui se produisent dans les procédés de fonte. De plus il pensait que les procédés hydrométallurgiques permettraient une meilleure récupération de tous les constituants des minerais complexes qui abondent au Canada. En fait, Traill renforça les divers domaines concernés dans la métallurgie de l'extraction et en électrochimie: lixiviation avec ou sans grillage, électrodéposition et précipitation chimique des métaux. Il est évident que des chimistes comme Traill et Mabee, et leurs jeunes associés comme MacClelland et Johnston, étaient compétents, avaient des talents variés et répondaient aux objectifs que s'était fixés la Direction depuis Haanel quant au rôle créatif du chimiste. La plupart des travaux de recherche visaient la production électrolytique de fer à partir de sulfure de fer et la production d'oxyde de titane à partir de minerais titanifères avec récupération du soufre et des autres métaux dans le minerai. Cependant, plusieurs recherches concernaient principalement les métaux communs et la récupération des métaux précieux. Voici trois exemples de telles études:

1. Traitement hydrométallurgique de la pyrite de Noranda contenant de faibles quantités d'or et de cuivre, en 1925.
2. Procédés hydrométallurgiques et électrochimiques pour la récupération du zinc des minerais concentrés et résidus canadiens, en 1929.



Les équipements du laboratoire électrochimique utilisés dans les recherches électrolytiques sur le fer

3. Traill et Mabee travaillèrent en collaboration avec la Base Metals Extraction Company dont nous avons parlé plus haut; on équipa un laboratoire pour effectuer des tests et des démonstrations du procédé hydrométallurgique de la compagnie dans le traitement des concentrés en vrac tirés de minerais sulfurés complexes de métaux communs. Cette étude fut effectuée en 1929, mais à cause des années de Dépression, la compagnie mit fin au projet en 1931.

Ces recherches sont décrites dans "Recherches sur la préparation des minerais et la métallurgie" (SM Rap. 617, pp. 107-114) et (SM Rap. 643, 670, 688, 695, 711 et 720 (de 1924 à 1929 inclusivement)).

À la suite de la découverte historique en 1930 de la pechblende à Great Bear Lake dans les Territoires du Nord-Ouest, le groupe de Traill allait s'impliquer dans la recherche hydrométallurgique en relation avec les minerais radioactifs.

L'OR ET L'ARGENT

Il est peut-être bon de rappeler l'histoire de la production de l'or et de l'argent au Canada. Après la production de plus d'un million d'onces d'or par an pendant quatre années successives entre 1899 et 1902, avec une pointe de 1,35 million d'onces - qui provenaient des gisements aurifères du Klondike au Yukon - la production globale du Canada, qui provenait surtout des mines souterraines de l'Ontario et de la Colombie-Britannique, allait se maintenir à moins d'un million d'onces par an pendant les vingt années qui suivirent. En 1922, elle est de 1,26 million d'onces, dont environ un million d'onces en provenance de l'Ontario. Elle passait à 2,1 millions d'onces en 1930 pour atteindre un sommet de 5,35 millions d'onces en 1941. Elle subit ensuite un déclin pour se rétablir à la fin de la guerre et atteindre un nouveau sommet en 1960 avec 4,63 millions d'onces. Après un nouveau déclin, elle se maintient actuellement aux alentours de deux millions d'onces par année. L'histoire de l'argent se présente différemment.

Un sommet de presque 33 millions d'onces en un an est atteint pour la première fois en 1910 dans l'exploitation de minerais, surtout ceux de Cobalt. La production connaît des hauts et des bas pendant les 35 années suivantes entre le sommet précédemment atteint et un niveau minimum d'environ 12 1/2 millions d'onces en 1946. Elle remonte cependant à nouveau les années suivantes et atteint 41 millions d'onces en 1975. L'argent est surtout un sous-produit qui dépend du traitement de minerais complexes, de la fonte et du raffinement des métaux communs et de l'or brut. Jusqu'en 1920, les laboratoires de préparation des minerais de la Direction des Mines ne mentionnent que neuf minerais aurifères en relation avec la récupération de l'or. Les essais effectués sur des échantillons de minerais d'or et d'argent se présentent bien entendu d'un façon périodique depuis le début de l'exercice du

Ministère des Mines. Durant les neuf années suivantes jusqu'en 1929 quelque quarante échantillons sont soumis à un traitement. En 1936, à la fin de l'exercice du Ministère des Mines, quelque 220 échantillons avaient fait l'objet d'une description. Très peu de minerais de quartz aurifère sont analysés, la plupart étant associés à des sulfures de fer, de cuivre, d'arsenic, etc.

Les années trente et une partie de la décennie qui suit coïncident avec le boom de l'or du Canada qui, de 1929 à 1933, se place au second rang après l'Afrique du Sud, et en 1934, au troisième rang après l'Union soviétique. L'accroissement de la production dépendait du prix plus élevé de l'or après l'abandon de l'étalon-or par le Royaume-Uni en 1931 et les États-Unis en 1933. Les métaux communs et la plupart des autres minéraux faisaient piètre figure durant cette période; cependant les ressources minérales diversifiées du Canada ont aidé à niveler les fluctuations que ressentait l'économie canadienne. C'est ainsi que l'or a joué le rôle de "planche de salut" durant les années trente, comme les minéraux énergétiques durant les années soixante-dix.

A.H.A. Robinson, spécialiste des métaux de la Division des Ressources minérales, écrit le rapport sur les ressources aurifères en 1932: "L'or au Canada" (SM Rap. 730). Cette publication s'épuise rapidement. Un rapport mis à jour paraît en 1933 sous le titre "L'or du Canada, 1933", (SM Rap. 734) et il est également rapidement épuisé. Un troisième rapport dont les révisions incluent les activités de 1934 s'intitule "L'or du Canada, 1935" (SM Rap. 769) et paraît la même année. Cette dernière publication décrit quelque 70 réserves foncières. Aucun autre rapport de ce genre n'a paru depuis.

Il est intéressant de rappeler qu'en 1934, l'Ontario produisait 70% de l'or du Canada. Des 2,1 millions d'onces d'or extraites en Ontario, plus de 90% provenaient des fameux camps de Porcupine et de Kirkland Lake, deux petites localités du nord-est de l'Ontario distantes d'environ 65 milles. La capacité quotidienne combinée des usines des trois plus importantes mines de la zone de Porcupine - Dome, Hollinger, McIntyre Porcupine - était en 1934 de 8 750 tonnes; pour les trois plus grosses mines de la zone de Kirkland Lake - Wright-Hargreaves, Lakeshore, Teck Hughes - elle était de 4 650 tonnes. La découverte de ces camps et leur aménagement dataient des années 1910. Aux environs de 1930, la production globale et la profondeur des puits de ces mines n'étaient égales qu'en Afrique du Sud et par une des mines du Brésil.

En 1934, le Québec devint après l'Ontario le second producteur d'or du Canada avec une production de 390 000 onces c'est-à-dire environ 13% de la production totale canadienne. C'est à la fameuse mine de cuivre Horne à Noranda qu'on extrayait 64% de la production totale d'or du Québec en 1934. Le même année, la

production de la Colombie Britannique atteignait 296 000 onces, c'est-à-dire presque 10% de la production totale du Canada.

LES MÉTAUX FERREUX

À la suite de la mise en place des structures de la Direction des Mines en 1921 et de la création de la Division des Ressources minérales sous la direction de Wilson, le seul agent affecté aux minéraux métalliques était A.H.A. Robinson. Pendant trois ans, il poursuivit ses études du fer et du titane. Il fit paraître un rapport sur le titane en 1922 (SM Rap. 579). Durant l'été de 1924, il fit des relevés de plusieurs gisements de fer titanifère dans le comté de Bourget, au Lac Saint-Jean (Québec). Ces gisements forment un groupe des plus importants du genre au Canada; le minerai contient 40 à 50% de fer et 15% de titane. Le dernier relevé effectué par la Direction des Mines à l'aide d'un magnétomètre s'est déroulé dans cette région et est décrit dans le rapport 'Recherches sur les ressources minérales et l'industrie minière en 1924' au chapitre 'Rapport sur les gisements magnétiques titanifères du comté de Bourget, district de Chicoutimi, Québec' par A.H.A. Robinson (SM Rap. 642, 1926).

Timm semble avoir partagé les préoccupations qu'avait Haanel et qui lui venaient du fait qu'on n'utilisait pas les minerais domestiques dans l'industrie du fer et de l'acier du Canada et qu'on importait des minerais bon marché, surtout des Etats-Unis. Il fit paraître sous la forme d'un rapport sommaire les tests d'enrichissement appliqués aux minerais de fer du Canada: ces tests concernaient surtout les minerais de l'Ontario et du Québec et furent effectués par les laboratoires de préparation des minerais avant la Première Guerre mondiale. Le contenu de ces minerais révélait moins de 50% de fer et pour certains moins de 40%. La divulgation de ces données visait probablement à attirer l'attention sur la possibilité de se servir de minerais enrichis à un taux acceptable pour les hauts-fourneaux canadiens: 'Recherches sur la préparation du minerai et la métallurgie en 1923' (SM Rap. 617, 1925). On croyait alors que les régions du Canada jusqu'alors faciles d'accès ne pouvaient receler des gisements de fer importants comparables à ceux des taconites du Minnesota; ce n'est qu'au cours des années 1950 que le Canada pourra devenir un gros exportateur à la suite des développements impressionnants du Labrador et du Nouveau-Québec. Au cours de la période à l'étude, après 1921, les hauts-fourneaux canadiens s'alimentent entièrement de minerais étrangers: en 1929, les importations atteignent presque 2,5 millions de tonnes mais, en 1931, elles s'affaissent pour dépasser à peine 800 000 tonnes, ce qui indique les effets catastrophiques de la Dépression sur l'industrie du fer. Il est bon de rappeler que durant les deux décennies précédentes, la Direction des Mines, bénéficiant des travaux antérieurs ou contemporains de la

Commission géologique du Canada, avait accompli une tâche remarquable de levés magnétométriques et autres études, pour évaluer les régions prometteuses, surtout celles de l'Ontario et de Québec. On découvrait alors des gisements d'une taille convenable et l'on identifiait les types suivants de minerais: des minerais de magnétite à forte et faible teneur en soufre, des minerais complexes de magnétite-hématite, des carbonates et des minerais titanifères.

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, Traill inaugure en 1922 les projets visant à la production électrolytique de fer et d'oxyde de titane - pour les besoins de l'industrie des colorants - à partir de minerais canadiens de pyrite, de pyrrhotite et d'ilménite.

On décida de construire un laboratoire de pyrométallurgie à l'échelle semi-industrielle, à l'arrière du premier Édifice des Combustibles. Les travaux commencèrent en 1928 pour se terminer en 1930. Le laboratoire était équipé pour la recherche en pyrométallurgie et en métallurgie physique. Les équipements comprenaient une unité à frittage continu, une machine à briquettes, un four de grillage, un four de métallisation par réduction directe, des fours de fusion à l'arc et par induction à haute fréquence; il y avait également des fours pour traitement thermique et un cubilot. Enfin, on disposait d'appareillage pour l'analyse métallographique et pour les tests physiques et mécaniques.

On fonda en 1928 la section du fer et de l'acier; T.W. Hardy qui avait été à la Division des Combustibles de 1914 à 1919, revint en 1928 prendre la tête de la section et du laboratoire. Les objectifs de ce programme étaient d'explorer par quels moyens on allait utiliser les minerais de fer soumis à un enrichissement amélioré et de déterminer leur adaptation à la réduction directe ou à la production de fer poreux. Le travail en métallurgie physique était un prolongement du travail en métallographie qui avait débuté plus de dix ans auparavant dans le laboratoire des matériaux de structure de la rue Sussex.

L'un des premiers projets mis sur pied en 1930 se faisait en collaboration avec le groupe Rogers Playfair de Montréal qu'on avait autorisé à faire la démonstration à l'échelle d'une usine-pilote du 'procédé Musso de l'acier par voie semi-directe' qui convertit des minerais de fer en acier. On installa une usine-pilote d'une capacité de quatre à six tonnes opérée avec l'aide du personnel de la Direction des Mines, mais cette usine se révéla inadéquate et les tests ne purent établir la rentabilité des opérations. Des tests conduits indépendamment par la Direction des Mines révélèrent que des minerais complexes de fer et de charbon pourraient produire un fer poreux par la méthode Musso. Les travaux de ce projet allaient cependant cesser à la suite d'un désaccord entre le groupe Rogers Playfair et l'inventeur de la méthode.



Une partie du laboratoire de pyrométallurgie

Plusieurs autres recherches furent conduites en 1931 par Hardy avec l'assistance de Traill, McClelland et Jenkins:

- (a) des tests d'enrichissement et de métallisation sur l'hématite Wabana en provenance de Sydney en Nouvelle-Ecosse; l'hématite Bell de Sault Sainte-Marie; un minerai de sidérite provenant de la mine Helen à Michipicoten; et une pyrite grillée du



T.W. Hardy (RCM, 1930)

procédé de grillage éclair Freeman à Trois-Rivières au Québec.

- (b) des tests de métallurgie physique sur une soupape d'échappement d'avion brisée, sur de la grenaille en coquille pour la coupe du marbre et sur un échantillon de fonte au nickel.

A la fin de ces travaux, Traill, McClelland et leurs associés s'orientent sur des analyses de la pechblende extraite au lac Great Bear, dans les Territoires du Nord-ouest.

En 1931, Hardy alors assisté de H.H. Bleakney, qui était à l'emploi de la Direction depuis 1930, et de Jenkins effectue les recherches suivantes:

- (a) production d'un fer poreux à faible teneur en soufre à partir d'un mélange minéral-charbon
- (b) concentration en laboratoire de minerais de fer provenant de l'île Texada et de Bathurst au Nouveau-Brunswick
- (c) production d'acier au nickel par voie semi-directe à partir de minerais de cuivre-nickel venant de Sudbury
- (d) analyse des propriétés mécaniques d'échantillons de Monel.

Ils effectuent également les recherches suivantes en collaboration avec des compagnies d'acier du Canada:

- (a) production dans un four électrique ordinaire d'un acier semblable à un acier importé utilisé au Canada
- (b) production d'un acier au manganèse modifié austénitique pour des utilisations spécifiques
- (c) recuite de gros moulages d'acier au molybdène-chrome à haute teneur en carbone.

Ils font également l'étude d'une barre en coin défectueuse provenant d'un broyeur à boulets et effectuent d'autres études en métallographie et des tests mécaniques dans le domaine de la métallurgie physique.

En 1932, Hardy et Bleakney effectuent les recherches suivantes:

- (a) production d'un fer poreux extrait de minerais de fer de l'île Texada, en Colombie-Britannique et de concentrés de Moose Mountain en Ontario;
- (b) concentration et agglomération par frittage d'un minerai de magnétite à haute teneur en soufre de l'île Texada.

Ils conduisent en outre des recherches d'appoint en métallurgie physique pour le compte de la Division aéronautique du Ministère de la Défense nationale et de trois compagnies d'acier.

En 1933, Hardy et Bleakney étudiant l'agglomération par frittage et la métallisation de concentrés de magnétite de Moose Mountain et l'agglomération, le



A.E. Larochelle

briquetage et la métallisation de la magnétite de Texada. Ils effectuent aussi cinq autres études de métallurgie physique: deux pour le Canadien Pacifique, une pour Algoma Steel Corporation, une pour la Dominion Engineering Company de Montréal, et la dernière pour la Division aéronautique du Ministère de la Défense nationale.

En 1934, Hardy quitte son poste pour se mettre au service de la Canadian Atlas Steel Company. Bleakney prend la responsabilité de la section avec l'assistance d'A.E. Larochelle comme technicien supérieur. Ils font des études dans les domaines suivants:

- (a) métallisation de concentrés de haute qualité provenant de l'île Texada;
- (b) comparaison du fer spongieux et de la ferraille pour la production d'acier;
- (c) production pour le Canadien Pacifique et la Canadian Atlas Steels Company de quatre lingots de fer au nickel-molybdène pour l'amélioration des matériaux entrant dans la composition des boulons d'entretoisement.

Ils complètent aussi huit recherches en métallurgie physique pour les Ministères de la Défense et des Travaux publics, pour le Canadien National, la Dominion Engineering et Atlas Steels.

Bleakney quitte son poste en 1935 et le travail se poursuit avec A.E. Larochelle. Il fait progresser les travaux de métallisation des concentrés de magnétite du Texada, du fer spongieux et de la ferraille. Il évalue la possibilité d'utiliser la chromite dans la production du ferrochrome tout en effectuant 9 recherches qui incluent des tests de résistance en traction, des essais de choc et des tests de dureté;

ces études s'adressent à la Dominion Bridge, aux Ministères de la Défense nationale, de la Marine, des Travaux publics et à deux firmes d'ingénieurs d'Ottawa.

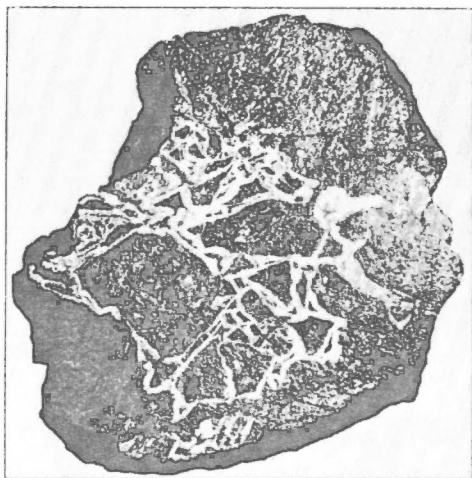
Les travaux de la section du fer et de l'acier se poursuivent durant la période d'exercice du Ministère des Mines et des Ressources jusqu'en 1943, année où les travaux en métallurgie physique sont installés dans un laboratoire séparé. La fondation de la Division de la métallurgie physique a lieu en 1950. Les travaux en pyrométallurgie se poursuivent dans la Division de préparation des minerais et de métallurgie. La recherche et les études de cette section sont décrites dans les SM Rap. 711-720, 724, 728 et 736, de 1928 à 1932 inclusivement. Après cette date, il n'y eut plus de rapports à ce sujet.



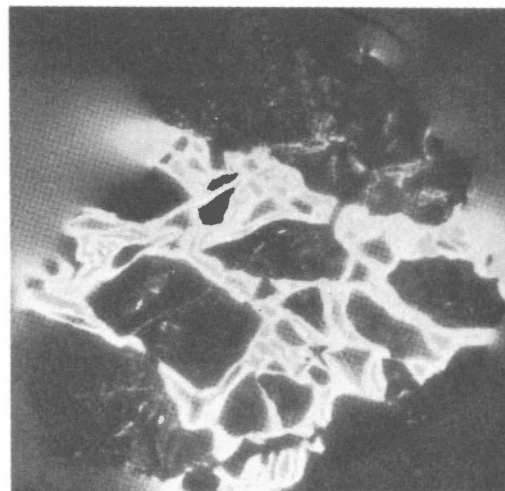
Une veine d'uraninite près de Wilberforce en Ontario; le minerai expédié à la Direction des Mines a été extrait de la fosse au premier-plan; novembre 1929.



La pointe Labine et la baie Labine au Grand Lac de l'Ours dans les Territoires du Nord-Ouest. La ligne pointillée indique approximativement la direction de la veine de pechblende et le X l'endroit où cette veine a été découverte.

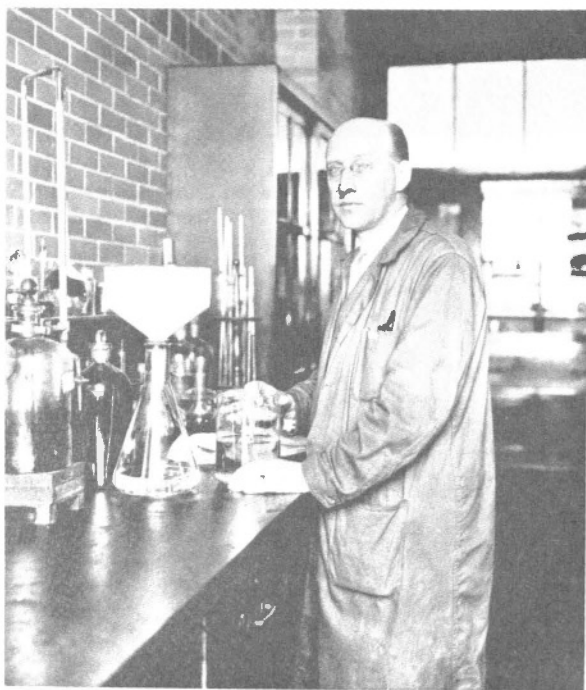


1



2

Un minéral de pechblende de la veine no 3 découverte à Labine;
 1 - la face polie où se voient des veinules de pechblende;
 2 - une radiographie du même spécimen



R.J. Traill analyse des minerais radioactifs en 1932



Visite de membres du personnel de la Direction des Mines à la raffinerie de Port Hope; (de gauche à droite: F.D. Reid, W.B. Timm, G. Labine; vus de dos, J.A. Faulkner, Sir F. Banting (Archives publiques du Canada))

LES MINERAIS RADIOACTIFS

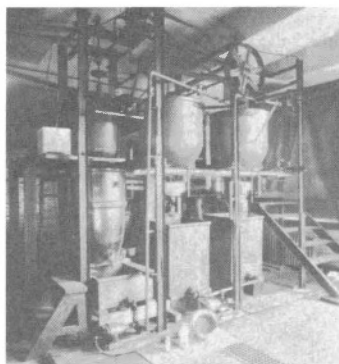
En 1929, on commence l'exploitation d'un gisement d'uraninite dans un dyke de pegmatite, près de Wilberforce, dans le comté d'Haliburton en Ontario. Un wagon plein de ce minerai parvient pour des essais au laboratoire de préparation des minerais de la Direction des Mines. Il fournit l'équivalent de 2,56 livres d'oxyde d'uranium, U_3O_8 , ou l'équivalent d'un gramme de radium, pour 3 422 tonnes de minerai. La Division des ressources minérales participait à cette recherche, en particulier Spence qui allait devenir le spécialiste-ressource pour les minerais radioactifs. "La venue de radium de Wilberforce" de H.S. Spence et R.K. Carnochan paraît dans 'Recherches sur les ressources minérales et l'industrie minière, 1929' (SM Rap. 719).

En 1930, G. Labine découvre d'importants gisements de pechblende alliée à un minerai riche en argent dans la baie Echo du Grand lac de l'Ours des Territoires du Nord-Ouest. Ils sont décrits dans: 'Les découvertes de pechblende et d'argent du Grand lac de l'Ours, T.N.-O'. Ce rapport, écrit en 1932, est de H.S. Spence (SM Rap. 727-3); il est repris dans: 'Recherches sur les ressources minérales et l'industrie minière, 1931'. (SM Rap. 727, 1932).

Une année plus tard, soit en 1931, on expédiait 20 tonnes d'un minerai de haute qualité aux laboratoires de la Direction des Mines pour traitement hydrométallurgique. En 1932 le premier lot commercial de ce minerai fut expédié pour fonte à Trail.

Les deux essais dont nous parlons plus haut marquent le début de l'intérêt durable qu'allait accorder la Direction des Mines aux minerais radioactifs. Il faut se souvenir qu'à cette époque l'attention portait uniquement sur le radium, utilisé surtout à des fins médicales. Les besoins en uranium étaient eux aussi réduits, et les principaux usages qu'on en faisait étaient le ferro-uranium pour le durcissement de l'acier, et les colorants dans la fabrication du verre et de la céramique.

Eldorado Gold Mines s'occupe pour la première fois en 1932 du traitement des minerais de radium dans une nouvelle usine située à Port Hope en Ontario. On peut dire que la Direction des Mines s'était totalement impliquée dans toutes les recherches métallurgiques sur les minerais radioactifs. On conduisit des études sur le traitement des minerais et des minéraux radioactifs, sur les méthodes convenant à la détermination du radium par des moyens électroscopiques sur les risques éventuels et les précautions à prendre. L'évaluation des procédés de traitement fut confiée à Traill et le dosage électroscopique à McClelland. Leurs travaux font l'objet d'un rapport dans "Recherches sur la préparation du minerai et la métallurgie" pour les années 1931 et 1932 (SM Rap. 728 et 736). Traill donnait un exposé en 1933 à l'occasion de l'assemblée annuelle du CIM: 'Extraction du radium à partir de la pechblende du



Installation-pilote pour l'étude de l'extraction du radium des minerais de pechblende du Grand lac de l'Ours (Archives publiques du Canada)

Grand lac de l'Ours' (Transactions of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1933, vol. XXXVI, pp. 448-467). Il s'agit sans doute du premier article public canadien sur le traitement des minerais radioactifs.

En 1932 et au cours de l'année suivante, on conseille à Traill qu'il devrait, pour des raisons de santé, prendre des congés périodiques et s'abstenir à l'avenir de manipuler des minerais radioactifs; des tests électroscopiques de l'air de ses poumons montraient un taux élevé de radiation. Traill garda son rôle de consultant à la raffinerie de Port Hope mais vers la fin de la période à l'étude, il retourna à l'emploi de la Section du fer et de l'acier à la suite des démissions de Hardy et de Bleakney.

LES COMBUSTIBLES

Si l'on excepte les minerais radioactifs dont on ne connaît pas encore clairement l'impact à l'échelle canadienne, les minéraux énergétiques du Canada, à cause de leur mode de distribution et de leurs caractéristiques en rapport avec les besoins grandissants du public et de l'industrie, ont constitué dès les débuts un problème canadien qui se soustrait encore à une solution satisfaisante. Les efforts de recherche et de développement du groupe des combustibles de la Direction des Mines, dans sa longue évolution constructive depuis 1910, ont été et demeurent axés sur l'identification des propriétés essentielles des combustibles fossiles canadiens connus ou découverts depuis, et sur l'évaluation de leur mise en marché sous une forme brute ou traitée.

Comme d'autres groupes de la Direction des Mines et de la Commission géologique vers la fin de la Première Guerre mondiale, la Division des Combustibles a souffert de la perte d'hommes-clés comme Gilmore,



De gauche à droite, Gilbert Labine d'Eldorado Gold Mines, W.B. Timm et R.J. Traill; la caisse isolée au plomb contient un concentré de sulfate de radium-baryum. (Technologie nucléaire canadienne, printemps 1962)

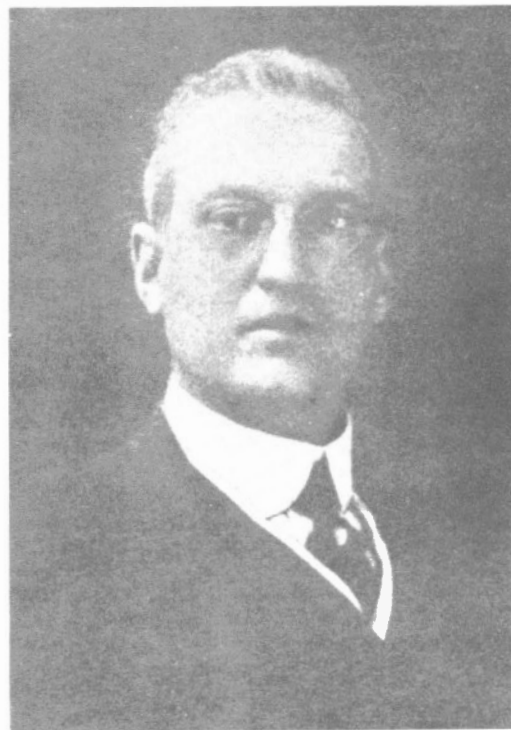
Stansfiels, Blizzard et Hardy. Il s'ensuit un ralentissement de la recherche et du travail d'étude en laboratoire, mais tout rentre dans l'ordre à la fin de 1921.

Pendant toute la période considérée jusqu'en 1936, c'est sur le charbon que porta au maximum l'attention de la Division; ce bien était le principal combustible fossile utilisé comme source énergétique, même si plus de la moitié de la consommation domestique était importée, surtout pour subvenir aux besoins de l'Ontario et du Québec. La création en 1922 de la Commission canadienne des combustibles dont était membre B.F. Haanel, alors Chef de la Division, accroît encore l'accent mis sur ce combustible, car plusieurs agents de la Division sont consultants pour la Commission. Les études sur les hydrocarbures reflétaient le souci des Canadiens d'alors: la raréfaction des maigres ressources de l'Ontario et la production restreinte de l'Ouest. Il faut attendre en 1924, quand le pétrole du puits Turner Valley Royalite no. 4 jaillit abondamment, pour que s'améliore quelque peu la perspective du pétrole brut canadien.

La Division des combustibles poursuit les études sur les schistes bitumineux et entame des travaux préliminaires pour l'extraction du bitume lourd des sables bitumineux de l'Alberta. Les installations pour l'analyse du pétrole et du gaz augmentent considérablement. Après 1930, l'accent passe du charbon à la recherche sur la production des combustibles liquides synthétiques quand le docteur T.E. Warren arrive à la Division. S.C. Ells, le "pionnier solitaire" des sables

bitumineux, poursuit ses études pendant toute cette période. Il faut se souvenir qu'Ells, à ses débuts en 1913, était affecté au groupe des gisements non métallifères; en 1916, pendant quelque temps, il fait partie de la Division de la Céramique, probablement en raison de ses travaux sur les schistes. Il se joint ensuite à la Division des Ressources minérales de 1920 à 1936; de 1937 jusqu'à sa retraite en 1945, il fait partie du personnel de la Division des Combustibles.

Comme les Britanniques s'intéressent durant la Première Guerre mondiale à la possibilité d'utiliser l'hélium pour remplacer l'hydrogène des dirigeables et des aérostats, Elworthy de la Division de la Chimie entreprend une recherche sur l'hélium. Après la démission d'Elworthy en 1927, les dosages d'hélium sont placées sous la responsabilité de la Division des Combustibles, étant donné que ce gaz est normalement associé au gaz naturel. P.V. Rosewarne, qui était entré en fonction à la Division des Combustibles en 1921, devient Directeur des Laboratoires du pétrole et du gaz. Il assume une autre responsabilité en 1931 à la retraite du docteur A.E. McIntyre, chimiste responsable des explosifs, et devient responsable dans son propre laboratoire, jusqu'en 1940, des analyses chimiques de la Division des Explosifs.



B.F. Haanel-Lauréat de la médaille Gzowski en 1918

Comme nous l'avons relaté au chapitre 3, B.F. Haanel devient, en 1918, Secrétaire du Comité fédéral-ontarien de la tourbe établi pour proposer une machine de production améliorée; c'est surtout grâce à la contribution d'E.V. Moore qu'on y parvient. Le comité est dissous en 1922 et les chantiers de la tourbière d'Alfred passent sous la direction de Peat Fuels Ltd. Durant cette période, Haanel se tient au courant des nouveaux développements et a dû être fort déçu de l'échec de la compagnie à faire démarrer le projet. C'est ainsi qu'il fut décidé de tenter une fois de plus d'administrer ce projet entre 1927 et 1930 et de confier à Moore la direction à la tourbière d'Alfred avec la mission d'en démontrer la rentabilité économique. Cependant le projet n'allait pas réussir, en partie à cause du coût trop élevé de livraison de la tourbe par rapport à celui du charbon et en partie à cause du début de la Dépression.

Le besoin d'espace, de plus en plus ressenti par les Laboratoires de préparation des minerais et de métallurgie et par le groupe des combustibles, convainc le Ministère de faire ériger un édifice destiné à la Section des Combustibles en la détachant de l'emplacement original de 1910. On en commence la construction en 1927 et le personnel commence à emménager en 1929. L'édifice de deux étages mesure en tout 156 pieds de long et 56 pieds de large; il comporte un sous-sol dont la partie avant est réservée aux laboratoires et aux bureaux et la partie arrière aux installations-pilotes. L'édifice est situé à l'emplacement actuel du 562 rue Booth, à quelque 250 pieds au sud de l'emplacement original, qui porte maintenant le no 552 de la rue Booth. On avait prévu beaucoup d'espace vertical dans la partie réservée aux installations pilotes, et



2. Les laboratoires de préparation des minerais et de métallurgie au 552 rue Booth (à l'emplacement de l'ancien édifice Peat).



1. La station d'essai des combustibles (édifice Peat) et les laboratoires de préparation des minerais et de métallurgie, avant leur démolition et leur remplacement par l'édifice du 552 rue Booth à Ottawa.



3. Les laboratoires de recherche sur les combustibles du Ministère des Mines au 562 rue Booth, avant la construction du troisième étage

l'édifice ne comportait qu'une mezzanine au lieu d'un deuxième étage complet. En 1938, un troisième étage destiné à un laboratoire et à des bureaux s'ajoute à la partie avant.

Structuration de la division des combustibles et des essais de combustibles

À son retour à la Direction des Mines en 1922, R.E. Gilmore est nommé surintendant des Laboratoires d'essais des combustibles, qui deviennent plus tard les Laboratoires de recherche sur les combustibles, titre qu'indique l'entrée principale du nouvel édifice situé au 562 rue Booth. E.S. Malloch est promu ingénieur technicien de la Division. La distinction entre ces fonctions est fondée sur la spécialisation disciplinaire -chimie ou mécanique- c'est-à-dire soit les étapes de traitement des combustibles fossiles soit leur utilisation, quand on considère leur rôle primordial comme ressource énergétique. Les travaux d'essai effectués sous la direction de Gilmore sont répartis en quatre sections: 1. Analyses des combustibles solides et études associées; 2. Carbonisation des charbons et autres combustibles solides; 3. Analyses de combustibles liquides et études des produits du pétrole; 4. Etudes en laboratoire des schistes et sables bitumineux. Les officiers responsables de ces groupes furent respectivement: J.H.H. Nicolls, R.A. Strong, P.V. Rosewarne et A.A. Swinnerton. L'ingénieur technique E.S. Malloch jouait le rôle d'ingénieur mécanicien à cause du rôle important qu'avaient les équipements dans l'évaluation de l'efficacité de la production d'énergie à partir de radiateurs, de chaudières, etc. Par la suite, le terme 'mécanique' devint équivalent à 'génie de la combustion'.

Quand l'équipe déménage au 562 rue Booth en 1929, la structure de la Division est décrite par Haanel comme suit: (67)

'Génie mécanique':

essais à grande échelle; essais techniques des chaudières, des radiateurs, des gazogènes et des moteurs, par les ingénieurs mécaniciens et les assistants de laboratoire. Chef: E.S. Malloch (1914-1947), assisté de C.E. Baltzer (1923-1965) et J.R. Kirk-Connell (1930-1937, puis transféré à l'administration de la Direction des Mines et de la géologie).

'Carbonisation du charbon, etc.':

Essais à l'échelle technique des charbons du Canada, de la tourbe, et d'autres combustibles solides pour études de procédés standard et expérimentaux de lavage, de carbonisation et de briquetage en vue de la production de coke, de noir animal, de gaz et d'huiles, par les ingénieurs chimistes et les assistants de laboratoire. Chef: R.A. Strong (1924-1945) assisté d'E.J. Burrough (1927-1963).

'Schistes bitumineux, etc.':

Traitement thermique des schistes et sables bitumineux pour la production de pétrole, avec étude spéciale du rendement et de la qualité du pétrole brut destiné à remplacer le pétrole brut naturel, par les ingénieurs chimistes. Chef: A.A. Swinnerton (1919-1958) assisté de J.P. Connell (1923-1936).

'Pétroles et gaz naturel':

Essais à l'échelle technique et analyses de pétroles et de substituts à l'état naturel ou dérivés des procédés de traitement des sections 2 et 3; synthèse des combustibles liquides à partir de gaz naturel ou synthétique, par des chimistes ingénieurs et des assistants de laboratoire. Chef: P.V. Rosewarne (1921-1954), assisté de R.J. Offord (1921-1958), H. McD. Chantler (1924-1958) et W.P. Campbell (1928-1937) (1937-1955 aux Explosifs).

'Combustibles solides':

Analyses physiques, immédiates et élémentaires des charbons, du coke, de la tourbe, etc. obtenus à partir de procédés des sections 1, 2 et 3; classement des charbons, recherche et méthodes d'analyse des combustibles solides, par des chimistes ingénieurs et des assistants de laboratoire. Chef: J.H.H. Nicolls (1914-1949), assisté de C.B. Mohr (1923-1937), (1937-1950 aux



Tom Warren dans son bureau en 1938

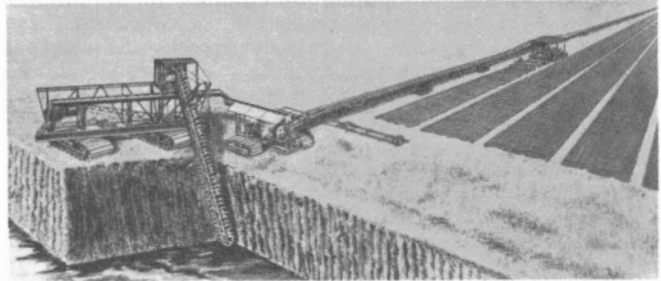
Explosifs), E. Swartzman (1928-1960) et R.J. Young (1929-1957).

Note: Les dates indiquent l'ensemble des années de service à la Direction des Mines.

L'accent mis sur l'appellation du personnel professionnel soit comme ingénieurs soit comme chimistes ingénieurs est assez évidente.

En plus de leurs travaux de laboratoire - les différentes sections échangeaient fréquemment des membres de leur personnel quand une section éprouvait un surcroît de travail - plusieurs des membres du personnel savaient conduire des travaux de terrain pour l'échantillonnage, la visite des usines, etc.

Haanel avait créé, en plus des cinq sections ci-dessus, une sixième section sous le nom "Études spéciales" et les professionnels qui y travaillaient étaient des "Ingénieurs chercheurs". Haanel avait formé ce groupe probablement parce qu'il voulait surtout étudier sur une base scientifique solide les travaux allemands d'alors sur la production de combustibles synthétiques à partir du charbon (Bergus et Fischer-Tropsch); en cela, il était motivé par les besoins croissants du Canada en essence et autres produits de pétrole à la fin de la première guerre mondiale. Le docteur T.E. Warren, qui avait été nommé à son poste en 1929, était le premier docteur ingénieur chimiste. Durant les deux ou trois premières années il travailla avec les professeurs E.A. Smith de l'Ontario et G.B. Frost de la Nouvelle-Ecosse. Ces derniers ne travaillèrent que l'été et s'ils avaient pu poursuivre leurs travaux, ils auraient certainement pu aider



L'installation no 4 améliorée recommandée par le Comité de la tourbe

Warren dans les recherches qu'il avait commencées sur l'hydrogénation du charbon. A ce moment-là, Smith s'intéressait au traitement thermique de la lignite et de la tourbe de l'Ontario, et Frost étudiait la fusibilité des cendres de charbon de la Nouvelle-Ecosse. K.W. Bowles, qui avait travaillé comme étudiant l'été aux laboratoires des combustibles, devint l'assistant de Warren en 1933 après avoir obtenu son diplôme à l'Université Queen.

La Section des Schistes bitumineux et la Section des Études spéciales étaient à l'avant-garde du groupe de génie chimique spécialisé dans le traitement de l'hydrogénation à haute pression des pétroles de basse qualité, y compris les sables bitumineux, les résidus, etc. Warren devait devenir le premier Directeur de cette section.

B.F. Haanel garda la responsabilité de la Section de Mécanique, dirigée par A.W. Mantle qui satisfaisait aux besoins croissants de toute la Direction quant à l'entretien des équipements et à l'approvisionnement en articles usinés requis par les différents laboratoires. En 1931, la responsabilité de la Section de l'Entretien était transférée au bureau du Directeur.

La tourbe

Le Comité de la tourbe formé en 1918 est démantelé au début de 1923, après la fin des travaux de réfection de l'ancienne usine Anrep. Les équipements furent cédés à la Peat Fuels Ltd. qui tenta de poursuivre l'exploitation, mais sans succès. Les dépenses pour les années fiscales 1920-1921 et 1921-1922 excèdent les recettes d'environ \$71 000. Un rapport final du Comité de la tourbe paraît en 1926 (68).

L'intérêt que portait le Directeur de la Division des Combustibles aux combustibles de tourbe n'allait pas cesser entre 1920 et 1930. La recherche concernait principalement les domaines de la combustion et de la carbonisation, dans le but de trouver des utilisations rentables de la tourbe comme combustible. Un wagon



Ken Bowles dans son bureau en 1945

rempli de tourbe séchée à l'air, provenant de la tourbière d'Alfred, était carbonisé en 1922 dans les fours de carbonisation de bois franc de la Chemical Standard Co. de Longford, Ontario. On évalua que la technique des procédés à basse température convenait à la tourbe, mais le rendement économique resta douteux.

La Section du Génie mécanique (Combustion) de la Division des Combustibles effectua plusieurs essais concernant l'utilisation de la tourbe pour le chauffage domestique, avec les mêmes implications économiques. A cette époque, on faisait une large publicité à la tourbe pour l'utilisation domestique. Un livret de trois pages intitulé 'Mode d'emploi de la tourbe à des fins domestiques' parut à 5 000 exemplaires en 1928 et fut réimprimé à 10 000 exemplaires en 1929; de plus, un dépliant sur la tourbe parut à 5 000 exemplaires et une affiche illustrant la tourbe parut à 1 000 exemplaires en 1929.

A la Peat Fuels Ltd., il fut décidé de reprendre l'usine qui avait été rénovée à la suite des propositions du Comité de la tourbe, et de l'utiliser comme usine de démonstration sous la direction d'E.V. Moore, celui-là même qui avait amélioré la première machine d'Anrep lorsque Haanel était à la tête de la Section. L'usine fut en activité durant l'été de 1928 pour une durée totale d'environ 1 200 heures pendant lesquelles on produisit quelque dix mille tonnes de tourbe. Vers la fin de l'été, il fallut arrêter les travaux à cause de l'humidité. Plusieurs centaines de tonnes de tourbe et d'humus avaient été vendues. Sans doute en raison du début de la Dépression, l'usine cessait ses opérations pour une période indéterminée à l'automne de 1929. Si l'on se reporte aux livres de comptabilité pour les années 1927-30, le coût du projet révisé de la tourbière d'Alfred avait atteint environ \$133 000 alors que les recettes des ventes s'élevaient à environ \$7 500.

Pendant encore quelques années il y eut en Ontario et au Québec des points de vente de combustible de tourbe; selon le Bureau fédéral de la statistique, la production diminua jusqu'à 145 tonnes en 1946. Par ailleurs, la production de tourbe séchée pour des usages agricoles (sphaigne) atteignait presque 28 000 tonnes en 1941 quand il en fut fait mention pour la première fois dans les données de la production minérale canadienne et non, comme précédemment, dans les produits manufacturés; en 1946, la production atteignait presque 97 000 tonnes. La production actuelle de sphaigne s'élève à environ 400 000 tonnes courtes.

L'exploitation de la mousse de sphaigne est encore sous la responsabilité technique de CANMET puisqu'il s'agit d'une ressource non renouvelable. T.E. Tibbetts, des laboratoires de recherche énergétique, est actuellement l'agent responsable de l'évaluation des propriétés de cette denrée. La rareté ou la réduction des sources d'énergie pourrait faire de la tourbe

humifiée une des ressources pour la production d'énergie et la transformation des métaux.

Le charbon

Les activités de recherche et de développement sur le charbon décrites au chapitre 3 concernaient l'élaboration systématique des données chimiques et physiques essentielles sur les variétés de charbons des différentes régions du Canada. Des essais de carbonisation à échelle réduite, ou en gazogène et en chaudière à plus grande échelle furent effectuées durant toute cette période.

La Première Guerre mondiale et le développement général du Canada ont mis en relief la dépendance de la partie orientale du pays, et surtout des régions populeuses et industrialisées de l'Ontario et du Québec, envers le charbon importé des Etats-Unis.

Il faut se souvenir qu'à part l'énergie hydro-électrique et la production croissante de gaz naturel de l'Ouest, le charbon demeurait la source d'énergie dominante dans le pays jusqu'à la fin de la Seconde Guerre mondiale. L'augmentation rapide de l'utilisation de moteurs à combustion interne et de celle des huiles de chauffage provoquèrent une importation à grande échelle de pétrole brut et de ses sous-produits alors que l'approvisionnement sur place demeurait limité.

Du point de vue géologique, les ressources potentielles de charbon sont énormes mais disséminées. Plusieurs facteurs négatifs entourent leur utilisation: les charbons des Maritimes contiennent un taux de soufre moyen ou élevé; les charbons de basse qualité des Prairies sont difficilement stockables et les charbons des régions montagneuses de l'Ouest se révèlent de plus en plus friables au fur et à mesure que l'on creuse et contiennent une quantité assez importante de cendre. Les programmes de recherche sur le charbon de la Direction des Mines ont toujours reflété l'un ou l'autre de ces problèmes.

Du point de vue administratif il fallait l'intervention par le biais d'agences gouvernementales spécifiques (l'Agence de contrôle du charbon durant la Première Guerre mondiale, suivie du Bureau canadien des combustibles de 1922 à 1941 puis d'un Conseil administratif du charbon durant la Seconde Guerre mondiale et enfin du Bureau canadien du charbon de 1946 à 1970) pour assurer une répartition équitable du charbon dans le pays et apporter une assistance financière pour le transport du charbon sur de longs trajets. Après la création du Ministère actuel de l'énergie, des mines et des ressources, axé sur l'énergie, on peut supposer qu'il devenait injustifié de maintenir des agences spécifiques pour le charbon.

Ces agences consultaient toujours la Division des Combustibles sur les sujets techniques et la Division entreprenait, à leur demande, des études spéciales.

L'évaluation des ressources

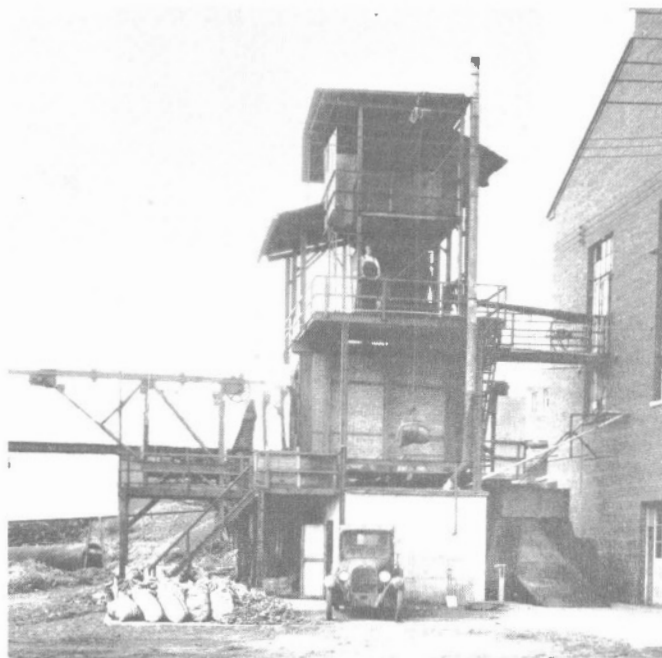
L'orientation principale des activités de recherche et de développement de la Division durant la période à l'étude portait sur le charbon, dans le but essentiel d'encourager une plus grande utilisation des ressources canadiennes de charbon. Tout de suite après la guerre, Nicolls était nommé responsable du Laboratoire des charbons et on lui adjoignit des assistants de laboratoire et quelques professionnels à temps partiel. En plus du travail d'analyse habituel, Nicolls poursuivait à l'échelle du laboratoire l'évaluation de la carbonisation des charbons de basse qualité de l'Alberta. Il était alors assisté de H. Kohl, qui avait été engagé en 1921 mais mourut en 1924. En 1923, Nicolls passait l'été en Nouvelle-Ecosse et au Nouveau-Brunswick pour la collecte d'échantillons provenant de bancs de houille et des ateliers de triage ou de criblage.

C'est par ce travail qu'a vraiment débuté l'établissement des propriétés physiques et chimiques des charbons du Canada, pour fournir une estimation de la valeur des ressources de houille. Les activités sont interrompues jusqu'en 1928 par le manque de personnel mais cette année là, Strong et Burrough effectuèrent un relevé physique et chimique du banc Phalen de l'île du Cap Breton. Ce projet allait être poursuivi d'une façon intensive et systématique pendant environ 25 ans jusqu'à ce que tous les bancs du Canada aient été analysés quant à leurs propriétés physiques et chimiques. Dans un nombre impressionnant de cas, il s'agissait non seulement d'une analyse chimique mais de toute une série de tests d'enrichissement comme le lavage, la carbonisation, le briquetage. Quelques unes des premières conclusions sont décrites dans les rapports de recherche et dans les séries annuelles consacrées aux essais des combustibles. Cependant, comme la plupart des informations étaient marquées confidentielles par les industries, on fondait une série spéciale "Rapports de recherche de la Section de la carbonisation (RRSC)"; elle comprend 199 textes. Ces rapports n'étaient remis qu'aux personnes autorisées qui en faisaient la demande. Ces activités ont occupé durant toutes ces années la majeure partie du temps du groupe de travail sur le charbon et revêtent une importance primordiale du point de vue documentaire. La pratique d'effectuer des relevés périodiques d'échantillons commerciaux ou de criblage se poursuit encore.

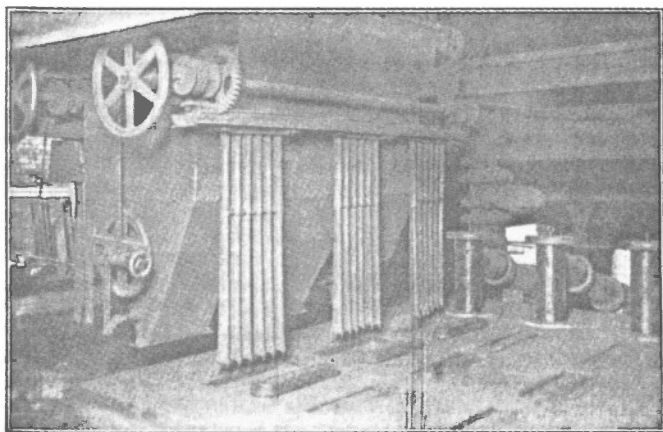
Cette activité de recherche et de développement de ressources devint la responsabilité de la section 2 (voir ci-dessus) sous la direction de R.A. Strong. Les deux agents totalisant le plus grand nombre d'années d'expérience dans ce travail étaient E.J. Burrough, spécialisé dans la carbonisation et la cokéfaction, et E.S. Swartzman spécialisé dans l'échantillonnage, le lavage et le briquetage, mais ils étaient aptes à échanger du travail si nécessaire. Malgré le nom de la Section (carbonisation), les travaux qui y étaient effectués étaient beaucoup moins restreints et

comprenaient toutes les phases d'enrichissement ou de préparation que requéraient différentes variétés de charbons canadiens avant leur mise en marché.

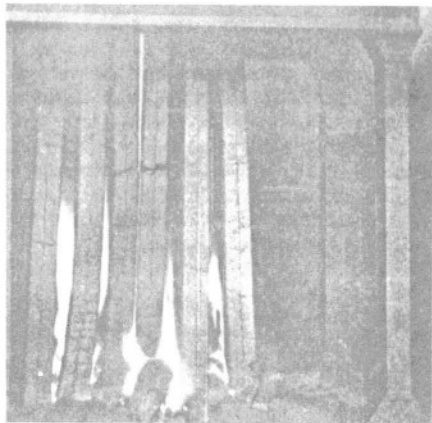
Le charbon, substance hétérogène et chimiquement complexe associée à des constituants minéraux et des roches, exigeait la mise au point de procédés d'analyse fournissant une base de classement des différentes variétés. Les procédures d'analyse, à la fois chimiques et physiques, durent être standardisées mais il fallut effectuer au préalable des quantités d'expérimentation. Gilmore et Nicolls, entre autres, ont passé une partie importante de leur vie à cette tâche de premier plan. On évalua différents systèmes de classification en vigueur aux Etats-Unis et en Europe. Une correspondance suivie fut entretenue avec le Bureau of Mines des Etats-Unis et plusieurs membres du personnel participèrent aux travaux du comité D-5 sur la classification du charbon et de ses sous-comités dans l'American Society for Testing and Materials. C'est ainsi que le système de classification par rang, ASTM D-388, de 1938, fut adopté par la Direction des Mines avec des tests supplémentaires permettant de mieux identifier les charbons cokéfiabiles ou semi-cokéfiabiles, dont l'indice d'agglutination Gray (Royaume-Uni), l'indice F.R.L. de foisonnement (SM Rap. 737-2, 1933) et l'indice F.R.L. de volatilité spécifique (SM Rap. 725-2, 1933). Les travaux de cette section et ceux du laboratoire d'analyse de la section 5 s'accrurent



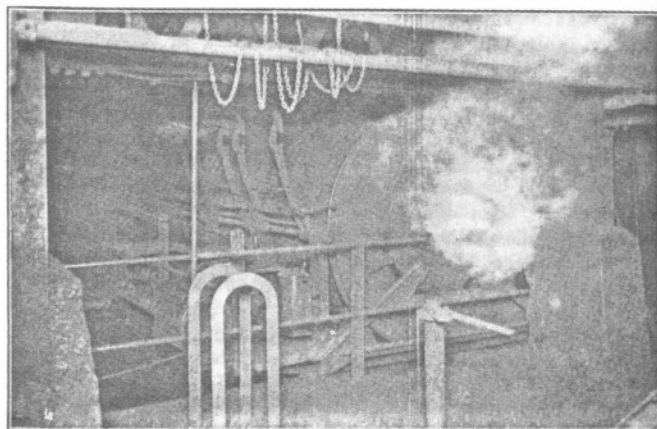
Four à coke de deux tonnes, Laboratoires de recherche sur les combustibles, novembre 1931.



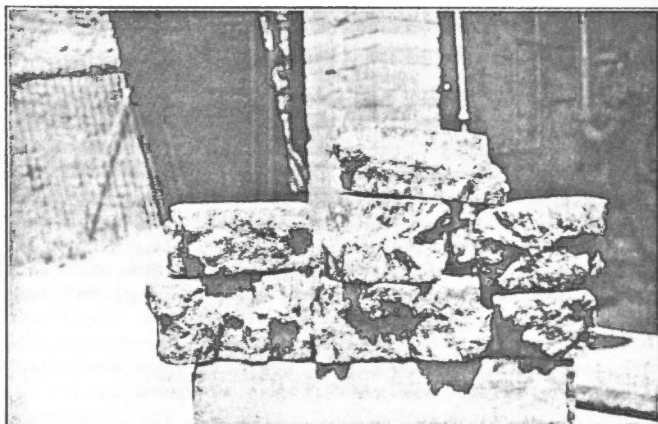
1



2



3



4

Illingworth Low Temperature Carbonization Company en Galles du Sud; 1 - Plan de charge de la cornue de carbonisation; 2 - le coke est retiré de la cornue; 3 - Tambour rotatif pour le refroidissement du coke; 4 - le coke obtenu d'un charbon de Sydney par le procédé Illingworth

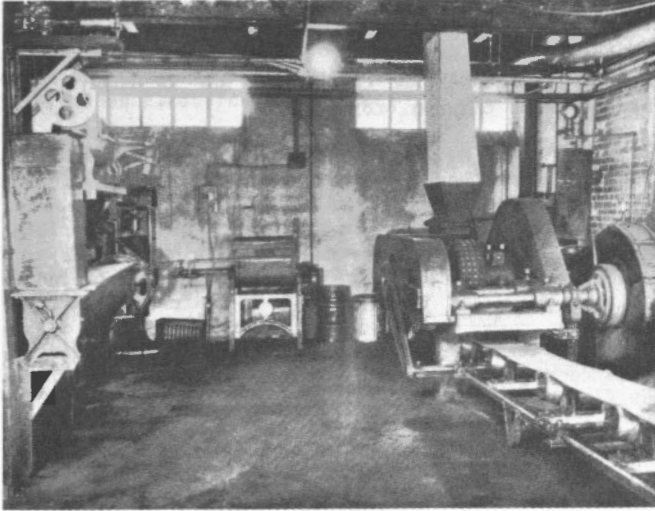
considérablement quand les Laboratoires des Combustibles emménagèrent en 1919 dans leurs nouveaux locaux. Le groupe de recherche était représenté au sein d'un comité du Conseil national de recherches du Canada, le Comité associé du classement et de l'analyse du charbon, formé en 1927.

La carbonisation

On construisit un four à sous-produit de coke de deux tonnes pour des essais semi-industriels, dans la partie nord-ouest de la section des installations-pilotes. On y ajouta ultérieurement deux fours expérimentaux de cinq cents livres; l'un, de 16 pouces de

large, fonctionnant à 2 200 °F et l'autre, de 12 pouces de large, à 1 400 °F. On plaça dans le hall des installations-pilotes une presse à cylindres pour le briquetage ainsi que des équipements de lavage et nettoyage du charbon dans le but d'épauler les travaux au banc de séparation des liquides. On installa enfin un appareil Lehmann pour séparer les constituants 'brillants' - d'ordinaire cokéfiabiles - des constituants 'mats' - d'ordinaire non cokéfiabiles - de charbons bitumineux, en relation surtout avec la carbonisation.

Au cours des quelques années suivantes, on entreprit une vaste campagne d'essais pour tester la majorité des charbons cokéfiabiles du Canada; une forte



L'équipement de briquetage des Laboratoires de recherche sur les combustibles: la presse à cylindres et le convoyeur

proportion de ces essais s'effectua lors du recensement physique et chimique des veines de charbon du Canada dont nous avons parlé plus haut. On effectua également des essais de briquetage sur des charbons bruts ou carbonisés de diverses qualités (69).

Les études sur la cokéfaction visaient à approvisionner le marché des industries métallurgiques autant que le marché domestique; elles privilégiaient nettement ce dernier parce qu'on souhaitait trouver un substitut à l'anthracite, le combustible sans fumée de l'époque. Des études étendues, à petite échelle au laboratoire, furent menées par Strong et Burrough sur la carbonisation à basse température des charbons canadiens; à la suite de ces expériences, on observe en 1929 le traitement d'un lot de 20 tonnes de charbon de la Nouvelle-Ecosse à l'usine expérimentale de l'illingworth Low Temperature Carbonisation Company à Pontypridd en Galles du Sud. L'objectif de ces essais à grande échelle était de vérifier si le coke à basse température de Nouvelle-Ecosse convenait au marché domestique. En 1930 on examine 10 000 tonnes de charbon de la Nouvelle-Ecosse à l'usine de carbonisation de Lasalle de la Montreal Coke and Manufacturing Company, et un lot de 1 000 tonnes de charbon de la Crowsnest Pass aux fours à coke de la Winnipeg Electric Company. On voulait de la sorte recueillir des renseignements de première main sur la performance des charbons canadiens



Le groupe de la carbonisation en 1934; dernière rangée, de gauche à droite, R.A. Strong, Chef de la Section de Carbonisation et d'extraction; T.H. York Sr., menuisier; Robinson, plombier; Hickson, Lacroix, Hobbs, G. Hinton, manoeuvres; T.H. York Jr., secrétaire; L. Labelle, mécanicien; Moodie, manoeuvre. Première rangée: E. Burrough, ingénieur responsable de l'usine à coke; J.W. Custeau, observateur; Baker, A. Lacroix, manoeuvres; T. Burstone, contremaître; R.E. Gilmore, surintendant des L.R.C.; C.H. Glaude, Essais physiques; Robinson, manoeuvre; E. Swartzman, responsable des essais physiques; A. Kritsch, responsable du hangar à charbon. Assis: Boot, le compagnon fidèle de R.E. Gilmore; Cousineau, manoeuvre; W. Kritsch, responsable de la préparation et du concassage des échantillons de charbon.

carbonisés dans des fours à coke à fentes pour les cokes destinés en grande partie à des usages domestiques ou commerciaux.

Le chef de la Division et le personnel de Carbonisation suivaient avec intérêt les innovations apportées aux usines et aux procédés de cokéfaction, aux Etats-Unis comme en Europe. Il convient de mentionner que Haanel conservait l'habitude, acquise au début de son mandat, de se déplacer personnellement dans les laboratoires et les usines où des procédés ou des équipements nouveaux étaient à l'essai. De ce point de vue, étant donné l'intérêt que l'on porte actuellement aux précédés d'agglomération à l'huile comme méthode prometteuse de retrait des impuretés étrangères aux 'fines' de charbon, il y a lieu de remarquer l'examen qu'il fit en 1920 du procédé de Trent. Il s'agissait d'un procédé d'agglomération du charbon à l'huile mais la conception en était inadéquate et la consommation d'huile était très élevée. Il fit parvenir des échantillons de charbon à haute teneur en cendre et de lignite à l'usine de Trent à Washington D.C.; ces échantillons provenaient de la Nouvelle-Ecosse, de l'Alberta, de la Colombie-Britannique et de la Saskatchewan. Les analyses les moins élevées en cendre furent obtenues à partir du charbon de la Nouvelle-Ecosse et de la lignite de la Saskatchewan (SM Rap. 577, pp. 45-54, 1922).

Le laboratoire d'analyse de la houille (section 5) travaillait en étroite collaboration avec la Section de Carbonisation afin de pouvoir traiter le nombre important des échantillons primaires et des échantillons d'usine. Tous ces travaux ne purent être menés à bien que par une augmentation substantielle de la main-d'oeuvre entre 1920 et 1930. Des cours de formation étaient donnés aux nouveaux venus; aucun établissement canadien n'offrait une formation scientifique et technique appropriée à l'étude de la houille. Il y a lieu de citer les techniciens recrutés entre 1920 et 1930, qui devinrent des hommes clés à cause surtout de leur connaissance du charbon acquise 'sur le tas': C.J. Coleman (1927-1967), C.H. Glaude (1929-1972), J.W. Custeau (1929-1965) et P.B. Seely (1929-1964). Ce dernier devait être transféré au début des années 1930 au laboratoire des pétroles.

Cette section, comme les deux autres sections consacrées à la houille, participa à l'élaboration des normes qui allaient conduire à l'approbation d'une classification de la houille; c'est ainsi qu'on dut effectuer des études fastidieuses sur la façon de mesurer la friabilité du charbon (SM Rap. 762 par Gilmore, Nicolls et Connell, 1935).

La combustion

La Section du Génie mécanique était le groupe qui pouvait conduire les travaux à grande échelle avant l'augmentation d'échelle des travaux de carbonisation. Après l'arrêt presque complet du travail sur les gaz de

gazogène, cette section devint en réalité le groupe de recherche et de développement sur la combustion. C'est à E.S. Malloch qu'on laissa le soin de poursuivre les travaux après la démission de Blizard en 1920. Il termine les études de ce dernier sur la chauffe des chaudières au charbon broyé (70).

En 1921, Malloch (à qui se joindra Baltzer en 1923) commence une série d'essais de combustion dans une petite chaudière à eau adaptée à la lignite. Il s'ensuit un vaste programme sur les combustibles solides, soit l'antracite des Etats-Unis et du pays de Galles, le coke, les charbons bitumineux et la tourbe utilisée dans les chaudières à l'eau chaude de type domestique. Ces recherches avaient l'appui de la Commission canadienne des combustibles. A l'occasion, cette commission publiait ses rapports dans la série de publications de la Direction des Mines, par exemple, le rapport no 3 "Le chauffage central urbain" de F.A. Combe (SM Rap. 628 en anglais, 1924; SM Rap. 629 en français, 1925); le rapport no 5 "Le coke utilisé comme combustible domestique dans les provinces du centre du Canada" de J.L. Landt (SM Rap. 630 en anglais, 1925 et SM Rap. 631 en français, 1926).

La Commission canadienne des combustibles décidait d'un autre projet qui comprendrait des données sur l'utilisation et les performances des combustibles: il s'agissait d'une étude complète de la production d'énergie électrique, du chauffage et des usines à vapeur. Ce projet avait été conçu par la Division quelques années plus tôt mais ne put être mené à bien à cause du manque de main-d'oeuvre. L'intention originale était de conduire cette étude province par province afin d'évaluer les données pour chacune avant de passer à la suivante. L'étude effectuée pour l'Ontario, circonscrite surtout au district de Peterborough fut effectuée en 1926 et le rapport fut remis à la Commission à la fin de l'année. Il parut en 1928 sous le numéro SM 698 "Statistiques concernant l'énergie et les combustibles industriels pour l'Ontario, année civile 1925" de E.S. Malloch et C.E. Baltzer. Il n'y eut pas de rapports semblables pour les autres provinces.

Le programme de recherche et de développement sur l'utilisation des combustibles dans les chaudières domestiques à l'eau chaude fait l'objet du rapport SM 705 paru en 1929 sous le titre "Essais de combustion de différents combustibles utilisés dans les chaudières domestiques à l'eau chaude" d'E.S. Malloch et C.E. Baltzer. Un rapport d'ordre pratique de Malloch paraît en 1929 dans la série de la Commission canadienne des combustibles, (rapport no 14): "Comparaison des coûts et du degré de commodité des différents combustibles destinés au chauffage domestique" (SM Rap. 706).

On installait en 1929 une chaudière utilisant de la houille broyée, dans le nouvel édifice. Un programme complet d'essais de combustion des charbons canadiens avait démarré avec dix variétés de charbons cokéfiabiles de Colombie-Britannique. Ces charbons furent également

testés pour la cokéfaction à haute température dans un four à coke de 2 tonnes. Un des buts des essais de cokéfaction était de démontrer que le charbon de Michel en Colombie Britannique pouvait remplacer le charbon des Etats-Unis importé pour la cokéfaction à l'usine de la Winnipeg Electric Company.

Un aspect important de ce programme des combustibles axé sur la combustion et la carbonisation était de recueillir les données nécessaires pour l'utilisation des charbons à cokéfier et de tonnage différent, surtout dans l'Ouest canadien où les utilisations industrielles étaient restreintes à cette époque.

En 1930, les programmes de combustion et de carbonisation s'étendirent à l'étude de la combustion et de la carbonisation de la lignite d'Onakawana, en Ontario. Durant les essais de combustion, on utilisa un charbon d'utilisation courante pour servir de référence dans la comparaison des cotes obtenues pour différents combustibles. Le programme sur les combustibles domestiques fut poursuivi en parallèle lors de la nomination en 1930 de J.R. Kirkconnell. H.P. Hudson était entré en fonctions en 1921 et était devenu le principal spécialiste de la Section de Combustion. Avant leur transfert respectif aux laboratoires du charbon et du pétrole, Custeau et Seely s'étaient employés dans le programme de la combustion à maintenir le rythme des essais durant la période la plus intensive de toute l'histoire de la Division, pour les travaux de recherche et de développement sur le charbon.

En 1932, Baltzer, avec l'aide d'Hudson, proposait une nouvelle méthode pour mesurer l'aptitude des charbons au broyage; les résultats furent consignés dans un rapport conjoint "Une méthode évaluant l'aptitude des charbons à être moulus et broyés, proposée par les laboratoires de recherche sur les combustibles, Ministère des Mines, Canada (en référence avec les méthodes 'Cross' et 'Hardgrove'" (SM Rap. 737-1, 1933)).

Les problèmes de combustion dans les édifices publics et les installations industrielles suscitérent un nouvel intérêt au fur et à mesure de la divulgation des travaux de ce groupe et, au fil des ans, la Section consacra une partie importante de ses énergies à ces problèmes. Ce groupe, comme la Section de Carbonisation du charbon, joua un rôle important au sein du 'Comité d'achat du gouvernement canadien' formé vers la fin des années 20.

Les schistes bitumineux

Face aux besoins croissants de pétrole dans la période d'après guerre, le programme des schistes bitumineux allait se poursuivre après 1920. En 1921, Ells effectuait une étude de terrain afin de recueillir des échantillons sur des affleurements de schistes

crétacés qu'on soupçonnait de contenir du pétrole; ces échantillons furent prélevés à Pasquia Hills (dans la région de la rivière Carrot) en Saskatchewan et dans la région des rivières Swan et Pine au Manitoba, à l'est du lac Winnipegosis. Des 22 échantillons recueillis en Saskatchewan et des 19 au Manitoba, on en expédiait 21 à Ottawa. On effectua sur place des essais à la cornue qui ne révélèrent que des traces d'hydrocarbures. Les analyses d'Ottawa indiquaient que le contenu d'un échantillon pouvait aller jusqu'à 12,8 gallons de pétrole brut déshydraté par tonne de minerai. Ces résultats sont consignés dans: "Recherches en 1921: ressources minérales et technologie, et recherche au laboratoire de chimie" qui paraît en 1923 (SM Rap. 588). C'est également en 1921 qu'Ells prépare pour le même rapport un tour d'horizon des perspectives économiques sur le pétrole provenant des schistes bitumineux du Canada.

Swinnerton reprend en 1921 les essais de distillation de schistes bitumineux, à l'aide d'un appareillage utilisé à l'origine pour la carbonisation de la lignite, mais qui était muni d'une cornue en fer de section cruciforme et d'une capacité d'environ 3500 grammes de schiste. Les échantillons comprenaient un peu des schistes d'Albert au Nouveau-Brunswick sur lesquels on avait déjà effectué des essais en 1919, des échantillons recueillis par W.J. Wright de la Commission géologique et d'autres échantillons recueillis plus tard par Ells en Saskatchewan et au Manitoba. A la suite de ces essais en laboratoire, on mit l'accent sur l'évaluation des procédés de traitement des schistes bitumineux. Ainsi, à la suite des examens qu'avait effectués Haanel en 1921, Swinnerton évalue en 1922, à Ottawa, le procédé Ryan de maturation du pétrole à

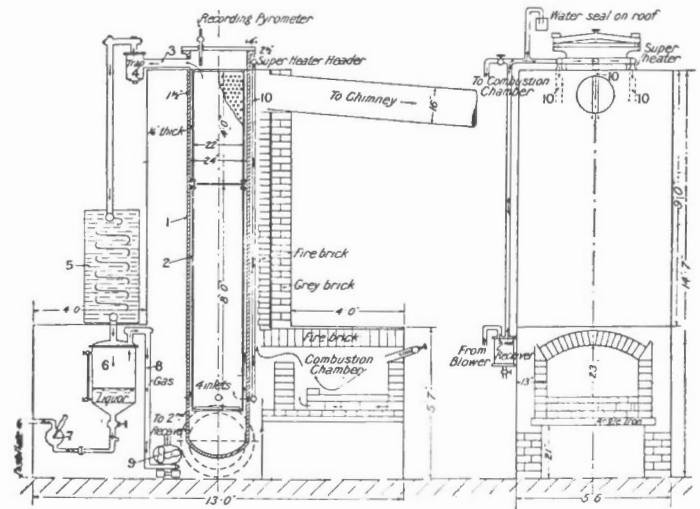
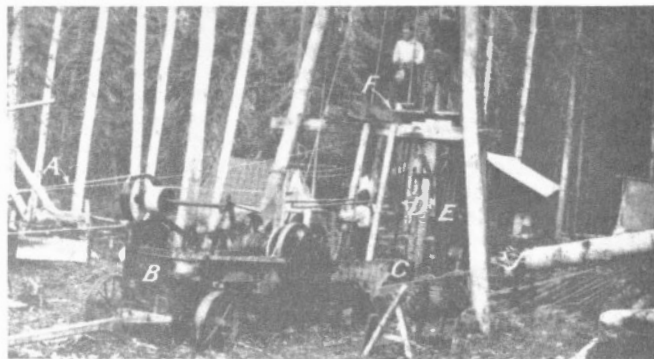


Schéma de la cornue Pritchard avec ses accessoires

l'échelle du banc d'essai. Les résultats ne s'avéraient pas aussi satisfaisants que ceux qu'on obtenait dans des tests de distillation destructive. En 1923, Swinnerton est témoin d'un essai effectué à l'aide d'une cornue Hartman à Saint-Jean au Nouveau-Brunswick. Cette cornue est semblable à un four de grillage; elle est munie de plateaux disposés sur plusieurs niveaux pour recevoir le schiste autour d'un axe rotatif central portant des agitateurs. Swinnerton assista à plusieurs séances d'essais de l'usine-pilote mais ne fut nullement impressionné par les résultats qu'il décrit dans "Recherches sur les combustibles et les essais des combustibles, 1923" (SM Rap. 618, 1924). Un wagon entier de schistes bitumineux provenant de Rosevale au Nouveau-Brunswick est expédié à Ottawa en 1925; une partie de ce minéral est broyée pour traitement à Toronto dans une cornue Pritchard. Ce procédé se caractérise par une pénétration dans le minéral des gaz non condensés pour ainsi permettre une meilleure distribution de la chaleur durant le traitement. Gilmore et Swinnerton, qui assistèrent à cet essai considérèrent que cette méthode

ne présentait pas d'avantage sur la distillation simple habituelle; voir "Recherches sur les combustibles et essais des combustibles, 1926, partie II: Les combustibles liquides" (SM Rap. 689-692, 1928).

Alors qu'il accompagne Haanel en 1923 pour assister à la conférence mondiale de l'énergie, Camsell visite les gisements pétroliers épuisés d'Alsace en France et d'Hannover en Allemagne où l'on pratiquait une méthode d'extraction pour la récupération des restes du pétrole. Buisson, alors en France pour le train-exposition canadien, accompagne le Sous-ministre dans ces visites dont la raison était la situation semblable des gisements pétroliers du Sud de l'Ontario. A leur retour au Canada, le Sous-ministre et A. Buisson font paraître un rapport intitulé "Récupération du pétrole dans les puits et les galeries de Pechelbronn en Alsace (France) et de Vietze à Hannover (Allemagne)" (Memorandum Series no 10, 1924). En 1924, Swinnerton compare les sables pétrolifères de Pechelbronn et les sables bitumineux d'Alberta, mais on ne connaît aucun texte là-dessus.



1



2



3



4

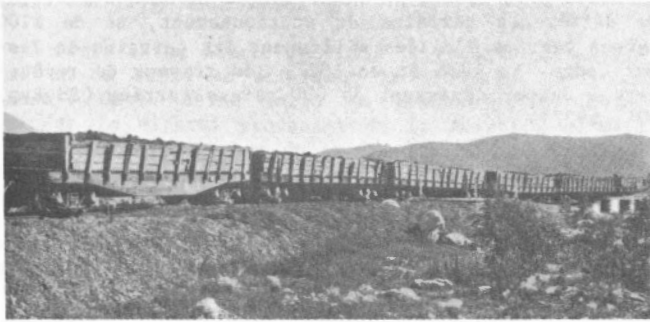
Premiers travaux de la Direction des Mines sur les sables bitumineux d'Alberta: 1- équipement modifié pour le carottage: A. courroie d'entraînement par tracteur, B. table rotative, D. perforatrice, E. tiges de forage inutilisées, F. plateforme de travail; 2- carrière de sable bitumineux près du fleuve Clearwater à McMurray en Alberta; 3- une carrière nouvelle et l'édifice de l'usine de séparation; 4- l'avenue Franklin, la rue principale de McMurray. (suite page suivante)

A partir de 1926, Swinnerton étudia de plus en plus les aspects chimiques des sables bitumineux, même s'il passait une partie importante de ses étés à l'échantillonnage des schistes bitumineux du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Ecosse (dans le comté de Picou) et du Québec (à Port-Daniel). En 1929 il visite l'atelier des schistes bitumineux du Ministère des Mines des Etats-Unis qui est situé à Rulison au Colorado.

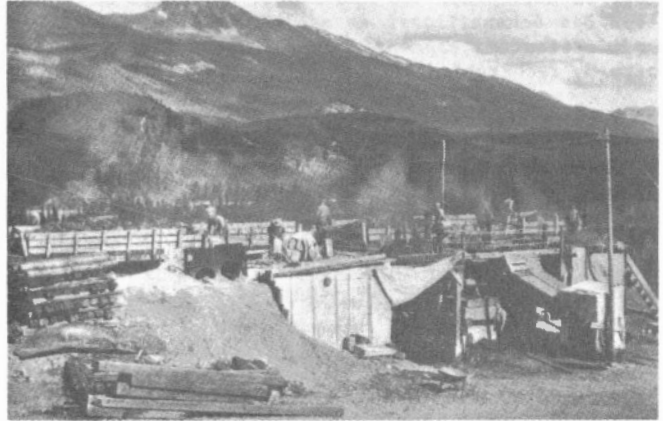
Swinnerton passe la majeure partie de son temps à élaborer des méthodes analytiques et à essayer des schistes bitumineux et des sables bitumineux; il est

assisté dans son travail par G.P. Connell.

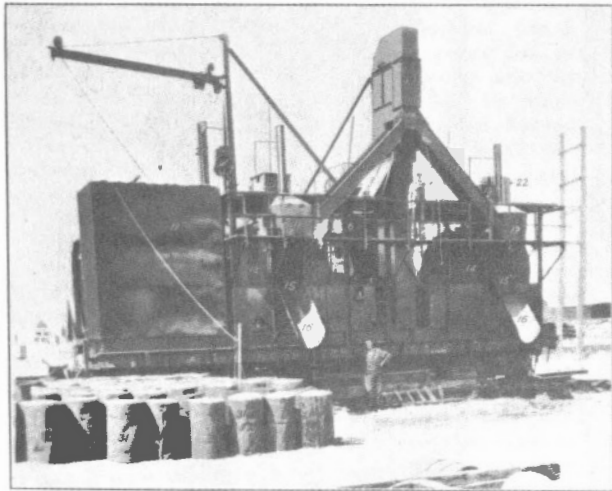
Le programme de schistes bitumineux devait subir des restrictions dues à l'impossibilité d'augmenter l'échelle des essais en raison du manque d'espace dans les laboratoires de recherche sur les combustibles occupés par des travaux plus urgents. Cependant, le personnel des combustibles, y compris Ells, était d'avis que les schistes bitumineux, dont le coût d'extraction est relativement élevé, étaient trop pauvres pour concurrencer le pétrole de puits, même importé.



5



6



7



8

Premiers travaux de la Direction des Mines sur les sables bitumineux d'Alberta: (suite)

5- les premiers chargements de sable bitumineux expédiés par S.C. Ells, en 1926, à destination de Jasper, en Alberta, pour le revêtement des routes; 6- à gauche, un assécheur de gravier; 7- une machine démontable à mélanger à tambour, à chauffage interne, construite par la Direction des Mines à Edmonton, Alberta, en 1930; 8- exemple typique d'une route revêtue de sable bitumineux à Jasper en 1927.

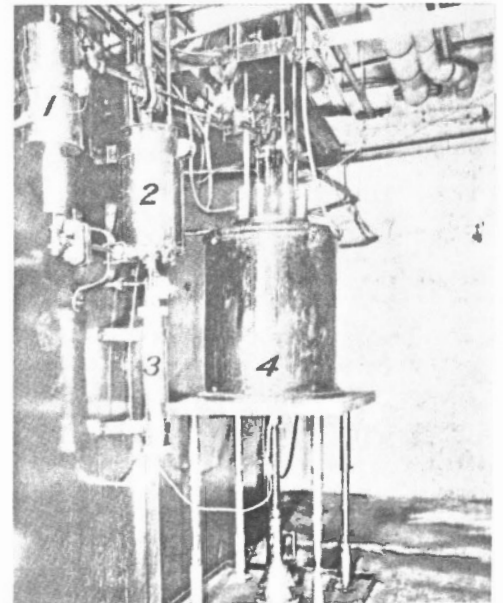
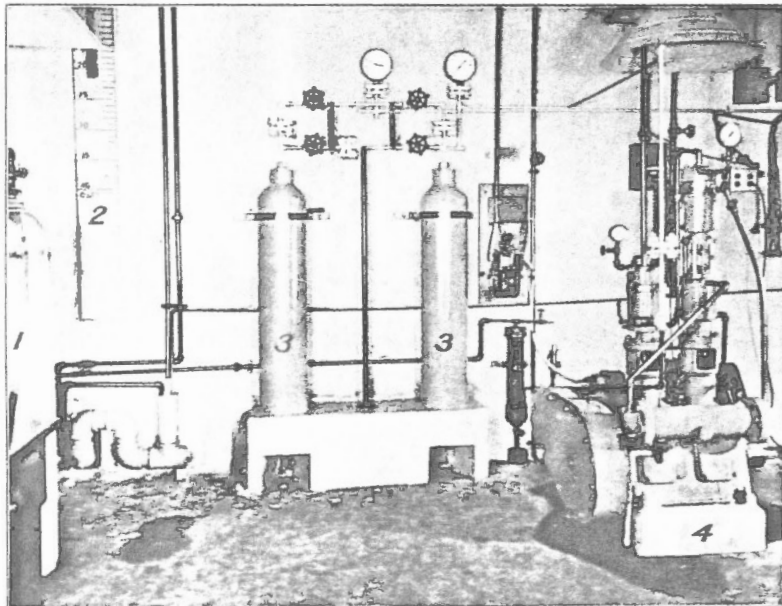
Les sables bitumineux

Ells demeurait le principal agent responsable des études minières pour ce minéral durant toute la période à l'étude, jusqu'à l'abolition du Ministère des Mines en 1936. Les levés topographiques d'une superficie de quelque 1 160 milles carrés sont achevés en 1923; ce travail, effectué durant sept étés consécutifs, constitue un exploit, accompli malgré des ressources limitées et de fréquentes interruptions des travaux. Ells rédige un rapport complet des recherches effectuées jusqu'à la fin de l'année 1924, qui reste le meilleur ouvrage de référence pour l'évaluation de ce minéral (71). En 1934, on entreprend des opérations de forage pour prélever des échantillons de sables bitumineux inaltérés par l'action des éléments, pour les travaux du laboratoire de recherche d'Ottawa.

En 1925, Ells amorce une étude de carottes de sables bitumineux en vue d'un échantillonnage systématique. L'été suivant, il inaugure les travaux d'une carrière située sur la rive nord du fleuve Clearwater, à moins d'un mille du 'bout du rail' de Waterways en Alberta. On procède à l'extraction de 13 wagons de sable, soit environ 375 tonnes, que l'on expédie à Jasper en Alberta pour des essais de revêtement routier

pour le compte de la Division des Parcs du Ministère de l'Intérieur. Ells supervise ensuite la construction, à Edmonton, d'un appareil de malaxage à chauffage interne; il se sert pour ce travail des ateliers municipaux que lui prête le maire et l'ingénieur en chef. L'appareil terminé est expédié à une voie de service du Canadien National dans la gare de Jasper. Les travaux de pavage, commencés en octobre, sont souvent interrompus par les intempéries, mais on termine en seize jours et demi la réfection de 2 700 pieds de route sur une largeur de 15 pieds. Connell, de la Division des Combustibles, avec l'aide d'Ells, fait des analyses des mélanges. En 1927, s'ajoute le pavage de 12 000 pieds de route principale, de 3 200 verges carrées d'entrées, de différents terrains de stationnement, et de 2100 verges carrées d'allées sillonnant les terrains de Jasper Lodge. En 1926 et en 1927, les travaux de revêtement à Jasper dépassent 35 000 verges carrées (SM Rap. 694, 1927).

Au cours de la même saison estivale de 1927, on forait trois autres trous, mais Ells était d'avis qu'on n'était pas encore parvenu au meilleur type de forage. En 1928, il choisit des terrains pour deux nouvelles carrières et pousse encore les expériences sur le choix d'un forage convenant à l'échantillonnage. On faisait



Installation-pilote d'hydrogénation continue en phase liquide d'une capacité de 4 litres, au 562 rue Booth; à gauche: un système de compression de l'hydrogène; à droite: 1- pompe magnétique, 2- condensateur, 3- accumulateur à haute pression, 4- chambre de réaction.

face à deux problèmes: la récupération du noyau n'était qu'incomplète et on éprouvait des difficultés à séparer le bitume du sable. Des devis furent proposés pour des essais dans une installation mobile de mélange et de chauffe dont on acheta même certaines des pièces. Ils passa quelque temps en Europe en 1928 dans l'étude de gisements d'asphalte rocheux et dans l'étude de la préparation du minéral en vue de son utilisation. En 1929, il aménagea une carrière à côté de l'usine expérimentale qui avait été construite suivant les plans de K.A. Clark, l'ancien directeur de la division des matériaux routiers de la Direction des mines dont les travaux de plusieurs années sur les sables bitumineux avaient acquis une large notoriété.

Cette usine devait servir à la séparation du bitume et du sable en utilisant la technique 'à l'eau chaude'. Cette usine entra en production en 1930, traitant le minéral provenant de la carrière qu'Ells avait aménagée. Au cours de la première saison, on produisit environ 15 000 gallons de bitume séparé, qui fut surtout utilisé pour des revêtements de route par le Ministère de la voirie de l'Alberta. Le mélangeur fut achevé en 1930. Il était conçu pour pouvoir utiliser soit le sable bitumineux directement comme matériau de revêtement, soit l'asphalte séparé pour mélange avec des aggrégats.

En 1931, Ells recueillit des échantillons type de sable des parties les plus au nord et les plus au sud afin de vérifier les changements possibles dans la composition des bitumes mêlés au sable. Pendant les 4 années qui suivirent, Ells s'ingénia à évaluer les possibilités d'utilisation du bitume de McMurray par rapport aux asphaltes naturels ou raffinés. Durant la période à l'étude, il dépendait de la Division des Ressources minérales mais il travaillait en étroite relation avec la Division des Combustibles à qui il apportait les échantillons pour essais chimiques.

Cette recherche était conduite avec le concours de Rosewarne, Swinnerton, Connell et d'autres. Les premières études sur les sables bitumineux aboutirent à une méthode de laboratoire pour l'asséchage du bitume humide après son extraction du sable (SM Rap. 689-692 de P.V. Rosewarne et G.P. Connell, 1928). Des échantillons de bitume asséché et d'un pétrole tiré des schistes bitumineux furent envoyés à des laboratoires équipés d'installations de craquage sous pression en vue de la production d'essence et de mazout; le bitume fut envoyé au Kansas City Testing Laboratory où il fut 'craqué' selon le procédé Cross, et le pétrole de schiste au laboratoire de la Universal Oil Products Company de Chicago où il fut traité par le procédé Dubbs (SM Rap. 696, 702 de R.E. Gilmore, A.A. Swinnerton et G.P. Connell, 1929).

Warren expérimenta en 1930 des procédés d'hydrogénation et de craquage sous pression du bitume d'Alberta. D'autres travaux expérimentaux furent effectués en 1931 pour mesurer l'influence de la pression sur le

taux de formation d'hydrogène et d'hydrocarbures non saturés par pyrolyse du méthane. Puis ces études s'étendirent à du goudron de Nouvelle-Écosse à basse température. En 1933 on construit un réacteur de 4 litres pour procéder à des études à 3 000 psi sur le bitume d'Alberta, le goudron à basse température et une suspension de charbon en poudre dans le goudron. Les premières recherches sont conduites par T.E. Warren et A.R. Williams et sont suivies en 1933 de celles de T.E. Warren et K.W. Bowles; ils font l'objet du SM Rap. pp. 727-733. Tous ces travaux sont mentionnés dans la première partie de 'Recherches sur les combustibles et les essais des combustibles des années 1930 et 1931' (SM Rap. 727 à 731).

Pétrole et gaz naturel

Cette section, que Haanel appelait section 4, Pétrole et gaz naturel, fournit non seulement les services d'analyse mais effectue également la recherche et les études lancées à sa propre initiative ou en collaboration avec la section 2, Schistes bitumineux, etc. Cette section travaille en étroite collaboration avec Warren lors de sa recherche sur l'hydrogénation.

Le Laboratoire du pétrole marqua presque un arrêt pendant environ 2 ans, jusqu'à la nomination de P.V. Rosewarne en 1921. En plus de l'analyse des hydrocarbures, les premiers projets qui l'intéressent sont:

- (a) à la demande du Ministère du Service naval, la recherche des qualités de combustion du kérosène pour l'éclairage et évaluation de la marque de lampe qui enfume le moins;
- (b) à la demande du Bureau de l'air du Canada, l'étude de la valeur lubrifiante de l'huile de foie de morue comparée à l'huile de ricin; les résultats révèlent que la première est meilleure sauf qu'elle goudronne.

Entre 1921 et 1925, Rosewarne fait des études sur les huiles lubrifiantes du Canada et sur les huiles de vidange des carters de voiture.

On se plaignait alors des différences marquées dans la qualité de l'essence; c'est alors que Rosewarne amorça en 1922 une étude de l'essence à Ottawa; l'année suivante, on ajoute dix autres villes canadiennes. Cette étude allait devenir une entreprise routinière pendant une trentaine d'années jusqu'aux environs de 1950, époque à laquelle la stabilité des différentes qualités d'essence au Canada fut établie.

Durant les années suivantes, Rosewarne participe de plus en plus au programme de traitement du pétrole brut extrait des schistes et des sables bitumineux.

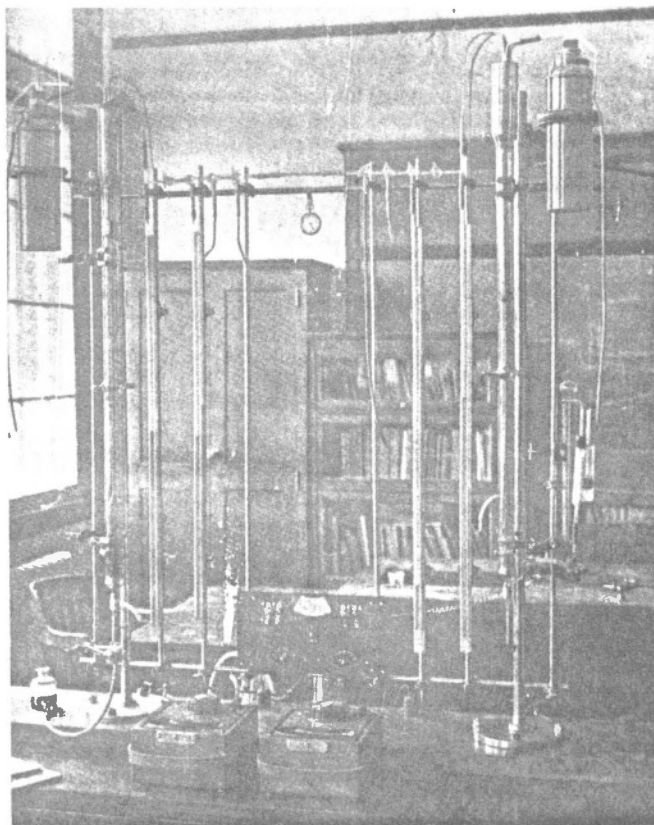
En 1928, il visite Turner Valey et d'autres champs pétrolifères du Canada. Rosewarne et Offord recueillent des échantillons de gaz naturel et de naphte. Les industries leur accordent leur entière col-

laboration et l'Institut de technologie de Calgary leur fournit les installations nécessaires à leurs travaux d'analyse. On fait également l'étude de l'hélium qu'on trouve dans le gaz naturel.

On amorce également le recensement des pétroles bruts. Dans cette tâche, Rosewarne est assisté de Chantler et Offord. La Direction des Mines conclut une entente avec le comité du gouvernement albertain pour l'étude des combustibles et des lubrifiants sous la présidence du Major H.G.L. Strange.

En 1929, Rosewarne et Chantler se rendent dans des raffineries de l'Ontario et de l'Oklahoma, puis dans une station expérimentale du Bureau of Mines des Etats-Unis, à Bartlesville, et enfin dans une usine d'hélium du Bureau of Mines à Amarillo, au Texas.

En 1931, on installe un appareil pour mesurer le



Appareil Podbielniak pour l'analyse par distillation des hydrocarbures, au laboratoire du Provincial Institute of Technology, à Calgary.

cogement des moteurs au laboratoire de la rue Booth; ceci permet dès lors de comparer les indices d'octane des essences. Durant la même année, les essais des explosifs s'ajoutent aux responsabilités de Rosewarne, de Campbell et de quelques-uns de leurs collègues de ce laboratoire.

L'important travail de cette période sur les pétroles bruts, sur le naphte mêlé au gaz naturel, sur les schistes bitumineux et sur le bitume se présente sous la forme d'analyses et fait l'objet d'un rapport en 1936 (72). En raison de ce programme, Rosewarne et ses collaborateurs doivent inventer des techniques d'analyse ou les améliorer; de nombreux organismes leur demandent des services de consultation sur la qualité du pétrole et de ses sous-produits. C'est ainsi que le laboratoire collabore étroitement avec le Conseil national de recherches du Canada, qui veille à l'établissement des normes. Le Conseil forme des comités conjoints sur le gaz naturel et l'hélium avec lesquels coopère ce groupe de la Direction des Mines. Il est bon de rappeler que c'est en 1929 que le Canada a pour la première fois une production annuelle de pétrole supérieure à un million de barils. D'un autre côté, les importations de cette année-là s'élèvent à environ 30 millions de barils de pétrole brut destiné aux raffineries canadiennes pour une valeur d'environ 46 millions de dollars; les sous-produits sont évalués à près de 32 millions de dollars.

Comme pour les autres divisions, les activités de recherche et de développement de la Division des Combustibles et des Essais des combustibles font l'objet de rapports, la plupart annuels, dans la série "Recherches des combustibles et des essais des combustibles". Pour la période 1920-1932, il s'agit des SM Rap. 577, 590, 607, 618, 644, 671, 689 et 696. Ces deux derniers rapports paraissent aussi séparément pour les combustibles solides ou liquides: 689-1 et 2 pour 1926 et 691-1 et 2 pour 1927; 712, 721, 725 (pour 1928, 1929 et 1930-31) et 737 (pour 1932). Les rapports sur les tests et la recherche après 1932 paraissent sous une forme photocopiée à la Division ou au niveau de la Direction (Memorandum Series) à l'exception des rapports finaux inclus dans la première série des rapports de la Direction des mines.

L'hélium

Au début de 1915, l'Amirauté britannique entre en relation, par l'intermédiaire du Bureau des inventions et de la recherche, avec le professeur J.C. McLennan, alors directeur du département de physique à l'Université de Toronto. Elle lui demande d'étudier la concentration de l'hélium dans les mélanges de gaz naturels que l'on trouve dans l'Empire britannique. On voulait substituer dans les aéronefs l'hélium inerte à l'hydrogène, plus léger mais beaucoup plus dangereux.

McLennan forme dans son Ministère un groupe de travail, qui comprend entre autres le professeur John

Satterly et R.T. Elworthy de la Direction des Mines. Nous avons déjà mentionné au chapitre 3 que Satterly et Elworthy avaient participé à une recherche de la Direction des Mines concernant les eaux minérales du Canada. On demandait à McLennan de faire des recensements des quantités d'hélium des pays de l'Empire britannique et d'élaborer de techniques de séparation et de concentration de l'hélium. Le relevé effectué au Canada révélait que le gaz naturel le plus riche contenait 0,36% d'hélium en volume.

Une station expérimentale s'installe d'abord à Hamilton pour se déplacer ensuite à Calgary sous la direction de John Patterson du Bureau météorologique de Toronto. L'entrée en guerre des Etats-Unis réduisit l'urgence de ce projet; les ressources en hélium étaient beaucoup plus considérables aux Etats-Unis qu'au Canada. Cependant, on rédige le projet et on le fait paraître en 1920 (73). Ce rapport comprend les premiers levés cartographiques des champs de pétrole et de gaz dans les publications de la Direction des Mines. Dans une lettre officielle du docteur A.W.G. Wilson au docteur Haanel pour la remise du rapport, un passage dénote l'intérêt qu'il porte aux industries secondaires s'appuyant sur la recherche minérale au Canada; Wilson se présente comme ingénieur responsable des recherches sur les industries chimiques. Plus de 40 ans plus tard, John Satterly proposait de raconter ses souvenirs sur ces travaux, que la Direction des Mines publia en 1959 (74).

A la fin de la guerre, alors qu'il fait partie du personnel de la Division Chimique, Elworthy élabore un projet spécial de recherche et développement sur le gaz naturel et l'hélium et décrit ses travaux dans: "Recherches sur les ressources minérales et l'industrie minière, 1923" (SM Rap. 616, et séparément 616 A). Avant de quitter la Direction des Mines en 1927, Elworthy prépare un rapport pratique indépendant sur l'hélium (75).

L'analyse du gaz naturel et de l'hélium qu'il contient est confiée à la Division des combustibles et des essais des combustibles. Rosewarne prépare un rapport sur les analyses de l'hélium et du gaz naturel effectuées entre 1926 et 1939, qui paraît dans "Recherches sur les ressources minérales pour l'année 1931", et indépendamment (SM Rap. 727-2, 1931).

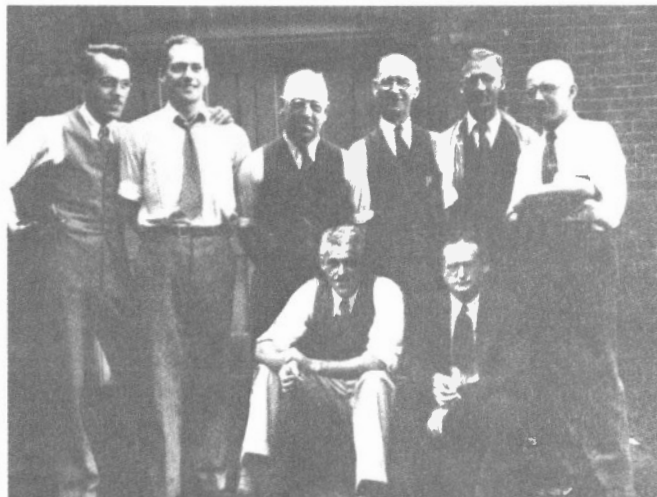
Division de la céramique et des matériaux de voirie

Ce groupe de travail bicéphale, qui s'intéresse à des minéraux industriels très abondants et reliés entre eux, poursuit le travail commencé par Haanel. Ce dernier était convaincu que c'est à la Direction des Mines que revient la responsabilité de stimuler auprès de tous les secteurs de l'économie canadienne une meilleure utilisation des minéraux produits sur place. Ce groupe poursuit ses travaux de pionnier en recherche et développement sur les matériaux de construction et les articles de céramique; il n'y avait alors aucune autre in-



L.P. Collin

Division des matériaux de voirie à la suite du rappel en octobre 1921 de J. Keele à la Commission géologique (il devait mourir en 1923). Howells Fréchette est nommé Chef intérimaire. Le statut de la Division devient officiel lors de sa réorganisation en 1922 et Fréchette en est confirmé Chef le premier janvier 1923. Les travaux de cette Division,



Le groupe de la céramique et des matériaux de voirie, rue Sussex à Ottawa; de gauche à droite: H. Mercier, R.M. Lake, W. Reid, E. Lester, R.W. Toll, C.M. Freeman; assis: J.G. Phillips et John McMahon

stallation pour ces recherches au Canada. Ce groupe complète également des analyses du gravier et de la pierre sur certaines des voies principales, soumises à une circulation automobile de plus en plus importante.

Cette division avait été formée par le regroupement informel de la Division de la céramique et de la ceux de la Division de la Chimie, ainsi que les statistiques des ressources de la Division des ressources minérales sont mentionnés sous leurs titres respectifs, car ils ne se prêtent pas à un classement par denrée. Le groupe de la céramique s'intéressait principalement à l'utilisation des argiles, des schistes ou autres minéraux réfractaires du Canada et le groupe des matériaux routiers aux graviers et à la pierre de revêtement routier.

Dans le sous-groupe de la céramique, L.P. Collin est nommé en août 1923 et une assistante de laboratoire, Mlle F.M. Campbell, lui est adjointe en 1923. Quand elle quitte son poste en décembre 1924, elle est remplacée par Mlle R.L. McLeish, soeur du Directeur, entrée au service de la Direction des Mines en 1908 pour prendre sa retraite en 1950. J.M. McMahon est nommé en octobre 1925 et J.G. Phillips lui est adjoint en juillet 1928. La Division profita des services de E. Lester, un technicien dévoué à la Division depuis les débuts en 1915 jusqu'à sa retraite en 1944.

Ce personnel restreint accomplit une énorme tâche dans l'étude pratique et appliquée des matériaux de céramique; en quelques années à peine, cela leur vaut la réputation d'être l'équipe la plus compétente dans ce domaine au Canada. Ils effectuent certaines études sur place mais jamais comme celles que conduisirent au début Keele et d'autres quand ils délimitèrent les gisements de schistes et d'argiles. La Commission géologique poursuit les travaux d'ordre pratique, surtout en la personne de F.M. McLearn, et fournit des échantillons pour les soumettre à des essais. Les industriels s'adressent à eux pour résoudre les problèmes de prévention des crasses à la surface des briques, de glaçure des articles de céramique, etc. C'est ce qui explique également que des membres du personnel visitent fréquemment les ateliers d'argile ou de céramique et les briqueteries, tuileries, etc. Dans un projet conjoint de production de briques de magnésite réfractaire de haute qualité, on avait établi en 1925 des relations avec le Conseil national de recherches du Canada. L'agent de liaison du Conseil était R.T. Watkins.

Le laboratoire fut bientôt pourvu des très bons équipements (76) et attira l'attention de différentes agences en fournissant, par exemple, des installations au Bureau de l'air et au Ministère de la Marine et des pêcheries pour la conduite de tests spéciaux. De la même manière, on mit le laboratoire à la disposition de G.M. Hutt du Canadien Pacifique pour y effectuer des essais sur les argiles de terrains que possédait la compagnie dans le sud de la Saskatchewan. Les membres du personnel étaient de plus en plus consultés par



Le kiosque canadien de la céramique à la foire de l'Empire britannique, à Londres, en 1924.

différents organismes gouvernementaux. Il est intéressant de noter que durant la Dépression, lors de l'installation pour le Ministère de la Défense d'une briqueterie au camp de secours de Rockcliffe, on prend conseil auprès de ces spécialistes au sujet de l'usine, des équipements et des opérations; ils font également des essais sur les argiles qui devront servir à la fabrication des briques.

En plus de la recherche de solutions à ces problèmes, la Division prend l'initiative de travaux considérables de recherche et de développement, comme l'évaluation des propriétés physiques des briques canadiennes, une étude du contrôle de la couleur et de la densité des briques, celle des gaines de céramique utilisées pour le chauffage à l'électricité, la production de formes de stéatite en poudre liée au silicate de sodium, le traitement des argiles pour venir à bout des imperfections de séchage, etc. On produit des formes de céramique à l'intention d'autres divisions et pour des foires comme celle de l'Empire britannique qui se tient à Londres en 1924-1925, et pour l'exposition du Musée national du Canada en 1936.

La maîtrise que le groupe acquiert amène Fréchette et ses collègues à jouer un rôle actif au sein de comités tels que le Comité associé des produits magnésiens du Conseil national de recherche du Canada, l'Association canadienne des normes de génie, la Commission des normes dimensionnelles des briques (il en assure la présidence), le Comité des normes d'approvisionnement du gouvernement canadien, le sous-comité des produits réfractaires (il en assure la présidence) et autres sous-comités. Fréchette et ses collègues sont associés de près aux activités de la Société canadienne de la céramique. Pendant la durée d'un mandat, il en est le Président, Collin le Vice-président et d'autres membres font partie de différents comités de cette société. Avec l'accord du Ministère, et à la demande de

cette société, de l'Association canadienne des manufacturiers de brique et de l'Association de la tuile d'argile de construction, on entreprend un projet spécial pour effectuer des tests sur les ouvrages de structure qui font usage de briques et mortier et de tuiles et béton.

Dans le sous-groupe des matériaux routiers, après la démission de Clark en 1920, c'est H. Gauthier qui prend la relève avec l'aide de R.H. Picher. Ils poursuivent les recherches sur les matériaux. Après la Première Guerre mondiale, le revêtement en dur des routes allait se généraliser et c'est ainsi que la Direction des Parcs du Ministère de l'Intérieur amorçait des travaux pour le revêtement en dur des routes du parc des montagnes Rocheuses et consultait la Division sur les matériaux à utiliser. Les deux premières routes principales pour lesquelles Gauthier effectue des relevés vont de Banff au lac Louise et du carrefour du Mont Castle (maintenant le Mont Eisenhower) à Windermere. Les études de terrain sont grandement facilitées par la coopération offerte par J.M. Wardle, ingénieur en chef des routes et R.S. Stronach, surintendant du parc des montagnes Rocheuses.

En 1920, Picher entreprend une étude systématique des matériaux de certaines routes principales de la Nouvelle-Ecosse, comme les axes Halifax-Windsor-New Glasgow-Sydney, Windsor-Middleton-Bridgewater, Halifax-Shag Harbour, etc. Ces travaux se poursuivent pendant trois ou quatre ans et Picher est alors transféré au Nouveau-Brunswick où il est invité par le Ministère de la Voirie. Il étudie la valeur des gisements de gravier à proximité des routes principales comme l'itinéraire Moncton-Saint-Jean-Frédéricton-Woodstock, et Edmundston.

Des relevés semblables se font également à partir de 1927 et pendant environ 2 ans pour les routes principales de l'Île-du-Prince-Édouard.

Gauthier démissionne en 1924 et Picher poursuit seul les travaux d'évaluation. Pendant un certain temps, il effectue des relevés à l'est de l'Ontario et à l'ouest du Québec et s'intéresse de plus en plus à la pierre concassée. Un autre relevé donne un aperçu des ressources en gravier des Cantons de l'Est du Québec le long d'un axe allant de l'est de Lévis jusqu'à Waterloo.

De 1920 à 1931, les travaux de cette Division sont décrits sous le titre "Recherches concernant la céramique et les matériaux de voirie" dans les SM Rap. 578, 591, 610, 619, 645, 672, 690, 697, 722 pour 1928-1929 et 726 pour 1930-1931; un rapport de R.H. Picher paraît séparément: "Les graviers de voirie du Québec" (SM Rap. 751, en anglais et SM Rap. 752 en français, 1935).

Division de la chimie

Durant la période à l'étude, cette Division fit preuve de la flexibilité qu'on lui connaissait depuis 1907. Du fait que les analyses et autres importantes études chimiques étaient sous la responsabilité des deux autres Divisions utilisant des laboratoires - celle de la préparation des minerais et celle des combustibles - la Division de la Chimie pouvait se consacrer aux tâches exigées par la Division des Ressources minérales et celle de la céramique et des matériaux de voirie, et parallèlement entreprendre d'elle-même des projets au profit des autres divisions de la Direction. A la suite de l'incendie de février 1921 qui avait endommagé le laboratoire de préparation des minerais et de chimie, il fallut aménager dans le laboratoire de la rue Sussex de nouveaux locaux pour permettre à la Division de poursuivre ses travaux d'analyse. En juin 1920, Moran est transféré au laboratoire de la rue Sussex et se voit confier les travaux d'analyse de l'air des mines à cause de la surcharge de travail à la Division des Combustibles. Il revient en 1937 au laboratoire des combustibles de la rue Booth. M.F. Connor, qui avait été transféré de la Commission géologique en 1907, y retourne en 1918. Plus tard c'est au tour de Turner de quitter son emploi. Ils sont remplacés par N.A. Thompson en 1918 et A. Sadler en 1919.

Le Ministère britannique de la Recherche scientifique et industrielle s'intéressait aux usages chimiques de deux minéraux: la bentonite et le gaz naturel, ce dernier comme source d'alcool méthylique, de formaldéhyde et d'acide formique très demandés au Royaume-Uni pour leurs utilisations chimiques. Cela coïncidait avec la volonté de la Direction des Mines de faire accroître l'utilisation des ressources minérales par les industries chimiques et associées au Canada. C'est Wilson, de la Division des Ressources minérales, qui s'occupe surtout de ce dossier. Elworthy entreprend une étude sur l'oxydation du gaz naturel (SM Rap. 588, 1923). Thompson, assisté de Sadler, étudie la bentonite et ils rédigent ensemble: "Les propriétés chimiques et physiques de la bentonite" pour ce même rapport, puis expédient au Royaume-Uni un échantillon de bentonite du Canada. Elworthy s'engage dans plusieurs projets; c'est ainsi qu'en 1922, il étudie des échantillons de résines fossilisées en provenance de Coalmont en Colombie-Britannique et du lac Cedar en Saskatchewan. Elworthy en conclut que ces résines ne conviennent qu'à la fabrication de vernis. Il émet des réserves, soulignant que la couleur foncée et la faible solubilité des résines canadiennes dans l'éther de pétrole allait rendre difficile la concurrence avec les résines des régions tropicales. A la demande du Ministère de l'Intérieur, Elworthy élabore une méthode de travail sur le terrain et un appareil pour déterminer, par conductivité électrique, la nature de l'infiltration des eaux dans les puits de pétrole et de gaz, ceci dans le but de protéger les sites producteurs sujets à l'ingression d'eaux salées. Ces deux études sont décrites dans SM Rap. 607, 1924. En 1923, Elworthy travaille en collaboration avec le personnel de la Commission géologique et

le professeur A.E. Flynn du Collège technique de la Nouvelle-Écosse pour déterminer la quantité de kérosène dans les schistes bitumineux et les torbanites de la Nouvelle-Écosse. En 1925, Elworthy décrit "Les sources d'eau chaude de l'Ouest canadien: leurs propriétés radioactives et chimiques" (SM Rap. 669, 1926). En septembre 1926, il profite d'un congé spécial pour se rendre en Europe et en 1927, il se met à l'emploi de l'Industrial Development Process Company de Kingston.

Jusqu'à la nomination en 1930 de Haycock au poste de Directeur du laboratoire de minérigraphie et jusqu'à au début des recherches en métallurgie physique du groupe de recherche du fer et de l'acier, Thompson effectue des études minéralogiques des minerais et des analyses métallographiques des minerais métalliques qu'ils contiennent; la conduite de ces travaux s'ajoute à la responsabilité qu'il assume dans les analyses et les essais plus compliqués comme dans le cas du tellure aurifère. Cette Division traite annuellement 1 200 échantillons ou spécimens en moyenne.

La Division accordait de l'aide aux projets effectués à l'extérieur; ainsi Cole fut assisté, dans ses études de terrain sur les sels alcalins, par Leverin, qui travaillera également au projet de la tourbière d'Alfred en 1928. Les spécialistes d'une denrée particulière étaient bien entendu d'un concours précieux; Leverin, dont les travaux sur la tourbe remontaient au début des recherches, poursuit ses études spécialisées jusqu'à sa retraite en 1944.

En 1926, C.L. O'Brien se met au service de la Division au moment où Goudge s'engage dans sa recherche sur les calcaires. Il fallait beaucoup d'analyses et O'Brien fut le principal responsable des travaux de ce genre au cours de cette recherche, mais il analysa également une série de ressources comme l'air des mines, le minerai d'argent et de plomb, les minerais radioactifs, etc. O'Brien occupa ce poste jusqu'en 1935, année de son transfert au Bureau canadien des combustibles; il continua au service des organismes successeurs et, à la fin de sa carrière, assumait la présidence du Bureau canadien du charbon de 1961 à 1965.

Wait, Chef de la Division, prend sa retraite en juillet 1931 et Thompson lui succède pour demeurer chef intérimaire jusqu'à la fin de l'exercice du Ministère des Mines en 1936. Il meurt subitement en 1937.

Leverin commence une étude systématique des eaux industrielles du Canada en 1934. En premier lieu, les eaux des réservoirs municipaux sont échantillonnées et analysées. Cette étude se poursuit à la Direction des Mines jusqu'à la formation en 1966 du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pour ensuite dépendre de la Direction des Eaux intérieures du Ministère de l'Environnement. Les premiers rapports sur les eaux industrielles paraissent dans la série des mémoires et plus tard sous forme regroupée (77).

L'existence de la Division de la Chimie cesse en 1936 lorsque la Direction des Mines devient le Bureau des Mines du Ministère des Mines et des Ressources.

Division des ressources minérales

Avant la nomination en octobre 1921 de John McLeish à la tête de la Direction des Mines, avant que ne s'effectue la même année le transfert des travaux statistiques courants de l'ancienne division des ressources minérales au nouveau Bureau canadien de la statistique et avant la réorganisation de la Direction des Mines en 1922, la Division demeura effacée. La division qui l'avait précédée, qui n'avait pas à effectuer de compilations statistiques, avait été fondue avec les Divisions des minéraux métallifères et non métallifères pour former la nouvelle Division des Ressources minérales dont A.W.G. Wilson était le chef ou l'ingénieur en chef. La Commission du service civil ne se pressait pas pour reconnaître un nouveau rang correspondant au poste de Wilson, qui en était naturellement très irrité.

A partir de 1923, les archives et le fichier central des ressources minérales vont dépendre de Buisson et tous les documents de statistique, de Casey. Ces hommes n'étaient pas de simples employés de bureau mais devaient se rendre dans les centres miniers ou manufacturiers pour y recueillir directement des informations sur les ressources minérales et leur utilisation, et prendre note également de l'évolution dans les installations ou dans les techniques. Buisson s'occupait surtout de ce dernier domaine. Par exemple il examina l'utilisation de la poudre de zinc dans les mines d'or pour la précipitation de l'or à partir des solutions cyanurées: "L'utilisation de la poudre de zinc dans les mines d'or canadiennes, 1931-1932-1933" (Memorandum Series no 61, 1934). Rappelons que c'est C. Camsell et A. Buisson qui rédigent le rapport sur la récupération en France et en Allemagne du pétrole résiduel par des méthodes minières. Buisson prépare également pour des revues techniques des articles sur différents sujets concernant les ressources minérales; ils sont cités dans les listes annuelles du Sous-ministre sous la rubrique 'Documents parus'.

En 1930, à la demande du Bureau canadien des combustibles, Casey inaugure une série de publications intitulée: "Les combustibles dérivés du pétrole au Canada: livraison et consommation" qui ne cessera qu'en 1944 (SM Rap. 745, 759, 772, 780, 789, 808 et 814).

Comme nous l'avons souligné au chapitre 3, les comptes rendus sur la production minérale annuelle cessent en 1920; à l'occasion cependant de la foire de l'Empire britannique qui se tient à Londres en 1924 et en 1925, on fait paraître chaque année "Les industries minérales du Canada". Puis cette publication reprend en 1933 sur une base annuelle jusqu'à la guerre. Les publications suivantes se poursuivent: "Liste des exploitants", comprenant "Usines métallurgiques", "Installations de traitement primaire", "Mines de

minéraux métalliques et de minéraux industriels", "Mines de charbon", "Pétrole et gaz naturel"*, "Manufactures de briques de sable et chaux"', "Carrières de sable et de gravier"**.

D'autres membres du personnel, comme Freeman et E.G. Wait, qui avaient commencé à la Division des Ressources minérales en 1923, étaient incités à conduire des études de terrain, pour aider les spécialistes des minéraux et parfois par eux-mêmes. En 1926 par exemple, Mlle D.M. Stewart, qui faisait partie de la Division depuis 1913 "reçut, alors qu'elle effectuait un voyage dans le bas du golfe Saint-Laurent, l'instruction de se rendre à certains endroits de l'île de Terre-Neuve afin d'obtenir plus de renseignements sur les venues de diatomite"; les échantillons qu'elle recueillit furent remis à Eardley-Wilmot pour examen et comparaison avec ses propres échantillons, recueillis dans les Maritimes.

La Division était responsable de la préparation des documents et de la présentation des pièces destinées aux expositions, de la publication des textes spécialisés à distribuer dans les rencontres et foires internationales, etc. Elle fut très impliquée dans la coordination de la Conférence économique impériale tenue à Ottawa en 1932; Wilson, Chef de division, avait servi de conseiller auprès des responsables de la conférence. Une série de rapports statistiques, considérés les plus complets jamais parus sur l'industrie minière canadienne, avait été préparée par John Casey pour la conférence; ils sont groupés sous les titres généraux suivants:

- (1) "Production de minéral et minéraux, années civiles 1913-1930".
- (2) "Sommaire des métaux canadiens, production, import-export, approvisionnement et données sur la consommation (locale), 1927-1930".
- (3) "Commerce mutuel des minerais, des métaux et de leurs sous-produits; Etats-Unis-Canada, années civiles 1927-1930".
- (4) "Commerce mutuel des métaux, des minéraux et de leurs sous-produits; Etats-Unis-Royaume-Uni (exception faite de la république indépendante d'Irlande), années civiles 1927-1930".
- (5) "Commerce mutuel des métaux, des minéraux et de leurs sous-produits; Etats-Unis-Membres de l'Empire britannique, années civiles 1927-1930".

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la plupart des spécialistes des minéraux de la Division se consacraient aux minéraux industriels surtout du fait que les sections des métaux et des combustibles avaient

* Cesse de paraître en 1930 pour être remplacée par "Raffineries de pétrole du Canada";

** Cessent de paraître en 1924 pour être remplacées par "Cimenteries du Canada, 1949" et "Exploitants de carrières de pierre du Canada, 1948".

leurs propres agents qui se chargeaient également d'une bonne partie des études de terrain.

Wilson s'implique activement dans les programmes de la Division et rencontre les différents agents au cours de leurs missions d'études de terrain quand cela est nécessaire. Après la publication en 1924 d'un rapport intitulé "Le développement des industries chimiques, métallurgiques et des domaines associés du Canada en relation avec l'industrie des minéraux" (37), sa réputation s'accroît comme personne-ressource de la Direction des Mines et il devient agent de liaison pour les industries chimiques et associées, grandes consommatrices de produits minéraux.

La bibliothèque

Mme Ogilvie reste bibliothécaire en chef pendant la période à l'étude; la bibliothèque est située au dernier étage de l'édifice de la rue Sussex. On avait dû agrandir les premiers locaux pour permettre l'addition de rayons et le volume des additions grossissait d'environ 4 000 acquisitions par année, y compris des pièces documentaires ou des brochures, etc. On mit beaucoup d'efforts pour mieux documenter la bibliothèque sur les développements internationaux survenus en technologie minérale, avec traduction de certains documents. Quand Haanel prend sa retraite en 1920, il fait don à la bibliothèque d'une partie de sa précieuse collection de livres et de documents.

Il est intéressant de noter que c'est durant l'année fiscale se terminant le 31 mars 1928 que la Direction des Mines distribua le plus grand nombre d'exemplaires de ses publications - 137 498 - ce qui n'a sans doute jamais été égalé depuis.

Division du dessin

H.E. Baine dirige ce groupe depuis sa formation en 1911. Il prend sa retraite en 1933 et L.H.S. Pereira lui succède comme directeur intérimaire.

Dans son rapport annuel, Baine fournissait une liste des cartes numérotées incluses dans l'énumération séquentielle des rapports de la Direction des Mines prévus dès le départ par Haanel. Certaines des cartes magnétométriques numérotées n'étaient pas intégrées aux rapports et plusieurs cartes des rapports pouvaient s'obtenir séparément. La liste de ces rapports numérotés cesse après la parution du rapport annuel de l'année fiscale 1929-1930. Les dernières cartes numérotées, numéros 812 et 813, du catalogue de la Direction des Mines paraissent en 1946 dans la cinquième partie du rapport "Les pierres à chaux du Canada" de M.F. Goudge. La Division cesse ses activités en 1936 et devient une section de la Division de l'Économie. Au cours des dernières années il y eut des dessinateurs à la Direction des Mines mais ils se limitèrent la plupart du temps au dessin industriel.

Le Conseil national de recherches

En raison de l'intérêt marqué que portait le CNR aux ressources minérales au cours des premières années, il existait avec la Direction des Mines des relations de coopération entretenues. Le CNR est fondé en 1916. Jusqu'en 1924, date de promulgation de la loi du Conseil national de recherches, il est connu sous le nom de Conseil honoraire pour la recherche scientifique et industrielle du Canada. En 1923, le docteur T.H. Tory en est nommé Président tout en demeurant président de l'Université d'Alberta jusqu'en 1928; il démissionne alors pour se consacrer entièrement à l'installation de laboratoires propres au Conseil. Tout comme les responsables administratifs qui alternent, il rend compte de ses activités au Président du Conseil privé de la recherche scientifique et industrielle, charge qui revient au Ministre du Commerce et de l'Industrie.

Le Conseil avait l'intention bien arrêtée de promouvoir l'utilisation des ressources naturelles. À ses débuts, il s'oriente vers les besoins de l'industrie et s'attache principalement à cerner les difficultés qu'elle éprouve. L'une des premières tâches que le Conseil se donne à sa première réunion du 4 décembre 1916, est de voir au remplacement de l'antracite des Etats-Unis, utilisé au Manitoba et en Saskatchewan, par de la briquette de lignite carbonisée. A.R. Ross, ingénieur-conseil de Montréal, qui fait partie du Conseil, devient le premier Directeur du Bureau de l'utilisation de la lignite fondé en 1918. Il est également l'auteur du premier rapport que le CNR fait paraître en 1918 "Le briquetage de la lignite".

Le comité associé des mines et de la métallurgie prend forme à l'automne 1917 et tient à Montréal sa première réunion le 5 mars 1918. Il s'agit d'un comité consultatif. Le projet de la lignite est de son ressort. En 1920, J.G. Morrow, alors inspecteur surveillant de la Steel Company of Canada et membre du Comité des mines et de la métallurgie, devient Directeur d'un sous-comité des minerais de fer. Le rapport no 14 de J.G. Morrow paraît en 1924 sous le titre: "L'utilisation au Canada des minerais de fer de basse qualité". D'autres recherches concernant les ressources minérales et leur traitement sont le fait surtout d'universitaires qui reçoivent l'aide du CNR, ce qui est encore le cas aujourd'hui. Les difficultés éprouvées dans l'enrichissement des minerais de fer font l'objet de discussions en mars 1927 à une conférence organisée conjointement par le Ministère des mines, le Conseil national de recherches et le Bureau of Mines des Etats-Unis; nous observons non seulement l'esprit de coopération d'alors mais encore la perspicacité des scientifiques américains quant à l'épuisement des minerais de taconite bons pour l'expédition, qui restaient pourtant relativement abondants. Un comité consultatif associé est créé en 1933 et Morrow en est nommé Directeur; Timm devient membre de ce comité en 1937.

Camsell est membre du Comité des mines et de la

métallurgie de 1926 à 1932, moment de sa dissolution. Il est membre du CNR de 1924 jusqu'à la disparition du Ministère des Mines en 1936.

Des membres du personnel de la Direction des Mines font partie d'autres comités associés concernant les ressources minérales, à titre de chercheurs ou de conseillers. Ce sont:

Magnésite, créé en 1925, qui devient en 1931 Produits de la magnésite:

Camsell en fait partie, puis Fréchette; les travaux initiaux se font en collaboration avec la Direction des Mines.

Hélium 1924-1935:

McLeish et Elworthy, puis Rosewarne. Camsell en est Président à partir de 1932.

Chauffage et Isolation des édifices 1926-1933:

Camsell en assure la présidence au nom du Bureau canadien des combustibles.

Classement et analyse des charbons 1927:

Camsell est co-président; McLeish et Gilmore en font partie, puis Nicolls.

Gaz naturel 1929:

Camsell et Rosewarne.

Trail Smelter Smoke 1929:

Camsell.

Amiante 1930:

Camsell puis Wilson.

Magnésite métallique 1937:

G.S. Farnham, Goudge et Wilson.

On peut voir le degré de participation du personnel de la Direction des Mines, et dans le cas de la magnésite, le travail effectué en coopération avec le Conseil national de recherches. Cet esprit de coopération que devaient éveiller Tory et Camsell ne s'est pas démenti jusqu'à présent, surtout en chimie, où les relations sont très soutenues entre les membres du personnel des deux organisations.

Commentaires généraux

La période de 1920-1936 peut être considérée comme une période productive, peut-être la plus productive de la Direction des Mines par rapport aux ressources disponibles. Au cours de ces seize années, le personnel allait doubler pour atteindre 200 personnes. La Direction fournit une foule de données et de renseignements à l'usage des industries des minéraux. Aucun projet ne fut vraiment décevant à l'exception peut-être des programmes de la tourbe et des schistes bitumineux. Ces programmes ont exigé des efforts intenses du fait des graves pénuries de combustible qui

se produisaient dans les régions les plus peuplées du Canada. Les travaux de recherche et de développement de la Division de la Préparation des minerais et de la métallurgie s'avèrent probablement les plus réussis de tous ceux qu'entreprit la Direction des Mines, apportant des solutions aux problèmes de traitement des minerais complexes de métaux, et l'industrie sut naturellement apprécier ces efforts. Cela ne veut pas dire que les autres groupes de travail de la Direction des Mines firent moins d'efforts. Mais dans le cas des minéraux industriels et dans le domaine des combustibles, à quelques exceptions près, les résultats furent moins sensibles que dans le cas des métaux, ce qui a peut-être amené les responsables à être plus réservés dans les budgets consacrés à la recherche et au développement.

La production minérale du Canada croît rapidement pendant dix ans jusqu'aux années de la Dépression qui suivent la Première Guerre mondiale. Cependant, à l'exception des métaux communs et de l'or, la demande de fer, d'acier, d'énergie et de plusieurs minéraux industriels à des prix comparables surtout à ceux des États-Unis, dépasse largement les approvisionnements, ce qui provoque un déficit de la balance commerciale dans le secteur des produits minéraux.

Il apparaît clairement, à la lecture des rapports du Sous-ministre, que l'aide considérable que fournit le Ministère à l'appui de l'expansion de la Direction des Mines était justifiée par son désir d'épauler les industries minérales dans leurs efforts pour accroître la production minérale destinée à l'exportation. C'est ce qui explique que durant la période à l'étude, qui comprend les années de la Dépression, le Ministère établit un programme, ambitieux pour l'époque, de construction aux environs de la rue Booth, et de révision des équipements. A cause de tous ces développements et grâce à un personnel attentionné, Camsell pouvait souligner dans son rapport ministériel pour l'année fiscale se terminant le 31 mars 1933: "...Durant les dix dernières années surtout, la plupart des usines primaires et métallurgiques ont utilisé des méthodes de traitement, parfois légèrement modifiées, élaborées dans les laboratoires de préparation des minerais et de métallurgie du Ministère...Il est douteux que l'on puisse trouver ailleurs, sur le continent nord-américain ou dans le monde, des installations pour les travaux expérimentaux et les essais égales à celles fournies dans les laboratoires de la Division de la Préparation des minerais de la Direction des Mines.

Ces sentiments sont corroborés par des observateurs indépendants; il y a lieu de citer le point de vue de deux personnes qui participèrent en 1927 au deuxième Congrès impérial des mines et de la métallurgie, sur les travaux des laboratoires de préparation des minerais et de la métallurgie de la Direction des Mines.

En premier lieu, il s'agit du témoignage du très

honorabile Sir Robert Horne, président honoraire du Conseil impérial des institutions des mines et de la métallurgie, dans son message inaugural du 22 août 1927. Il déclare entre autres: "...la dimension de l'aide qu'accorde le gouvernement canadien à la cause de la recherche prend toute son importance dans ce pays. Les laboratoires de préparation des minerais et de métallurgie à Ottawa, soutenus par le gouvernement canadien, ne peuvent que rendre des services inappréciables pour le développement des richesses minérales du Canada..."

En second lieu, nous relevons le témoignage de Bernard W. Holman, professeur de préparation des minerais à l'École royale des mines de Londres, "...Essais sous contrôle gouvernemental. Une situation unique des plus remarquables contribue à l'utilisation accrue des procédés de flottation au Canada et dépend de l'excellence de la main-d'oeuvre et de l'excellence des installations des "laboratoires expérimentaux de recherche et de préparation de minerais", situés près d'Ottawa. Les spécialistes des essais de ces laboratoires de flottation groupent quelques chercheurs avertis qui ont fait preuve d'une grande expérience dans les travaux de flottation et qui acquièrent de nouvelles connaissances dans les usines qui font appel aux principes qu'ils utilisent dans leurs recherches... Des questions posées à un ou deux ingénieurs consultants, membres canadiens de ce congrès, ont révélé qu'ils voient d'un bon oeil le fait que le Ministère des Mines dirige d'importants travaux de consultation apparemment gratuit. Leur attitude trouve une explication simple, comme dans le cas de nombreux paradoxes bien répandus. Ils estiment que le laboratoire n'a entrepris que les travaux nécessitant une main-d'oeuvre et des équipements si importants qu'aucun ingénieur consultant n'aurait pu se les permettre. Ils croient également que dans plusieurs cas qui ont été précisés, les réserves foncières ont été mises en exploitation alors qu'autrement la nature complexe de leurs minerais n'aurait pas permis de les exploiter. L'ouverture de ces réserves, disent-ils, rapportait plus de revenus à l'Etat par le biais des impôts que les sommes totales investies dans tous les laboratoires, tout en créant un nombre considérable d'emplois pour consultants et essayeurs, sans compter le personnel technique employé pour le plus grand bénéfice de la profession" (78).

La seconde partie de la citation prend du relief à la lumière des longues discussions des dernières années pour évaluer la pertinence des essais et de la recherche effectués gratuitement au profit de l'industrie.

Un facteur important du succès de la Direction des Mines durant cette période vient de l'attitude coopérative de l'industrie. La plupart des compagnies étaient d'une taille relativement restreinte si on les compare à celles d'aujourd'hui et, à cause de la politique d'ouverture du Ministère qui trouvait sa

source dans la clause 6 (D) de la loi du Ministère des Mines concernant l'aide à l'industrie, le personnel des compagnies de leurs consultants et les agents des différentes divisions du Ministère se consultaient librement: cette tradition avait été établie au départ par Haanel.

Il s'agit pour l'ensemble de ce Ministère d'une période de stabilité et de coopération. Un changement ministériel ne se produit qu'à deux reprises en quinze ans, entre 1921 et 1935: Charles Stewart (1921-1930) et W.A. Gordon (1930-1935). Le sous-ministre, agent du Ministère depuis 1899, avait une vision claire des objectifs du Ministère, savoir la promotion de la découverte et de l'utilisation des ressources minérales pour aider à rendre le Canada prospère en s'assurant la collaboration de tous les intéressés. Cette coopération s'étendait aux paliers fédéral, provincial et international. Camsell faisait partie ou était président de plusieurs comités du gouvernement ou d'organismes comme le Conseil national de recherches, le Comité consultatif sur les règlements miniers, le Bureau de l'utilisation de la lignite, le Comité du gaz perdu de la vallée de Turner, le Comité d'administration de sables bitumineux de l'Alberta, l'Institut impérial (R.U.) et d'autres organisations. Au Ministère, il est Président du Bureau canadien des combustibles

et du Comité canadien de la conférence mondiale de l'énergie.

A cause de la politique tarifaire des Etats-Unis, le Canada décidait au début des années vingt de diversifier ses exportations de minéraux en les proposant à l'Empire britannique et à l'Europe. En relation avec cette campagne de promotion, Camsell, qui estimait que le Canada pouvait exporter en une année normale jusqu'à 300 000 tonnes de métaux et minerais divers, avait établi dans ses rapports annuels une liste des documents et des adresses reliés aux domaines d'intérêt du Ministère. Il instaurait un service de nouvelles hebdomadaires sur les conditions minières et les ressources minérales aux bureaux du Haut-commissaire du Canada à Londres, pour distribution à la presse, aux compagnies minières, aux courtiers, etc.

La décision la plus sage de la Direction du Ministère est probablement d'avoir tout fait pour retenir les employés les mieux motivés durant les années de la Dépression. Plusieurs des employés de la Direction des Mines avaient acquis ou perfectionné sur le tas des techniques spécialisées parce que le Canada d'alors avait peu de spécialistes entraînés ou possédant de l'expérience dans la recherche et la technologie des ressources minérales.

CHAPITRE 5

LA DEUXIÈME GUERRE MONDIALE - LE PRÉLUDE, LES HOSTILITÉS ET LES CONSÉQUENCES (1936-1951)

MINISTÈRE DES MINES ET DES RESSOURCES, 1936-1949

La dissolution, en décembre 1936, du Ministère des Mines et la création du Ministère des Mines et des Ressources permirent de réorganiser le Ministère et d'apporter des changements substantiels plutôt administratifs que techniques jusqu'au début de la Seconde Guerre mondiale. La Direction des Mines devint le Bureau des Mines et son directeur devint Chef du bureau sous l'autorité du Directeur de la Direction des Mines et de la géologie.

Il n'y eut pas de changement de Ministre ni de Sous-ministre; Crerar resta jusqu'en 1945 et Camsell jusqu'en 1946, le premier avec 10 ans de service et le deuxième avec 26 ans de service dans les deux Ministères. Les Ministres suivants furent J.F. Glenn (1945-1948) et J.F. McKinnon (1948-1949). Hugh L. Keenleyside fut Sous-ministre de 1947 à 1950. En 1950, lors de l'inauguration du Ministère des Mines et des relevés techniques, le Ministre était J.J. McCann; George Prudham lui succéda. Le Sous-ministre était alors Marc Boyer.

McLeish fut promu au poste de Directeur de la Direction des Mines et de la géologie; il conserva ce poste jusqu'à sa retraite le premier mai 1941. Wilson se joignit à McLeish en tant que conseiller technique au niveau de la direction; il prit aussi sa retraite en 1941.

Comme on pouvait s'y attendre, Timm fut promu au poste de Chef du Bureau des Mines, tandis que Parsons devint Chef de la Division de la Préparation des minerais et de la Métallurgie, qui fut par la suite dénommée Division des Minéraux métalliques.

Lorsque McLeish prit sa retraite en 1941, Timm lui succéda en tant que Directeur de la Direction des Mines et de la Géologie; Parsons demeura au poste de Chef de la Division des Minéraux métalliques jusqu'en mars 1946. C'est ainsi que, durant ses quatorze années d'existence, le Ministère des Mines et des Ressources fut dirigé par deux personnes qui avaient acquis une longue expérience à la Direction des Mines et qui, toutes deux, se firent remarquer pour leur créativité et leur leadership. Ce chapitre couvre la période qui se termine en 1951, à la retraite de Parsons.

WILLIAM BENJAMIN TIMM, TROISIÈME CHEF DE LA DIRECTION DES MINES (BUREAU DES MINES)

Bill Timm - c'est sous ce nom qu'on le connaissait dans les régions minières - naquit le 15 juillet 1884 à Westmeath en Ontario. Il fit ses études à l'école publique de Westmeath et à l'école secondaire de Renfrew. Il étudia ensuite à l'Université Queen dont il obtint, en 1906, un baccalauréat en génie minier. Avant l'université il avait acquis une expérience



W.B. Timm, troisième chef de la Direction des Mines (Bureau des Mines) (Photo NFB)

pratique en 1901 et 1902 dans une fonderie de la Canada Copper Company et, de 1902 à 1906, dans des travaux de prospection pour Fraser and McLaren et des travaux souterrains pour la Lake Superior Power Company. Les années 1906 à 1913 marquèrent les débuts de son expérience professionnelle; il fut d'abord contremaître de l'équipe du cyanure et géomètre minier avec la Guanajuato Mining Company au Mexique, puis devint Ingénieur en chef et Directeur général de la compagnie et de ses deux mines associées, Carmen Gold et Republic. Il revint au Canada en 1911 et présenta une demande d'emploi à la Direction des Mines; il n'y eut cependant aucun poste vacant avant 1913. Entre temps, il occupa successivement les postes de contremaître, surintendant et ingénieur dans trois compagnies ontariennes: la Deloro Mining and Smelting, la Cordova Mines et la Canada Iron Mines. Lors de son entrée à la Direction des Mines en 1913, il fut nommé assistant de Mackenzie, chef des Laboratoires de préparation des minerais et de métallurgie; il devint ensuite Surintendant des laboratoires en 1916. Après la démission de Mackenzie en 1919, il exerça pendant un an les fonctions de Chef de division; il fut ensuite nommé officiellement à ce poste et conserva cette fonction jusqu'en décembre 1936. Il n'y avait que 35 employés environ dans la Division en 1920, mais il en augmenta le personnel à deux reprises, à la fin des années 20 puis à la fin des années 30. Il mit ainsi sur pied un vaste centre de connaissance et d'expertise de recherche, depuis le traitement des minéraux métalliques et non métalliques jusqu'à leur utilisation dans les industries de fabrication.

Ce résultat fut obtenu dans une période difficile grâce à un personnel dévoué et animé d'un esprit d'économie. En 1937 le nombre d'employés était inférieur à

50; il est difficile d'en donner le nombre exact à cause des nombreux changements dans l'organisation.

Cette période fut sans aucun doute la plus marquante dans l'histoire de la Direction. Parmi les aspects les plus importants, il faut signaler la confiance que la compétence du personnel inspirait dans l'industrie et l'assistance considérable que rendaient les laboratoires. Depuis les premiers jours, Timm voyageait beaucoup au Canada; il visitait les camps miniers, les laboratoires et les usines métallurgiques; on rapporte même qu'à une certaine époque il connaissait personnellement tous les administrateurs de mine du pays.

Timm et son principal assistant Parsons étaient des ingénieurs miniers traditionnels de cette époque; ils n'avaient pas d'entraînement universitaire aux grades supérieurs, mais ils respectaient tous deux la science comme une composante importante du travail de recherche et de développement. Durant cette période on accomplit un travail considérable de développement et on entreprit quelques recherches fondamentales avec l'aide de scientifiques, en particulier des chimistes.

Sous la direction de Timm l'organisation du bureau se développa rapidement alors que la Seconde Guerre mondiale succédait aux années de dépression et que le Canada commençait une période d'expansion à cause de l'effort du guerre. Avant que Timm ne quitte ses fonctions au Bureau des mines en 1946, le rythme de travail s'était accéléré, en particulier pour répondre aux exigences de l'effort de guerre en métallurgie physique, pour lesquelles des laboratoires furent construits en 1943. Le 3 décembre 1941 Timm fut promu au poste de Directeur de la Direction des Mines et de la géologie à la retraite de McLeish. Il continua cependant d'assumer les fonctions de Chef du Bureau des Mines jusqu'en 1946. Lorsqu'en 1947 une réorganisation ministérielle fut entreprise pour rassembler toutes les ressources humaines en science et en génie dans une seule Direction, dénommée Mines, Forêts et Services scientifiques, il en devint le Directeur général.

Timm avait un tempérament calme et sans prétentions, à moins qu'on ne le provoque. C'était un homme résolu qui avait un sens élevé des responsabilités face au public et surtout aux industries. Lorsqu'il prit sa retraite le 11 février 1950, il avait servi pendant près de 37 ans dans ce Ministère et son successeur. Peu de temps après, 250 spécialistes des mines des quatre coins du Canada se réunirent spécialement pour rendre hommage à Bill Timm. En avril 1950, un dîner d'honneur fut organisé à l'hôtel King Edward de Toronto sous la présidence de R.W. Diamond de Cominco. Timm se vit offrir une automobile Dodge et ce fut sans doute la seule fois qu'un fonctionnaire à la retraite fut honoré de la sorte par l'industrie minière. Comme le fit remarquer George Bateman, l'événement "était admirablement approprié pour exprimer à l'un des membres les plus connus de la fraternité minière du Canada la

haute estime qu'on lui témoigne d'une côte à l'autre et de la frontière internationale aux îles de l'Arctique".

En 1946, le jour de la fête nationale, Timm fut honoré par le Roi, recevant la décoration de Commandeur de l'Ordre de l'Empire britannique (Civil), C.B.E. Le 21 mai 1979, il reçut un doctorat honorifique en Droit de son université, Queen's, "pour ses nombreuses années de service dans la développement et le traitement de la richesse minière canadienne". Timm vécut calmement à Westmeath jusqu'à sa mort, le 8 janvier 1961, à l'âge de 77 ans.

CECIL STEWART PARSONS, QUATRIÈME CHEF DE LA SECTION DES MINES (BUREAU DES MINES)

Parsons, connu sous le nom de "C.S.", naquit le 8 novembre 1891 à Springhill en Nouvelle Ecosse où son père était ingénieur dans les mines de charbon. En 1891, il y eut une explosion minière dans laquelle périrent 125 hommes. Par sa mère, Parsons était apparenté à Sir Charles Tupper. Il fit des études au King's College et à l'université King Windsor en Nouvelle Ecosse. En 1908, il alla à l'université Queen's et il y obtint son diplôme d'ingénieur des mines en 1913. De 1908 à 1912 il travailla pendant l'été en arpentage civil et minier, en construction, dans la construction d'un concentrateur pour le minerai de fer et d'une fonderie pour l'acier, enfin dans un laboratoire de chimie; durant l'été 1913 il fut responsable d'une expédition de la Direction des Mines pour arpenter les sables ferrugineux de Natashquan au Québec. En 1914, il fut nommé à la Direction des Mines, au poste d'ingénieur adjoint à Timm; il y entreprit plusieurs tests de traitement des minerais métalliques et non-métalliques et se spécialisa, dès ses débuts, dans la flottation. Durant la Première Guerre mondiale il fit partie de la Commission des ressources en munitions sous la présidence du capitaine Cantley. Il entreprit, pour cette commission, des recherches pour localiser des métaux stratégiques, comme le manganèse et le molybdène, pour fondre les ferro-alliages à l'électricité et pour produire de la fonte brute avec des fours électriques.

Parsons quitta la Direction des Mines en 1914 et occupa le poste de Surintendant à l'American Graphite Company; il y réorganisa l'usine pour passer de la technique de concentration à l'eau à celle de la flottation. Après la guerre, la mine dut fermer ses portes à cause de la chute des prix. En 1920, il occupa un poste d'ingénieur à la Mining Corporation of Canada à Toronto. Il revint à la Direction des Mines en 1921 et fut de nouveau le principal adjoint de Timm pour la recherche et le développement en traitement des minerais métalliques. Il devint Chef de section en 1928. C'est en grande partie à Parsons que l'on doit la construction du laboratoire de traitement des minerais canadiens complexes et la réputation internationale que s'est acquise ce laboratoire. Lorsqu'en décembre 1936 Timm devint Chef du Bureau des mines, Parsons fut promu



C.S. Parsons, quatrième chef de la Direction des Mines (Bureau des Mines)

au poste de chef des Laboratoires de préparation des minerais et de métallurgie. Les laboratoires de préparation des minerais sur la rue Lydia furent conçus et construits sous la surveillance de Parsons entre 1936 et 1939. Durant la Seconde Guerre mondiale il fut responsable de la division des minéraux métalliques. Il avait reconnu l'importance de la métallurgie pour l'approvisionnement en métaux stratégiques et pour la production de matériel militaire, comme les canons, les tanks, etc. Il établit une étroite collaboration avec le Ministère de la Défense nationale et le Bureau des Mines devint ainsi un des principaux conseillers pour les projets métallurgiques, non seulement pour ce ministère mais aussi pour celui des munitions et des approvisionnements. En 1942, Parsons devint consultant officiel pour ce ministère. Durant la guerre, la métallurgie physique était une des principales préoccupations. Il n'y avait, en 1936, qu'un ou deux fonctionnaires avec quelques connaissances de métallurgie physique et la recherche se faisait dans des locaux exigus, situés au 552, rue Booth. En l'espace de deux ans, des laboratoires spacieux furent construits en 1943 au 568, rue Booth, et lorsque Parsons prit sa retraite en 1951, l'effectif du personnel dépassait cent personnes.

Parsons et quelques assistants contribuèrent activement aux premières étapes du Programme canadien d'Énergie atomique dans le traitement des minerais radioactifs et dans la métallurgie physique des réacteurs atomiques. Cette collaboration fut facilitée par la longue et étroite coopération qu'entretenaient le Bureau des mines et son prédécesseur avec le Conseil

national de recherches qui avait la responsabilité du travail de recherche et de développement dans ce projet. De plus, le président du CNR pendant la Seconde Guerre mondiale, le Dr. C.J. MacKenzie, devait avoir une très haute confiance en Parsons pour ses talents d'organisateur.

Après la Conférence de Québec en 1943 entre Roosevelt et Winston Churchill, on décida d'accroître la participation canadienne dans l'énergie atomique en entreprenant la construction d'un réacteur atomique. La Grande-Bretagne avait déjà suggéré en 1942 qu'une section importante de la recherche sur les aspects militaires de la fission de l'uranium devrait être entreprise au Canada. On monta donc un laboratoire à Montréal sous la responsabilité du CNR pour y effectuer des travaux de recherche avec des scientifiques alliés. Ce travail se fit en étroite collaboration avec l'effort massif des Etats-Unis dans ce domaine et la décision fut prise d'installer une usine-pilote à Chalk River en Ontario pour la production de matériaux pour la bombe atomique. Le CNR élargit le champ des recherches pour y inclure les applications industrielles et médicales. En 1946, le Parlement fédéral passa la loi sur le contrôle de l'énergie atomique et le Conseil demanda officiellement au CNR de gérer le projet d'énergie atomique à Chalk River. Le Dr. D.A. Keys, professeur de physique à l'Université McGill, en devint le directeur en février 1947.

Quelque temps après la Conférence de Québec, Parsons fut mis au courant de la nature du projet d'énergie atomique et on entreprit un important travail secret en métallurgie et en physique au Bureau des Mines. En 1948, Parsons, avec l'aide de MacKenzie, réunit un groupe de métallurgistes qui s'installèrent à Chalk River sous la direction du Dr. M.J. Lavigne; le nombre de ces spécialistes devait atteindre la quarantaine. En 1949, le groupe de métallurgie physique était devenu la plus grande division du Bureau. Entre temps, Parsons avait réuni, en 1945, un groupe spécial de chimistes pour effectuer des travaux de recherche sur les minerais radioactifs pour optimiser la récupération de l'uranium. La Division de la Radioactivité fut alors créée en 1948.

En 1946 et en 1947, Parsons fut nommé conseiller spécial auprès du général McNaughton, chef de la délégation canadienne à la Commission de l'Énergie atomique des Nations Unies à Lake Success, New York. A cette époque, Parsons était le délégué canadien aux réunions qui traitaient des matières premières en énergie atomique.

La plus grande partie des travaux pour la défense nationale et pour l'énergie atomique devaient être tenus secrets, ce qui les rendait d'autant plus exigeants pour le personnel supérieur. C'est vraisemblablement à cause de ces circonstances que la promotion de Parsons au poste de Chef du Bureau des Mines fut retardée jusqu'au 20 mars 1946.

Lors de la dissolution du Ministère des Mines et des ressources en décembre 1949 et de la création du Ministère des Mines et des relevés techniques, le Bureau reprit son ancien nom: la Direction des Mines. Parsons devint Directeur le 18 janvier 1950 et, durant les six années au cours desquelles il occupa ce poste, il contribua au développement des différentes divisions de cette direction. La budget dépasse le million de dollars dans l'exercice 1948-49. Il prit sa retraite à l'âge de 60 ans, le 15 novembre 1951, après près de 37 ans de service.

En reconnaissance de ses services pendant la Seconde Guerre mondiale, le Roi lui décerna l'Ordre de l'Empire britannique (O.B.E.) en 1946. Il se vit également décerner la Médaille Inco de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie en avril 1951 ainsi qu'un doctorat honorifique en génie de la Howe School of Engineering à l'Université Dalhousie en 1953.

Parsons était un homme énergique, reconnu pour son dynamisme et sa prévoyance. C'était un ingénieur de la vieille école mais il sut attirer à la Direction des Mines plusieurs scientifiques diplômés, à une époque où ces spécialistes étaient beaucoup plus rares qu'ils ne le sont aujourd'hui; il s'était en effet rendu compte qu'on ne pouvait plus aborder la recherche et le développement avec un point de vue simplement pragmatique. Il avait son franc parler et pouvait parfois se montrer impatient, mais il croyait à l'esprit de collaboration, que lui témoignaient les nombreuses personnes et agences avec qui il transigeait.

Depuis son enfance, Parsons avait manifesté un grand intérêt pour l'industrie minière. Il connaissait mieux que tout autre les difficultés de rentabilité du traitement des minerais complexes dans l'industrie minière.

Lorsque John F. Thompson, Président de la International Nickel Company of Canada Ltd., décerna à Parsons la Médaille Inco, il lui rendit hommage en rappelant que "...la carrière de M. Parsons avait été marquée par une coopération désintéressée et prévoyante avec l'industrie minière. La notoriété qu'a atteinte Stewart Parsons a enrichi notre héritage national".

Après sa retraite, il continua de travailler comme ingénieur conseil pendant 15 ans. Il mourut à Kentville, en Nouvelle Ecosse, le 7 septembre 1972, à l'âge de 80 ans.

Organisation du Bureau des Mines

Le passage d'un petit ministère qui, en 1936, n'avait que deux Directions avec des objectifs étroitement reliés, à un grand ministère aux objectifs et fonctions multiples, fut une importante transition (Chapitre 2). La loi des mines et des ressources de 1936 fut la seule loi dans l'histoire de la Direction des Mines qui spécifiait l'infrastructure au niveau de

la direction. La Direction devint un Bureau et son Directeur devint chef du Bureau. A cette époque, les responsables de divisions portaient encore le titre de chefs. Les salaires étaient de l'ordre de \$4500 à \$5400 pour le chef du Bureau des Mines, et de \$4440 à \$4980 pour les divisions techniques, à l'exception du chef de la Division de l'économie (anciennement Division des ressources minérales) dont le salaire variait de \$3720 à \$4620.

Le premier décembre 1936, John McLeish fut promu au poste de Directeur de la Direction des Mines et de la géologie et W.B. Timm fut promu au poste de Chef du Bureau des Mines.

Si la réorganisation ministérielle amena d'importants changements dans l'infrastructure, il n'en fut pas de même dans les programmes techniques. C'est ainsi que le nombre de divisions techniques fut maintenu à cinq, et que certaines anciennes divisions cessèrent d'exister pour devenir des sections de nouvelles divisions. La Division des Explosifs perdit son rang dans le Ministère et fit partie du Bureau des Mines. Le nom de la plupart des divisions fut changé comme suit:

Division de l'Économie (anciennement Division des Ressources minérales):

Chef: A.H.A. Robinson (1911-1938). Son successeur fut G.C. Monture (1939-1956). L'Administration y transféra la bibliothèque et le bureau de dessin. Minéraux industriels, y compris Eaux industrielles (ressources), récupération, commercialisation et utilisations), furent transférés à la nouvelle Division des Minéraux industriels; Sables bitumineux fut transféré à la Division des Combustibles.

Division des Minéraux métalliques (anciennement Division de la Préparation des minerais et de la Métallurgie):

Chef: C.S. Parsons (1914-1951, excepté la période 1919-1920). L'ancienne Division de la Chimie fut incorporée à la Division des Minéraux métalliques et le Laboratoire des matériaux non-métalliques fut transféré à une nouvelle division.

Division des minéraux industriels:

Chef: Howells Fréchette, mis à la retraite en 1946 (1908-1946). On y transféra une partie de l'ancienne Division des Ressources minérales et le Laboratoire des Matériaux non-métalliques, ainsi que la Division de la Céramique et des Matériaux routiers.

Division des Combustibles (anciennement Division des Combustibles et des Essais de combustibles):

Chef: B.F. Haanel (1905-1946); son successeur fut R.E. Gilmore (1917-1954, excepté la période 1920-1921). Sables bitumineux est transféré de la Division des ressources minérales tandis qu'Analyse des Gaz Miniers retourne à la Division de la chimie.

Division des explosifs:

En 1937 W.P. Campbell est transféré au Service d'inspection pour les provinces de l'Ouest; la Division des Combustibles prend en charge les travaux d'analyse.

L'administration de la Section de l'Entretien, sous la direction de A.W. Mantle, est transférée, en 1928, de la Division des Combustibles et des essais de combustibles au bureau du directeur. Mantle, qui entra à la Direction des Mines en 1910, prit sa retraite en 1939 et fut remplacé par S.J. Hayes en 1941.

L'élimination progressive de la Division de la Chimie prouva vraisemblablement que la Commission de la Fonction publique avait raison de considérer les chimistes comme des spécialistes de soutien. Pendant de nombreuses années, jusqu'à la classification actuelle des chercheurs, les chimistes furent désavantagés et devaient se contenter de salaires inférieurs à ceux des autres scientifiques de la Direction. On se souviendra (Chapitre 3) de l'importance qu'Haanel attachait à la chimie pour les travaux de recherche et développement de la direction; il considérait d'ailleurs souvent les chimistes comme des ingénieurs.

En 1937, les restrictions financières du gouvernement devinrent moins sévères et le Bureau se lança dans un programme d'expansion et de construction de laboratoires, dont les ressources devenaient insuffisantes pour exécuter la charge de travail. Ce développement se réalisa en deux phases: d'une part, un troisième étage fut ajouté au Fuels Building, 562 rue Booth, pour faciliter l'expansion du laboratoire des gaz et des huiles et inclure l'analyse de l'air dans les mines. D'autre part, entre 1937 et 1939, on ajouta deux édifices sur la rue Lydia, aux numéros 20 et 40 où est présentement situé le laboratoire de préparation des minerais, ainsi qu'un édifice pour les minéraux industriels au coin de la rue Rochester.

Le nouvel édifice pour la préparation des minerais avait une surface de 60 pieds par 100 pieds et comprenait trois étages et un sous-sol; sa construction commença en automne 1937 et il fut prêt à être utilisé à la fin de 1938. Tout le matériel fut retiré de l'ancien édifice et on ajouta de nouvelles ressources pour permettre de tester des lots à un rythme qui pouvait atteindre cinq tonnes à l'heure. On installa également une petite usine de cyanure d'or d'une capacité d'une tonne et demie par jour. On mit en opération une usine d'élimination des résidus et on ajouta des installations pour le grillage des minerais et des concentrés réfractaires.

L'édifice des minéraux industriels avait une surface de 60 pieds par 100 pieds avec trois étages et deux sous-sols; il était situé à côté du laboratoire de broyage des minéraux non métalliques et sa construction commença également en 1937 pour être terminée en décembre 1938.



Laboratoires de recherche en combustibles, 562 rue Booth, à Ottawa, en 1939.

Le personnel de la Division de l'Économie, ainsi que la bibliothèque mais non la Section de Dessin (qui avait déménagé à l'annexe Elgin à cause d'un manque d'espace), fut le premier à emménager dans le nouvel édifice au 40 rue Lydia; ce fut ensuite le tour, entre janvier et mars 1939, du personnel du génie, du laboratoire et du bureau de la Division des Minéraux industriels.

Cet important programme de construction et de renouvellement de l'appareillage se produisit à un moment propice, juste avant la Seconde Guerre mondiale. Bien qu'il exigeait beaucoup de la part de l'organisation, ce fut probablement une solution économique et permit d'éviter des retards dans les travaux de recherche. Cette situation ressemblait à celle qu'avait connue la Direction lorsqu'elle se développa juste avant les années de dépression.

La Division des Explosifs fut logée en 1937 dans un édifice séparé; elle y effectua ses travaux d'analyse et ses essais, et resta dans les locaux de la rue Booth jusqu'à ce que de nouvelles installations soient disponibles au CNR en 1942. L'administration et l'inspection de la Division quittèrent leurs quartiers généraux de la rue Cliff pour s'établir dans l'édifice Sussex, tandis que la Section de Dessin revint de l'annexe Elgin lorsque les laboratoires du Bureau des Mines quittèrent l'édifice en 1939. L'administration du Bureau des Mines demeura rue Sussex jusqu'en 1941 et se déplaça à l'édifice Motor, au 238 rue Sparks. Le dernier employé du Bureau des Mines de la rue Sussex fut D. Lafrenière, qui prit sa retraite en 1943.



Laboratoires de préparation des minerais, Bureau des Mines, 20 rue Lydia.

En 1942 l'édifice Sussex fut repris par le Conseil tarifaire de la Défense nationale et quelques autres agences de guerre. Cet édifice fut utilisé plus tard pour absorber le personnel supplémentaire de plusieurs ministères du gouvernement; ceci comprit plusieurs groupes de la Commission géologique, en particulier celui de la minéralogie qui était éparpillé en ville jusqu'à l'obtention en 1959 d'un nouvel édifice situé au 601 rue Booth. Cet édifice est présentement occupé par la Commission de la Capitale nationale. Durant la période de modernisation du centre-ville d'Ottawa dans les années 60, il était question que cet édifice soit démolé. Le Dr. B.R. MacKay, qui était alors président de la Société historique d'Ottawa, et qui avait travaillé pendant 40 ans à la Commission géologique, demanda au Ministre des Travaux publics d'épargner cet édifice historique qui avait abrité pendant 60 ans la Commission géologique et la Direction des Mines après un passé coloré durant lequel il avait servi de taverne, de caserne, d'hôpital et d'hôtel luxueux lors des premières années de Bytown. C'est grâce aux efforts de MacKay que cet édifice fut épargné et transformé en musée.

On se souvient que Timm fut promu au poste de Directeur de la Direction des Mines et de la Géologie en 1941 et qu'il assumait également les fonctions de Chef du Bureau des Mines. M.M. Farnham, secrétaire du Bureau, l'assista dans son administration jusqu'en 1946, date de sa retraite, alors que Parsons fut nommé Chef. Timm demeura à l'édifice Motor jusqu'à sa retraite en 1950 et Parsons resta au 552 rue Booth, quartiers généraux des Laboratoires de Préparation des minerais et de métallurgie du Ministère des mines. Plus

tard, il transféra les bureaux de direction au 568 rue Booth qui abritait déjà la Division de la Métallurgie physique.

En 1945 Howells Fréchette prit sa retraite et Timm demanda à Parsons d'assumer la direction de la Division des Minéraux industriels. E.S. Martindale, chef intérimaire de la Division de l'Économie, était responsable de la dimension "ressources minérales" des minéraux industriels. Ce fut sans doute considéré comme une étape logique à cette époque, car Parsons et d'autres aux Laboratoires de préparation des minerais avaient une très grande expérience dans le traitement des minéraux non métalliques. Toutefois, la Division des Minéraux industriels fut réinstaurée en juin 1950 à cause de "l'importance croissante de minéraux industriels dans l'économie canadienne et le besoins d'entreprendre des recherches plus poussées, en particulier dans l'utilisation de ces minéraux" (citation du rapport annuel du Ministère des Mines et des Relevés techniques pour l'exercice 1950-51). M.F. Goudge fut promu au poste de Chef.

On entreprit la deuxième phase de construction pendant la guerre, en 1942, suite aux recommandations d'un comité spécial des ministères de la guerre; on commença par construire les Laboratoires de recherche en métallurgie physique au 568 rue Booth. Il s'agissait d'un groupe de trois édifices conçus pour permettre d'y abriter plusieurs installations: des fours de fusion, une fonderie, un laminoir, des appareils de moulage mécanique sous pression, des presses à fouler, des appareils de traitement thermique, des appareils de test de fluage, ainsi que des laboratoires de microscopie, de spectrographie, et de rayons X. Les laboratoires furent terminés en 1943 et ils étaient alors considérés comme les mieux équipés au pays.

Lorsque Parsons devint Chef du Bureau des Mines en 1946, la Division des Minéraux métalliques fut appelée la Division de la Préparation des minerais et de la Métallurgie; Traill fut promu Chef. Cette division comprenait les sections suivantes: traitement des minerais et métallurgie extractive, céramique, et Laboratoires de recherche en métallurgie physique. La Division de l'Économie retrouva son ancienne appellation: la Division des Ressources minérales. La Division fut agrandie pour inclure deux sections principales: la section des minéraux industriels, qui comprenait les travaux de laboratoire sur les produits non métalliques, et la section de l'économie de l'ancienne Division de l'Économie, ainsi que la bibliothèque. G.C. Monture, qui avait passé la plus grande partie du temps de guerre à travailler au service du Contrôle des métaux, revint pour diriger cette division agrandie.

Le 1er novembre 1947 on effectua une certaine réorganisation du Ministère en rassemblant tous les groupes de recherche à la Direction des Mines, des forêts et des services scientifiques, sous la direction de Timm. Il y avait huit bureaux dont les noms et les

responsables étaient les suivants: Commission géologique du Canada, chef: G.S. Hume; Bureau des Mines, chef: C.S. Parsons; Musée national du Canada, conservateur en chef: F.J. Alcock; Service forestier national, chef forestier: D.A. MacDonald; Bureau des Levés et de la Cartographie, chef: F.H. Peters; Bureau des eaux et de l'énergie, vérificateur et ingénieur en chef: Victor Meek; Observatoire national, astronome en chef: C.S. Beals; Bureau géographique, chef: Trevor Lloyd.

Les programmes des minéraux spéciaux, qui étaient gérés par la Direction des Mines et de la géologie, furent transférés au Bureau des Mines.

En 1948 on créa la Division de la Radioactivité et Arvid Thunæs en fut le responsable; en 1949 les Laboratoires de recherche en métallurgie physique devinrent la Division de la Métallurgie physique et son premier responsable fut le Dr. John Convey. On changea en même temps le nom de la Division de Préparation des minerais et de Métallurgie en celui de la Division de préparation des minerais et des opérations métallurgiques. Il est intéressant de rappeler brièvement quelle était l'importance du personnel et des dépenses pendant la guerre. On se rappelle qu'en 1937 le personnel du Bureau des Mines totalisait 180 personnes. En 1946 ce personnel n'avait été augmenté qu'à 215 personnes, sans tenir compte de la main-d'oeuvre temporaire payée par des crédits de guerre spéciaux ou supportée par l'industrie ou des agences gouvernementales.

Les dépenses ordinaires du Bureau des Mines, telles que résumées dans les rapports annuels du ministère, sont énumérées dans le tableau ci-dessous.

Il faut mentionner un événement qui se produisit à cet époque. On se rappelle que Jessie Orme commença en 1901 comme secrétaire du Dr. Haanel. Elle prit sa retraite le 9 juillet 1945 après avoir passé près de 44 ans à la Fonction publique, en majeure partie à la Direction des Mines et au Bureau des Mines. Durant cette époque elle remplissait les fonctions de secrétaire ou de responsable du bureau des sténographes, en contact direct avec l'administration du directeur. A sa retraite elle avait atteint le niveau de sténographe 3 avec un salaire annuel moyen de \$1680.00 durant les cinq dernières années.

Durant son histoire la Direction des Mines eut la chance d'avoir un service continu de secrétariat au bureau du directeur. Après la retraite de Jessie Orme il y eut une période intermédiaire de trois ans durant laquelle on eut les services de Betty Macfarlane; mais la personne qui succéda vraiment à Jessie Orme au bureau du directeur, fut Nola Ferguson qui, depuis 1948, y travailla sous trois directeurs: C.S. Parsons, Dr. John Convey et le titulaire actuel Dr. D.F. Coates.

Malheureusement on ne put assurer la continuité des services essentiels de bureau et de sténographie aux scientifiques et aux ingénieurs qui avaient la



Ensemble du Bureau des Mines sur la rue Booth, en 1945.
La photo est prise de l'arrière et vers l'est.

Dépenses du Bureau des Mines et fonds
de guerre supplémentaires, 1938-1951

Exercice se terminant le 31 mars	Dépenses ordinaires	Dépenses de guerre spéciales Direction des Mines et de la Géologie	Démobilisation et reconstruc- tion
	\$	\$	\$
1938	473 090		
1939	455 074		
1940	455 568		
1941	423 285		
1942	429 121	70 020	
1943	433 727	685 464	
1944	437 267	1 792 960	
1945	429 742	1 388 926	
1946	455 596	1 706 646	
1947	548 991		1 735 817
1948	707 377		517 523
1949	1 476 412		81 893*
1950	1 891 756		14 816*
1951	2 013 717		

* (seulement pour le Bureau des Mines)

responsabilité de rédiger les documents de la Direction et de gérer leur domaine spécifique; cette situation était due au fait que la classification du personnel de bureau était déterminée par l'ancienneté de la personne pour qui un employé travaillait et non par la compétence et les années de service de l'employé.

L'effort de guerre

La période que nous décrivons ici fut dominée par la Seconde Guerre mondiale. L'accroissement de population et l'augmentation de la capacité de production permirent au Canada d'apporter à la Seconde Guerre

mondiale une plus grande contribution, et cela avec moins de victimes, que durant la Première Guerre mondiale. En effet, en 1937, la dépression était déjà passée pour l'industrie minière.

Production minérale canadienne, 1914-1946

Année	Valeur de la production, \$	Valeur par personne, \$	
1914	128 863 075	16.72	
1918	211 301 897	25.37	Maximum (Première guerre mondiale)
1919	176 686 390	20.84	
1920	227 859 665	26.40	
1921	171 923 342	19.56	
1929	310 850 246	31.00	
1930	279 873 578	27.42	
1932	191 228 225	18.20	Minimum (Dépression)
1933	221 495 253	20.74	
1935	312 344 457	28.56	
1937	457 359 092	41.13	
1940	529 825 035	46.39	
1942	566 768 672	48.62	Maximum (Seconde guerre mondiale)
1946	502 816 251	40.86	

Le tableau ci-dessus indique la valeur de production minérale en dollars nonajustés pour quelques années entre 1914 et 1946 (source: Statistique Canada).

Il est intéressant de remarquer que la valeur de production par personne a doublé dans la période s'échelonnant entre les deux grandes guerres mondiales, malgré l'accroissement de population.

Pour stimuler l'industrie minière et pour remédier au chômage, le gouvernement amorça, en 1936, un programme de construction de voies d'accès aux mines; le gouvernement fédéral et les provinces assurèrent

conjointement le financement de ce programme, dans la proportion deux tiers - un tiers. C'est ainsi que durant l'exercice 1936-37 la Direction de la Géologie et des Mines géra 124 programmes de construction de routes. La contribution fédérale était assurée par des fonds spéciaux du Ministère et représentait cette année-là un montant de \$1 882 900.00, y compris tout le coût des projets au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest. On put ainsi fournir 3 555 000 journées de travail et on atteignit même, en octobre 1936, un niveau d'emploi de 5000 personnes.

Le Canada dut non seulement accroître l'importance de ses propres forces armées, mais aussi développer rapidement une base d'approvisionnement et de fabrication pour aider la Grande-Bretagne et ses alliés pendant la période précaire qui suivit la chute de l'Europe continentale, et ceci avant que l'effort de guerre des Etats-Unis n'ait atteint son plein impact après l'attaque de Pearl Harbor.

En 1939 la Division de l'Économie entreprit trois études spéciales dont la première fut menée sous la surveillance du Sous-ministre. Les buts de ces études étaient les suivants:

- le transport du pétrole brut, de Turner Valley en Alberta jusqu'à Lakehead en Ontario, par pipeline et ensuite par pétrolier; cette étude fut entreprise à cause de la situation de dépendance dans laquelle nous plaçaient nos importations pétrolières.
- les besoins du Canada en minéraux de guerre; cette étude, entreprise avec la collaboration du Bureau fédéral de la statistique, portait sur les stocks disponibles et les sources d'approvisionnement.
- l'étude des gisements minéraux moins développés, avec la collaboration de l'association des prospecteurs et des mines.

D'autres études furent entreprises en 1939:

- une étude pour mesurer les effets que pourrait provoquer une grande production de minerai de fer pour réduire les importations canadiennes de produits de fer et d'acier
- une étude sur la pénurie de pétroliers disponibles pour importer le pétrole au Canada, due à la réduction du nombre de pétroliers britanniques, utilisés ailleurs, et de l'impossibilité d'avoir recours aux pétroliers des Etats-Unis dont la neutralité leur interdisait l'entrée du golfe du Saint-Laurent.

Ces études eurent l'effet d'un "lever de rideau" dans l'engagement quasi total du Bureau dans l'effort de guerre canadien.

Indépendamment des ressources énergétiques, il était clair que les priorités en produits minéraux stratégiques devaient se situer dans les métaux pour l'armement et les munitions, les minéraux (chimiques) industriels pour les munitions et les explosifs, et

l'or pour renforcer notre position financière internationale dans la poursuite de la guerre.

En juillet 1940, des représentants du gouvernement fédéral (incluant des personnes du Ministère) et de la Banque du Canada rencontrèrent les industries minières de l'or dans le but d'accroître la production d'or. Deux fonctionnaires de la Division de l'Économie, délégués par le Sous-ministre, visitèrent les mines de l'Ontario et du Québec pour obtenir des chiffres fiables sur la production actuelle et une évaluation des possibilités d'expansion. Les données recueillies furent ensuite projetées sur une base nationale et s'avérèrent assez précises car elles furent très près de la production réelle de 1940 et 1941, année de production maximale d'or.

Parmi les métaux qui retinrent d'abord l'attention des laboratoires du Bureau, il faut mentionner le fer et ses métaux d'alliage: le molybdène, le chrome, le manganèse et le tungstène. On consacra également un effort spécial à plusieurs minéraux industriels: le graphite, le spath fluor, la potasse et la brucite. Les ressources minérales énergétiques (charbon, pétrole et gaz naturel) étaient évidemment essentielles à l'effort de guerre.

On décida de mettre sur pied quatre importants bureaux de temps de guerre pour s'occuper des matériaux stratégiques. Trois bureaux (Contrôle des métaux, de l'acier et du pétrole) furent rattachés au Ministère des Munitions et des Approvisionnements, et l'Administration du charbon fut rattachée au Ministère des Prix et du Commerce de temps de guerre. Plusieurs membres du personnel du Bureau furent détachés auprès de ces nouveaux bureaux, tandis qu'une grande partie des travaux de recherche et développement des laboratoires du Bureau fut engagée dans l'effort de guerre à la demande des bureaux de réglementation et des autres agences de guerre.

Les métaux étaient prioritaires dans le programme de guerre du Bureau des Mines. On accorda une importance particulière aux problèmes rencontrés dans la fabrication des armements et des munitions; c'est en effet la Seconde Guerre mondiale qui fut à l'origine de la création des Laboratoires de recherche en métallurgie physique, reconnus pour la qualité de leur équipement et la compétence de leur personnel. L'énergie fut toujours une préoccupation nationale et la Division des Combustibles accorda la priorité aux problèmes que la guerre avait rendu plus critiques. A cause de la diminution de production de pétrole à Turner Valley, on mit sur pied une agence de la couronne, la Wartime Oils Ltd. La Division des Minéraux industriels mit tous ses efforts dans les sources d'importants produits chimiques, dans les matériaux réfractaires, dans les ressources minérales de métaux légers comme le magnésium et l'aluminium et dans la stabilisation des sols pour la construction des terrains d'aviation.

La Division des Programmes minéraux spéciaux fut mise sur pied, en 1942, au niveau de la Direction des Mines et de la Géologie pour gérer les applications de temps de guerre; ceci comprenait des travaux spéciaux de développement d'exploration reliés à l'approvisionnement en minéraux stratégiques, les recherches de gisements pétrolifères et l'aide aux provinces pour maintenir des moyens de transport en hiver (y compris l'entretien des routes) vers les lieux de production de minéraux stratégiques. Les anciennes subventions d'aide à la construction routière en région minière furent pratiquement refondues dans ce nouveau programme.

LES MÉTAUX

L'or

Les travaux de recherche et développement aux Laboratoires de préparation des minerais du Bureau des Mines correspondirent aux changements rapides qui se produisirent dans l'industrie minière de l'or pendant les années quarante. Le tableau ci-dessous énumère le nombre de recherches effectuées sur les minerais d'or et d'argent et leurs sous-produits par rapport au nombre total de recherches sur le métaux et les minéraux. La plus grande partie de ces recherches furent effectuées à la demande de l'industrie.

Tous les minerais d'or du Canada, à quelques exceptions près, durent être étudiés par les laboratoires de la rue Booth. La baisse qui se produisit dans la production de l'or après le maximum de 1941 a certainement découragé les nouveaux producteurs. Il faut rappeler que les laboratoires de division s'engagèrent fortement dans des travaux en relation directe avec l'effort de guerre, en particulier en métallurgie physique, et furent donc obligés de refuser un certain nombre de demandes industrielles. A la fin des années 30, le Bureau avait déjà dû faire appel à l'industrie pour se faire apporter une aide en main-d'oeuvre. Le nombre record (169) de recherches, effectuées en 1939 sur des échantillons dont la taille pouvait varier entre quelques livres et quelques wagons, faisait suite à une impressionnante charge de travaux (142 recherches) en 1938. Le nouvel édifice de préparation du minerai fut terminé en 1938 et prêt à être occupé au début de 1939.

Après la guerre, les Laboratoires de préparation des minerais concentrèrent leurs travaux pour améliorer le niveau de récupération d'or et d'argent et pour étudier les minerais complexes d'or primaire comme ceux des Territoires du Nord-Ouest et de la région de Red Lake en Ontario. Ce travail avait dû être retardé à cause de l'effort de guerre. En 1945 on reçut la première cargaison de minerai à étudier de la mine Giant Yellowknife. Après d'autres études, on élaborait un schéma de traitement pour le minerai d'or arsénieux. On continua de permettre à l'industrie et aux consultants de travailler dans les laboratoires et, en 1945, les

Recherches du Bureau des mines, or et total

Année	Recherches sur l'or	Recherches totales
1936	66	99
1937	66	127
1938	71	142
1939	77	169
1940	70	121
1941	45	93
1942	20	54
1943	1	27
1944	5	20
1945	5	18
1946	17	34
1947	18	48
1948	20	40
1949*	14	38
1950*	14	30

* pour l'exercice se terminant le 31 mars de l'année suivante.

laboratoires furent effectivement utilisés par Wasa Lake Gold Mines, Francoeur Gold Mines et Canadian Industries Limited (CIL) pour le compte de Cochenour Williams Gold Mines.

La production canadienne d'or atteignit son maximum en 1941 avec 5 345 179 onces fines. A la même époque, la production d'argent atteignit son maximum en 1940 avec 23,8 millions d'onces; en 1941, la production était de 21,75 millions, puis elle continua de diminuer pour atteindre 12,5 millions en 1946. L'or fut le métal le plus important entre 1932 et 1941; il apporta au pays un tiers de la richesse produite par toute l'industrie minière. A la fin de la guerre, la production d'or était réduite à 50% de la production de 1941. C'est ainsi qu'en 1946 la production n'atteignait plus que 2,83 millions d'onces.

Il faut se rappeler qu'entre 1858 et 1930 la valeur de l'or était établie à \$20.67 l'once fine en fonds américains; ce montant était reconnu internationalement comme le prix de l'étalon-or. En 1931, le Royaume Uni abandonna l'étalon-or et ce mouvement fut suivi par les Etats-Unis en 1933. Le prix de l'or en dollars US atteignit \$35.00 l'once et conserva cette valeur plusieurs années grâce à une entente inter-

nationale. A cette époque le dollar canadien avait une différence de 10% avec le dollar américain et les producteurs d'or canadiens pouvaient obtenir un prix de \$38.50 en argent canadien. Toutefois, lorsque le dollar canadien revint à la parité avec le dollar américain en juillet 1946, les opérations devinrent moins avantageuses à cause de l'accroissement des coûts et de la faible teneur du minerai. Pour éviter la fermeture des mines et le chômage aux camps d'exploitation minière de l'or le gouvernement passa, en 1948, la "Loi d'urgence pour l'aide à l'exploitation minière de l'or". Cette loi permettait au Ministre d'accorder des subventions aux mine d'or primaire en 1948, 1949 et 1950. Cette aide fut ensuite renouvelée de temps en temps, puis abandonnée le 30 juin 1976 car aucune demande de paiement n'avait été adressée après 1971. Les subventions fédérales dépassèrent ainsi \$300 millions. Pour l'année 1948, ces paiements affectèrent 87,4% de la production d'or. Les subventions étaient en moyenne de \$3.18 l'once. Il est ironique de constater le changement radical qui s'effectua dans l'industrie canadienne de l'or sur une période de sept ans seulement; ceci montre bien que les ressources en minerai à teneur rentable étaient limitées et que l'exploitation minière souterraine d'or primaire était très coûteuse.

L'industrie essaya d'améliorer le niveau de récupération même après l'adoption de la loi. Si l'on examine les 14 échantillons de minerai d'or et d'argent et de résidus qui furent reçus en 1950, on constate que 8 d'entre eux avaient pour but d'accroître la récupération d'or et 2 d'entre eux d'accroître la récupération de l'argent dans les résidus.

Il est opportun d'examiner la production maximale atteinte par l'industrie du platine pendant la guerre. La production du platine passa d'une moyenne annuelle de 130 000 onces fines entre 1934 et 1941 à 258 228 onces en 1942, puis retomba à 121 771 onces en 1946. La production du palladium et d'autres métaux précieux était en moyenne de 103 000 onces fines par an entre 1934 et 1945; en 1945 la production atteignit 458 674 onces, pour retomber à 117 566 onces en 1946. La source principale de ces métaux précieux se trouvait dans les minerais de cuivre et de nickel de Sudbury.

Le fer

La reprise de la production de minerai de fer au Canada se produisit en 1939 avec une cargaison de 123 598 tonnes de carbonate de fer (sidérite) provenant de la nouvelle mine Helen de l'Algoma Ore Properties Ltd. dans le nord de l'Ontario. Vint ensuite une cargaison d'hématite à haute teneur de la Steep Rock Iron Mines en 1944. On effectua des tests de concentration magnétique sur du minerai de sidérite traité de la mine Helen aux Laboratoires de préparation du minerai du Bureau des Mines en 1938 et ultérieurement, pendant la guerre. En 1946 la production de minerai de fer provenant de ces deux mines avait atteint 1 549 523 tonnes, ce qui dépassait largement toute production canadienne

antérieure.

La guerre engendra un regain d'intérêt dans certaines mines et certains prélèvements de minerai de faible teneur du centre de l'Ontario et, dans une certaine mesure, d'autres régions du Canada. En 1941 les laboratoires du Bureau effectuèrent la concentration de 9 échantillons de minerai de fer; cinq d'entre eux provenaient de la Frobisher Exploration Company qui explorait et développait les petites mines situées le long du chemin de fer du centre de l'Ontario. A cause du manque de personnel, on mit à la disposition de cette compagnie des installations aux laboratoires pour leur permettre d'effectuer leurs propres tests de traitement de minerai. La compagnie Ventures Limited dirigeait également des explorations sur les minerais de fer et envoyait des échantillons aux laboratoires. En 1944 on mit les installations d'agglomération à la disposition de la Michipicoten Mines Limited avec l'assistance du personnel du Bureau des Mines.

On traita également quelques minerais de titane; le Canada en produisit environ 70 000 tonnes en 1943, alors qu'on en produisit seulement 10 000 tonnes en 1942 et 34 000 tonnes en 1944.

Pendant la période de guerre il y eut un accroissement de la demande pour quatre métaux utilisés dans les alliages ou comme additifs: le tungstène, le molybdène, le chrome et le manganèse; l'approvisionnement en chrome et en manganèse était particulièrement insuffisant.

Le tungstène

Pendant la guerre, le Bureau des Mines encouragea la recherche de nouvelles sources et l'exploitation des sources connues de minerai de tungstène. Plusieurs mines d'or commencèrent à extraire la scheelite (tungstate de calcium) présente dans leurs minerais. Les Laboratoires de préparation du minerai reçurent un nombre croissant d'échantillons individuels après le début de la guerre. Pour encourager et accélérer la production de minerai de tungstène dans les petites mines, on effectua la concentration de ces minerais sur demande entre 1939 et 1944. A partir d'un total de 210 tonnes de minerai on fut en mesure de produire 126 000 livres de concentré sous la forme de trioxyde de tungstène. La production canadienne maximum durant la guerre atteignit 1 508 626 livres en 1941.

Le molybdène

C'est le molybdène qui, après le tungstène, reçut le plus d'attention des Laboratoires de préparation des minerais. La production de molybdénite durant la Seconde Guerre mondiale fut inférieure à celle de la première grande guerre, bien que le prix en ait triplé; en 1944, la meilleure année, on ne produisit que 1 062 tonnes de molybdénite et de concentrés, alors que la production atteignit 1554 tonnes en 1917.

En 1942 l'approvisionnement devint très serré et le Bureau de contrôle des métaux accorda l'autorisation d'exploiter les mines de La Corne près de Val d'Or au Québec, et s'arrangea pour acheter la production de la Indian Mine de Dome Mines Ltd. dans le comté de Pressac au Québec. Les recherches effectuées par le Bureau permirent d'établir des usines de concentration et d'exploiter à La Corne un procédé de séparation du bismuth et du molybdène. Des forages au diamant localisèrent un gisement de minéral à faible teneur dans l'ancienne concession de Quyon dans le comté de Pontiac au Québec. Le personnel du Bureau des Mines dressa les plans d'un concasseur pour ce minéral.

Le chrome

Les minerais de chrome étaient à peu près dans la même situation que ceux de tungstène et de molybdène. On étudia un certain nombre d'échantillons, qui provenaient surtout du Québec, mais aussi du Manitoba et de la Colombie-Britannique. On concentra, par différentes méthodes, cinq wagons de minéral provenant de Bird River, au Manitoba, et les concentrés furent fondus à la Chromium Mining and Smelting Company de Sault Ste. Marie pour déterminer leurs possibilités de mise en marché.

En 1942 la chromite commençait à se faire rare. Après avoir effectué plusieurs essais d'enrichissement à Ottawa, on construisit un concasseur d'une capacité quotidienne de 150 tonnes à St. Cyr et on l'exploita sous la surveillance du bureau. Ce concasseur était en mesure de produire du concentré à une teneur de chrome variant entre 48 et 50%. Un autre concasseur, d'une production quotidienne de 600 tonnes, fut construit sur la propriété Bélanger près de Thetford Mines et fut exploité par la Corporation des métaux de guerre. Durant la Seconde Guerre mondiale la production canadienne de chromite atteignit un maximum de 29 525 tonnes en 1943, alors qu'en 1919 on avait atteint une production de 36 725 tonnes.

Le manganèse

Comme on manquait de ce métal au Canada, le Bureau de Contrôle des métaux déploya tous ses efforts pour encourager la prospection et le développement des gisements de manganèse à faible teneur. On traita, aux laboratoires d'Ottawa, des échantillons provenant de toutes les parties du Canada, en particulier des régions maritimes, y compris Terre-Neuve. La production canadienne de manganèse atteignit un maximum de 435 tonnes en 1942, encore une fois inférieur à celui de 957 tonnes qui fut atteint durant la Première Guerre mondiale en 1916.

Le nickel

Les laboratoires d'Ottawa firent des tests sur plusieurs échantillons de minéral de nickel. Les minerais de Sudbury suffirent pour répondre aux besoins

de guerre du Canada et des pays d'outre-mer; la production, qui avait atteint un maximum de 100 millions de livres en 1929, était tombée à 30 millions de livres en 1932, puis augmenta pour atteindre son maximum de temps de guerre de 288 millions de livre en 1943.

Le cobalt

On fit des tests sur plusieurs minerais de cobalt pendant la guerre, bien qu'il y ait eu un surplus de ce métal stocké à Deloro, en Ontario. En fait, la production pendant la guerre était bien en dessous de la moyenne annuelle de 600 000 livres entre 1926 et 1940. En 1940 la production atteignit 794 000 livres, pour diminuer ensuite à 263 257 livres en 1941 et 70 205 livres en 1946.

Le tantale

A la fin de la guerre, il y eut une demande pour ce métal, malléable à haute température; cette demande avait sans doute pour but la production de carbure de tantale, l'utilisation dans les instruments chirurgicaux, et le remplacement du platine. Le Bureau reçut pour tests de concentration plusieurs échantillons de tantalite, des Territoires du Nord-Ouest et du Québec.

Les métaux communs (cuivre, plomb, zinc)

Bien que les Laboratoires de préparation des minerais aient eu à traiter plusieurs échantillons de minéraux complexes, les techniques de séparation étaient heureusement déjà bien établies grâce aux progrès en flottation sélective. Lors de son entrée en guerre, le Canada disposait ainsi de bons moyens de production et d'exportation de surplus. Ces métaux n'avaient en effet pas été sérieusement affectés par la dépression, sauf dans quelques cas individuels et surtout par la baisse de prix et des bénéfiques, comme on peut le voir dans le tableau composé par le Bureau fédéral de la statistique.

L'aluminium

L'aluminium était, et est encore, produit à partir de minerais importés; toutefois les réalisations canadiennes pendant la Seconde Guerre mondiale méritent d'être relatées. Ces réalisations sont surtout le résultat des efforts prodigieux de l'Aluminium Company of Canada. De plus, le Bureau des Mines entreprit des recherches sur le remplacement du minéral importé.

En 1918, alors que la production des métaux atteignait son maximum durant la Première Guerre mondiale, la production d'aluminium atteignait 23,5 millions de livres; en 1939, la production s'était élevée à 165,7 millions et, en 1942, elle atteignait 681,2 millions: le Canada fournissait alors 40% de l'aluminium utilisé par le alliés. La production atteignit son maximum en 1943 avec 991,5 millions de livres. Aujourd'hui l'Aluminium Company et la Canadian

Production canadienne des métaux communs

Année	Cuivre			Plomb			Zinc		
	lbs	\$		lbs	\$		lbs	\$	
1930	303 478 356	37 948 359		322 894 163	13 102 635		267 643 505	9 635 166	
1932	247 679 070	15 294 070		255 947 378	5 409 704		172 283 558	4 144 454	
1937	530 028 615	68 917 219		411 999 484	21 053 173		370 337 589	18 153 949	
1940	655 593 441	65 773 061		471 840 256	15 863 605		424 028 862	14 463 624	
	(Maximum du temps de guerre)								
1942				512 142 562	17 218 233		580 257 373	19 792 579	
				(Maximum du temps de guerre)					
1943							610 754 354	24 430 174	
							(Maximum du temps de guerre)		

Source: Bureau fédéral de la statistique, Cat No. 26-501, 1957

Reynolds Metals Company of Canada ont une production conjointe de près de 2 milliards de livres d'aluminium chaque année.

L'effort de guerre de l'Aluminum Company consista à accroître au maximum la production canadienne d'aluminium et ceci nécessita une planification et une exécution rapides. On agrandit les installations de fonderie à Arvida et surtout à Shawinigan Falls, et on construisit deux lignes temporaires de creusets à LaTuque et à Beauharnois. Les installations de fabrication suivirent le développement des fonderies. Il y avait déjà une usine à Toronto, mais on construisit une nouvelle fonderie à Etobicoke et on mit sur pied une Division des Munitions à Lambton, près de Toronto. La grande usine de Kingston fut également construite à cette époque avec un laminoir à tôles, un laminoir à tubes et une usine de refoulement pour les pièces d'avion. On mit sur pied un organisme auxiliaire de recherche: l'Aluminum Laboratories Limited.

Avant la guerre, on faisait venir de Terre-Neuve, d'Europe et des Etats-Unis, la fluorine nécessaire à la fonderie. Pendant la guerre on ne pouvait s'approvisionner qu'à Terre-Neuve et l'on dut accroître considérablement cette source d'approvisionnement. Cet objectif fut atteint en une seule année.

En 1941, l'American Nepheline Corporation, en collaboration avec l'Alcan, fit des recherches aux Laboratoires de préparation des minerais du Bureau des Mines et mit au point un procédé d'extraction et de récupération de l'aluminium avec la potasse et la cendre de soude, sous-produits des grands gisements de syénite à néphéline en Ontario. On envoya tous les détails de ce procédé au gouvernement britannique pour lui permettre de s'en servir éventuellement dans l'extraction de l'aluminium à partir des argiles britanniques et des gisements à faible teneur de bauxite en Irlande. On fit également des recherches à la Division des Minéraux métalliques sur l'extraction de l'aluminium à partir des argiles canadiennes.

Les travaux de recherche et de développement sur le magnésium, autre métal léger entrant souvent dans la

combinaison des alliages avec l'aluminium, seront décrits avec les minéraux industriels car une importante proportion de ce métal est utilisée sous forme d'oxyde dans les matériaux réfractaires non métalliques.

Organisation de la Division de la Préparation des minerais et des Opérations métallurgiques

Parsons tenait à ce qu'on rende compte rapidement des résultats des recherches entreprises pour l'industrie. Sa division fut la dernière à abandonner la publication "Investigations". Le dernier numéro fut publié en 1941 pour décrire les travaux exécutés pendant la demi-année s'écoulant de juillet à décembre 1939 (MB Rep 806). La Division et ses successeurs publièrent les informations non secrètes soit au niveau de la Division, soit dans la presse technique, jusqu'au lancement de la nouvelle publication "Mines Branch Series" à la fin des années cinquante.

La Division des Minéraux métalliques fut réorganisée en 1947 et fut dénommée la Division de la Préparation de minerais et de la Métallurgie. Lorsqu'on créa la Division de la Métallurgie physique en 1949, la division devint la Division de la Préparation du minéral et des opérations métallurgiques. Le 1er février 1951, voici quels étaient son organisation et son personnel principal:

Chef - R.J. Traill
 Laboratoire de préparation des minerais - A.K. Anderson, C.H. Freeman
 Métallurgie extractive - Dr. K.W. Downes, G. Thomas
 Métallurgie chimique - Dr. R.R. Rogers, G.E. Viens
 Laboratoire de chimie - Chimiste en chef - J.A. Fournier, R.A. Rogers
 Laboratoire de spectrographie - M.H. Haycock, B.J. Stallwood
 Laboratoire de minérographie - A.R. Graham
 Chimie physique et cristallographique - Dr. A.T. Prince, S.A. Forman, P.D.S. St. Pierre
 Analyse de l'eau - Cap. W.R. Inman, RCNR, D.J. Charette
 Contremaître d'usine - G.A. Renaud



M.H. Haycock

L'uranium

Recherche sur la transformation

Avant la Seconde Guerre mondiale, Spence s'occupait des recherches sur les minerais radioactifs à la Division des Minéraux industriels. On analysait des échantillons provenant de différents endroits au Canada et on effectuait des tests de traitement dans les laboratoires des minéraux métalliques.

On était alors en contact avec la Eldorado Gold Mines à la mine de Great Bear Lake, à Port Radium, dans les Territoires du Nord-Ouest, et avec la raffinerie à Port Hope, en Ontario; le principal objectif était d'améliorer la récupération. En 1944, une société de la couronne, la Eldorado Mining and Refining Co. (1944) Ltd., prit en charge l'exploitation de la mine et de la raffinerie.

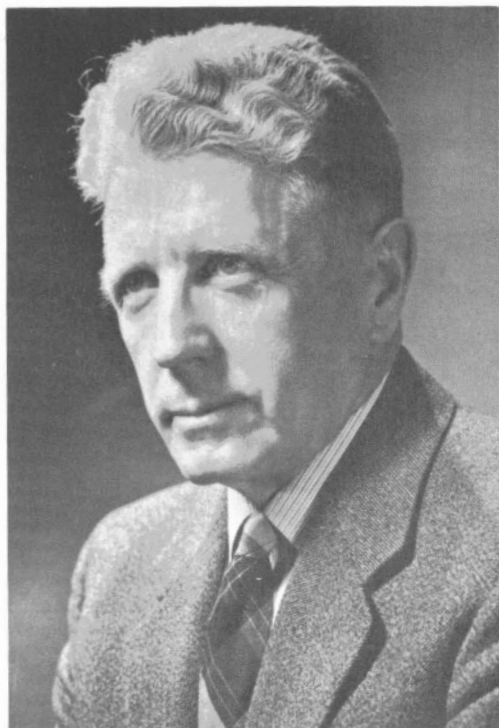
En 1945, Parsons recruta un groupe de scientifiques et d'ingénieurs pour entreprendre le développement des techniques d'analyse et de traitement, non seulement pour le minerai de Great Bear Lake, mais aussi pour une quantité d'échantillons de minerais provenant de différentes régions du Canada.

La plupart de ces minerais était pauvres et complexes et contenaient moins de 1% d'oxyde d'uranium (U_3O_8). Jusqu'à cette époque, le minerai à haute teneur

de Port Radium, n'était analysé et traité que pour la récupération du radium. Il n'existait pas alors de technologie éprouvée pour l'analyse rapide et la récupération optimale de l'uranium à partir de minerais pauvres. Pendant les dix années qui suivirent, d'importants travaux de recherche et de développement dans ces deux secteurs permirent de résoudre les problèmes analytiques et de mettre au point plusieurs techniques hydrométallurgiques, comme la lixiviation acide et alcaline, l'extraction par solvants échangeurs d'ions, et l'amélioration de méthodes physiques connues pour réduire au minimum les pertes dans les résidus de concasseur. F.T. Rabbitts fut, dans ce groupe, le pionnier de la chimie analytique; il avait été recruté en 1945 dès sa démobilisation de l'armée de l'air. Il dut commencer à zéro sans aucun appareil pour traiter les échantillons à faible teneur radioactive. Les États-Unis et le Royaume-Uni, qui s'intéressaient à l'énergie atomique, étaient très actifs dans ce domaine et le groupe canadien était informé des progrès. Le groupe canadien, qui participait à cet effort international, fut en mesure d'y apporter de réelles contributions. C'est ainsi qu'on mit au point plusieurs méthodes relativement fiables et rapides; l'une d'entre elles, la fluorométrie, pouvait détecter un contenu d'oxyde d'uranium inférieur à 0,001% dans le minerai et les produits de concasseur. J.B. Zimmerman, qui avait été détaché auprès du groupe de Rabbitts, apporta une précieuse contribution dans ce domaine. Au moment de la création de la Division de la Radioactivité, Rabbitts devint chimiste supérieur.



F.T. Rabbitts



A. Thunaes, chef de la Division de la Radioactivité

En 1946, Parsons décida que le Bureau avait besoin des conseils d'un expert dans le traitement des minerais d'uranium. On engagea alors comme consultant A.M. Gaudin, professeur au Massachusetts Institute of Technology, qui était relié au projet "Manhattan". Il recommanda Arvid Thunaes, un ingénieur d'expérience, diplômé du Trondheim Institute of Technology en 1923. Ce dernier avait vingt ans d'expérience dans le traitement des minerais complexes, en particulier un séjour à la mine Sullivan de Cominco durant lequel il effectua des recherches sur la flottation de l'étain sous les conseils de Gaudin. Thunaes se joignit au Bureau en mars 1947 et devint chef de la nouvelle Division de la Radioactivité en 1948.

Lorsqu'en mars 1948 le gouvernement fédéral prit la décision d'acheter tous les concentrés d'uranium d'origine canadienne qui répondaient aux spécifications nécessaires, le Bureau reçut un nombre nettement plus élevé d'échantillons de minerais radioactifs.

La Division de la Radioactivité, qui avait été créée en 1948, fut installée en 1950 dans deux baraques qu'onset isolées par une clôture au 30 rue Lydia.

La Division participa aux recherches sur l'uranium en analysant les échantillons reçus et en entreprenant des travaux de recherche et de développement sur la concentration et le traitement des minerais en vrac avant l'établissement des schémas de traitement les plus appropriés. On mit au point plusieurs tests physiques et chimiques. C'est ainsi qu'on découvrit que la fluorométrie permettait d'obtenir des résultats plus rapidement, en particulier pour les minerais à faible teneur. Grâce à des analyses physiques de niveau de radioactivité, il n'était pas nécessaire de concasser ou de broyer les échantillons.

Toutes les informations non secrètes sur les méthodes analytiques et le traitement des minerais étaient transmises aussi rapidement que possible par la Division à l'industrie et autres organismes intéressés. On publiait des rapports divisionnaires sur des sujets spéciaux ou d'actualité, ainsi que des rapports dans les Mémoires de la Direction des Mines. On préparait aussi des articles et des communications comme, par exemple, celle que Thunaes présenta en 1950 au ICM sur le traitement des minerais, sans mentionner les renseignements secrets traitant de lixiviation (ICM Bull 460; p 454, août 1950). Durant les exercices fiscaux de 1950 et 1951 on publia 29 rapports, dont les suivants parurent dans les Mémoires de la Direction des Mines:

- No. 96 "Determination of uranium in ores by field analysis" par F.E. Senftle, C. McMahon et G.G. Eichholz, 1949; révisé en 1955.
- No. 103 "Determination of uranium in ores, modified mercury cathode-cupferron method" par F.T. Rabbits, 1949.
- No. 105 "Determination of U_3O_8 in ores and solutions, cellulose column method" par F.T. Rabbits, 1949.
- No. 106 "Use of a high-pressure ionization chamber in assaying uncrushed ore samples" par J.L. Horwood et C. McMahon, 1950.
- No. 110 "The chemical determination of thorium in its ores" par J.C. Ingles, 1951.
- No. 114 "The determination of uranium in ores, fluorophotometric method" par J.B. Zimmerman, 1951.
- No. 115 "Radioassay of uranium ore with the Geiger type equilibrium counter" par R.D. Wilmot et C. McMahon, 1951.

L'industrie privée, désireuse de se lancer dans l'exploitation minière, envoyait des échantillons en vrac pour les faire soumettre aux essais de concentration et de traitement. C'est ainsi que durant l'exercice financier 1949-50 on produisit 9 rapports confidentiels complets en plus des 32 rapports techniques confidentiels pour le Conseil de contrôle de l'énergie atomique. L'année suivante, en 1950-51, on effectua 22 recherches de concentration et de traitement en plus des 63 pour le Conseil. Il est à noter que l'Organisation de recherche scientifique et industrielle du

Commonwealth australien (CSIRO) s'intéressait aux travaux de la division et que D.F. Kelsall travailla plusieurs mois au laboratoire, en 1948-49, sur le cyclone de la Dutch State Mines pour la séparation en suspension dense dans la préconcentration du minerai d'uranium. (Rapport d'actualité de la Division de la Radioactivité No. 27-1950).

Il faut rappeler qu'un grand nombre de concasseurs d'uranium, dont on avait délégué la responsabilité aux chercheurs d'Elliot Lake pendant la guerre de Corée, utilisaient une technologie mise au point par le petit groupe de scientifiques de la Division de la Radioactivité. Cette situation était analogue à celle des contributions antérieures de la Direction des Mines, lorsque Parsons et son petit groupe de collaborateurs mirent au point une méthode de traitement des minerais complexes de métaux communs par flottation sélective.

En février 1951 le personnel de la Division de la Radioactivité comprenait environ 40 personnes; voici quels en étaient l'organisation et les principaux membres:

Chef - A. Thunæs
 Adjoint - Dr. E.A. Brown
 Traitement des minerais et métallurgie extractive -
 H.W. Smith, W.A. Gow; contremaître - E.H. Devine
 Minéralogie - S. Kaiman
 Chimie analytique - F.T. Rabbitts, F.P. Roloson, J.C. Ingles
 Physique et électronique - G.G. Eichholz, J.B. Zimmerman, R.D. Wilmot

On relatera plus en détail, au chapitre 6, l'effort exceptionnel de cette division.

*Recherches en métallurgie physique
 incluant les réacteurs atomiques*

Le contraste entre les deux grandes guerres mondiales était frappant dans le domaine de la science et de la technologie des métaux et des alliages. La Seconde Guerre mondiale était avant tout une guerre de mouvement, non seulement dans les airs et sur les mers mais aussi sur terre, et exigeait une grande variété de véhicules et d'armements capables de subir et de déborder une plus grande puissance de tir. Il a donc fallu inventer toute une gamme de métaux et d'alliages pour les avions, les navires et les véhicules terrestres, ainsi que pour les armements complémentaires.

En 1940, la Grande-Bretagne se retrouva seule en Europe et dut s'appuyer sur ses partenaires du Commonwealth pour obtenir de l'aide dans l'effort de guerre. Le Canada, en tant que voisin des États-Unis, était aussi le dominion le plus rapproché géographiquement et le plus avancé dans la plupart des branches de la métallurgie. Les États-Unis donnèrent un coup de main au niveau de certains approvisionnements et de l'expertise

mais, tant qu'ils ne furent pas engagés complètement dans la guerre, une grande partie des travaux les plus secrets devaient être exécutés par le Royaume-Uni et ses partenaires du Commonwealth, en particulier le Canada.

Il n'est donc pas étonnant que le Bureau des Mines, institution gouvernementale fédérale dont l'expérience en métallurgie physique remontait à la Première Guerre mondiale et qui avait accru son importance par la création en 1928 de la Section du Fer et de l'Acier dans la Division du Traitement des Minerais et de la Métallurgie, fut appelé à jouer un rôle important en l'absence d'autres installations au pays.

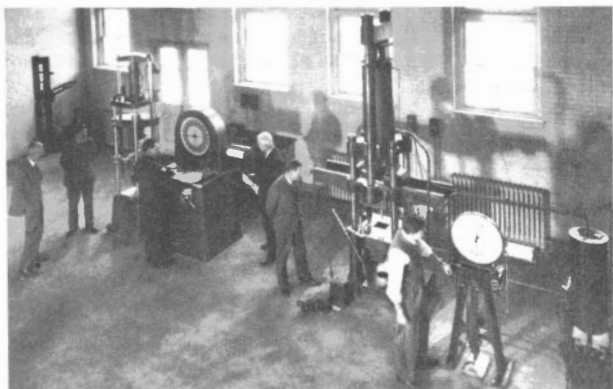
A partir d'un noyau de trois personnes (G.S. Farnham, N.B. Brown et M.H. Haycock) Parsons dut agrandir son organisation en 1940 (qui devait comporter, dix ans plus tard, un personnel de plus de cent personnes) pour pouvoir effectuer les recherches qui provenaient le plus souvent du Ministère de la Défense nationale. En 1943, le nombre de recherches avait augmenté et atteignait environ 700, alors qu'avant 1940 la moyenne annuelle était d'environ 20. En plus des rapports de recherche, on préparait des mémoires "informatifs" sur divers sujets de métallurgie physique pour fournir de l'information spécialisée aux agences de guerre. On lança aussi une série de publications pour relater les visites d'usines qui participaient aux travaux de guerre. De plus, les laboratoires furent équipés pour effectuer des traitements thermiques spéciaux pour les pièces d'artillerie. C'est ainsi qu'en 1943, avant la construction des nouvelles installations, on traita 13 000 pièces pesant 26 588 livres. La plus grande partie de ces travaux était de nature confidentielle et les rapports n'étaient distribués qu'aux personnes autorisées.

La construction de trois édifices, au 568 rue Booth, fut commencée en 1942 et terminée à la fin de 1943. La mise en service de toutes les installations s'échelonna sur environ trois ans. C'est ainsi qu'on installa une fonderie expérimentale en 1944. En 1946, on ajouta le laboratoire d'essais de fluage à haute température ainsi que du matériel de grenailage pour accroître la résistance à la fatigue des pièces de machines à taux d'utilisation élevé. En 1947, on installa le Laboratoire de traitement du métal qui offrait toute une gamme d'opérations de traitement du métal; cette installation, dont le coût dépassa \$600 000, comprenait un laminoir, une presse hydraulique horizontale à refouler, une presse hydraulique verticale, un marteau de forgeage, des bancs d'étirage, etc. John Perry, qui était entré au Bureau en 1945, était Chef de la Section du Traitement du métal et dirigea ce laboratoire jusqu'à sa mise à la retraite en 1974.

Il est bon de relater ici toute l'aide apportée à l'effort de guerre par les laboratoires. Le meilleur témoignage apparaît dans les informations publiées à la p. 47 du rapport annuel du Ministère pour l'exercice se



N.B. Brown, Laboratoires de recherche en métallurgie physique



Installations d'essais des Laboratoires de recherche en métallurgie physique sur la rue Booth, servant à déterminer les propriétés mécaniques des matériaux métalliques d'intérêt militaire, en 1944. De gauche à droite: C.S. Parsons, un représentant non identifié du Ministère de la Défense nationale, un technicien non identifié, G.R. Brabazon, N.C. MacPhee, N.B. Brown, S.L. Gertsman.

terminant le 31 mars 1946:

"Le développement des matériaux de guerre amena les Laboratoires de recherche en métallurgie physique à entreprendre toute une gamme de recherches. Par exemple, on fut amené à examiner

presque toutes les pièces du tracteur automobile pour expéditions polaires mis au point par le Ministère des Munitions et de l'Approvisionnement pour l'armée canadienne. En 1940, la durée de service des chenilles de chars d'assaut n'était que d'environ 500 miles. On arriva à découpler cette durée de vie en 1943 après 150 recherches portant sur des pièces de chars d'assaut, en particulier sur les chenilles et les rouleaux de chenilles. Le seul petit projectile capable de percer le blindage du char d'assaut Tigre devrait contenir un noyau de carbure de tungstène. C'est le Bureau des Mines qui produisit les premiers exemplaires de ces noyaux en Amérique du Nord. Pour arriver à développer les propriétés optimales des aciers, il fallait mener d'importantes recherches dans le traitement à la chaleur et dans la constitution des alliages. La haute qualité du blindage mis au point au Canada est une preuve tangible des succès de ces recherches. C'est également le Bureau qui permit d'effectuer avec succès le premier tir capable de percer un blindage. Lorsque cessèrent les importations de câbles de commande d'avion, il devint nécessaire de produire ces câbles au Canada et l'on construisit un banc d'essai aux laboratoires. Avec la collaboration de la RCAF et de fabricants, on put rapidement mettre sur pied la production d'un câble de qualité satisfaisante. On étudia les principes scientifiques d'échantillonnage et on les appliqua dans l'inspection des articles fabriqués en série; on put ainsi réaliser une économie considérable dans le travail nécessaire au contrôle de qualité des lots de matériel.

"On prépara de nombreux rapports sur les métaux et leurs applications; le tableau ci-dessous énumère les sujets et le nombre de rapports effectués pour chacun d'eux:

Sujet	Nombre de rapports
Aciers au carbone	965
Aciers spéciaux	886
Bronze	323
Aluminium	230
Ferro-alliages	169
Magnésium	164
Soudures de métal	119
Laiton	112
Corrosion des métaux	92
Métal blanc	52
Fer affiné	31
Cuivre et alliages	26
Alliages de zinc	22
Alliages pour paliers et coussinets	19
Méthodes d'inspection scientifique	17
Mesure des contraintes dans les métaux	10
Acier d'outillage	7



Personnel de la Section de la fonderie, 1945. De gauche à droite: H. Fairfield (ingénieur), A. Murton (ingénieur), Ed Morin (Ouvrier, Hugh McCann (chauffeur de camion), Marcel Lorte (fondeur de plomb), P. Petalimone

(ouvrier, J. Kosowan (préposé au traitement à la chaleur), J. Buck (Fondeur de magnésium), Mike Peltrin (surintendant), A. Plouffe (ouvrier), Ray Piché (mouleur), Val Traversy (électricien); assis: George Stanley (ouvrier)

"D'autres rapports furent publiés sur le carbure de tungstène, le nickel au tungstène, le fer en poudre, le cupro-nickel, le cuivre au béryllium, le nicelage, le plaquage au cadmium, à l'étain, au chrome, l'étain, le nickel, le cobalt, le plomb, le zinc et l'uranium."

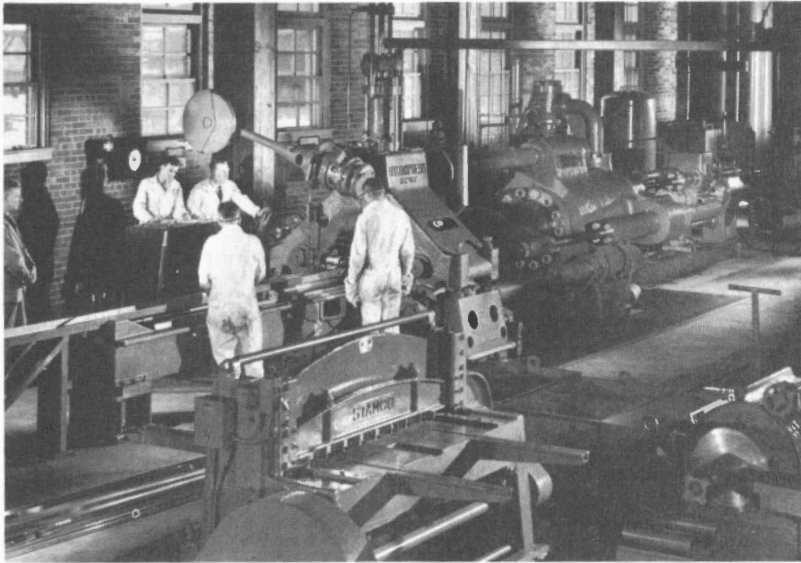
Le programme des laboratoires fut élargi après la guerre et ces travaux furent orientés vers des activités pacifiques. Ils aidèrent l'industrie métallurgique et consacrèrent plus de temps à la recherche et au développement dans la physique des métaux et les alliages spéciaux; ceci permit d'apporter des améliorations aux processus industriels métallurgiques, au rendement utilitaire des métaux, etc.

Parsons était en faveur d'une collaboration étroite avec l'industrie; c'est ainsi que plusieurs projets furent menés conjointement avec des associations industrielles comme le Steel Castings Institute of Canada, la Canadian Welding Society, la Magnesium Association et la American Foundrymen's Association.

A la fin de la guerre, le Canada avait en moyenne doublé sa production primaire de métaux, augmentant considérablement l'utilisation domestique des métaux et des alliages et accroissant les exportations, en particulier dans les années 50, pendant la période de reconstruction d'après-guerre. Cette augmentation

soudaine dans la consommation et le commerce rendit nécessaire la participation au développement et à la révision des normes nationales et internationales. La Division de la Métallurgie physique était à l'avant-garde des travaux des différents comités qui avaient grandement besoin d'information technique et expérimentale, en particulier la Section des Métaux non ferreux, à cause du grand nombre de métaux et d'alliages différents concernés. Meier et Edwards durent ainsi consacrer à ce travail une partie importante de leurs activités professionnelles.

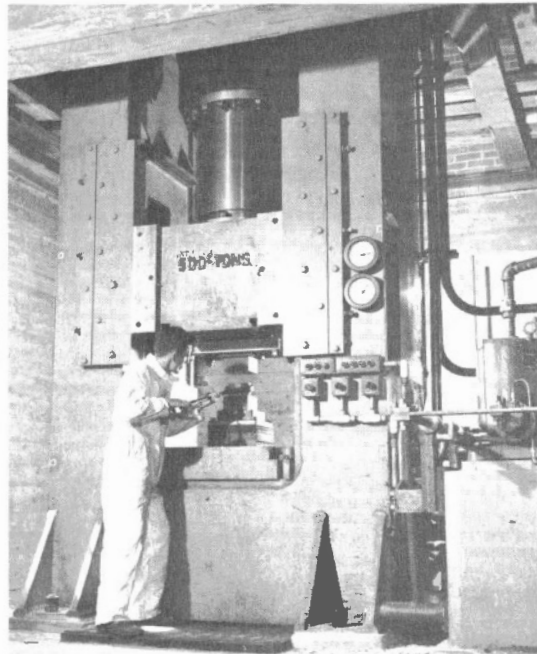
Le zinc était un bon exemple de cette conjoncture; sa production avait plus que doublé depuis 1929; en 1949 on en exporta environ 280 000 tonnes, dont plus de la moitié était produite par moulage mécanique. Les États-Unis utilisaient alors des spécifications basées sur une méthode thermique de raffinage des métaux, alors que les canadiens effectuaient leur production par des méthodes électrolytiques. Les appareils de moulage mécanique de la Division permirent de mettre au point des données expérimentales détaillées sur les limites d'impureté dans les alliages de zinc, données qui furent ultérieurement adoptées dans l'établissement des normes. Il en résulta la création d'un Comité canadien de recherche et de développement du zinc, composé des producteurs, des fabricants et de la Direction des Mines.



Laboratoire de formation du métal, rue Booth; presse à refouler expérimentale; refoulement d'une forme d'alliage de magnésium. De gauche à droite: J. Perry, S. Herwig, I. Dafoe, A. Baker, D. Dowling



A. Baker ajuste une plaque de magnésium pendant une opération de laminage



S. Herwig place un disque d'essai en aluminium dans une presse universelle de 500 tonnes



C.S. Parsons discute avec le lieutenant-colonel A.J. Smith, J.W. Meier, et le commandant N.S. Spence. Ce dernier entre au Programme d'énergie atomique à Chalk River et passa à la Direction des Mines en 1953

Parsons entreprit, en collaboration avec le Conseil, une étude pour améliorer les alliages pour aubes de moteurs à réaction. On étudia des systèmes d'alliage nickel-aluminium-vanadium, nickel-aluminium-chrome et nickel-aluminium-molybdène. H.V. Kinsey, qui était entré au Bureau le 12 janvier 1942, fut l'auteur d'une recherche sur la mise au point d'un alliage nickel-aluminium-molybdène avec des propriétés de résistance à haute température; cet alliage, appelé le "Kinsalloy", fut breveté en 1949.

Un important programme de recherches, indépendant du travail hydrométallurgique sur les minerais radioactifs mentionné précédemment, fut entrepris en collaboration avec le CNR qui avait la responsabilité du Programme d'énergie atomique du Canada. Ce projet concernait les matériaux de construction (mise au point d'alliages spéciaux et fabrication de certaines pièces métalliques) pour l'usine d'énergie atomique de Chalk River. Parsons fit état de l'excellente collaboration qu'il reçut du Président C.J. MacKenzie, et des directeurs des divisions du CNR.

La participation des Laboratoires de recherche en métallurgie physique est la preuve que le Bureau jouissait alors d'une réputation d'expertise en métallurgie physique dans les milieux tant canadiens que britanniques; cette participation fut d'ailleurs reconnue après la guerre dans la presse canadienne et britannique. Cet événement fut relaté par un des scientifiques des Laboratoires.

"La rumeur circulait en 1944 à l'effet qu'un groupe de savants britanniques s'était installé à

Montréal et travaillait sur un projet très mystérieux plus ou moins relié à la radioactivité. Le professeur anglais J. Greenwood s'adressa à Stewart Parsons et lui demanda de l'aide pour des travaux métallurgiques nécessaires au projet. Il avait avec lui une petite barre d'un métal brunâtre très lourd et demanda si quelqu'un pouvait déterminer ses caractéristiques de dilatation à la chaleur et au refroidissement. Parsons présenta alors le professeur Greenwood au Dr. R.L. Cunningham, responsable de la Section de la Physique des métaux aux Laboratoires. Le professeur ne voulait ni dire pour qui il travaillait, ni ce qu'il faisait, ni décrire en quoi consistait la barre de métal. Il recommanda fortement à Cunningham de n'en parler à personne. Le métal avait manifestement une très haute densité et un examen rapide révéla qu'elle se situait à 19.0. Un tableau de densités des métaux indiquait qu'il ne pouvait s'agir que d'or ou d'uranium. De toute évidence il ne s'agissait pas d'or. C'est à ce moment que nous comprîmes que nous faisons partie de l'effort mystérieux entrepris à Montréal.

"La guerre du Pacifique se termina brusquement en août 1945 lorsque deux bombes atomiques, fabriquées par les américains, furent larguées au Japon. De fait, les réacteurs canadiens, qui avaient besoin d'uranium pour produire le plutonium de la bombe, n'entrèrent en opération qu'après la guerre.

"On se rendit rapidement compte que les réacteurs atomiques pouvaient produire d'énormes quantités d'énergie dans un monde à court de sources d'énergie et le Canada se trouva dans une position très favorable pour prendre de l'avance dans cet effort. Il fallait résoudre de nombreux problèmes: le revêtement d'éléments combustibles, la stabilité de l'uranium, le développement d'alliages et la corrosion. Les britanniques retournèrent chez eux et le CNR prit la charge du projet; en 1946 il recruta le Bureau des Mines pour effectuer ses travaux métallurgiques à titre intérimaire. Le Bureau constitua un groupe à Chalk River, emplacement des premiers réacteurs au Canada; ce groupe, sous la direction du Dr. M.J. Lavigne, finit par avoir un personnel de 45 personnes. En 1952 on créa "Atomic Energy of Canada Ltd." qui, en 1956, prit à sa charge la recherche métallurgique; 22 personnes du groupe revinrent alors à la Direction des Mines à Ottawa.

"Durant la même période, entre 1946 et 1956, on entreprit aux Laboratoire de nombreux travaux sur l'assemblage des tiges de combustible pour les réacteurs NRX et NRU; il faut mentionner en particulier les travaux de J.A. Perry sur le profilage des métaux, de H.J. Nichols sur la



Visite de la Reine Juliana des Pays-Bas à la Direction des Mines en avril 1952. Sur la table: le premier essai réussi d'une gaine mince en aluminium ultra pur pour le réacteur N.R.U. De gauche à droite: J.A. Perry, la Reine Julianna, Mile C.E.B. Roell, dame d'honneur; à l'arrière: J. Alius, British United Press, W. van Tets, chambellan, R.J. Traill, Directeur intérimaire, Direction des Mines et A.H.J. Lovink, ambassadeur des Pays-Bas au Canada. (Photo d'IBM Canada Limited)

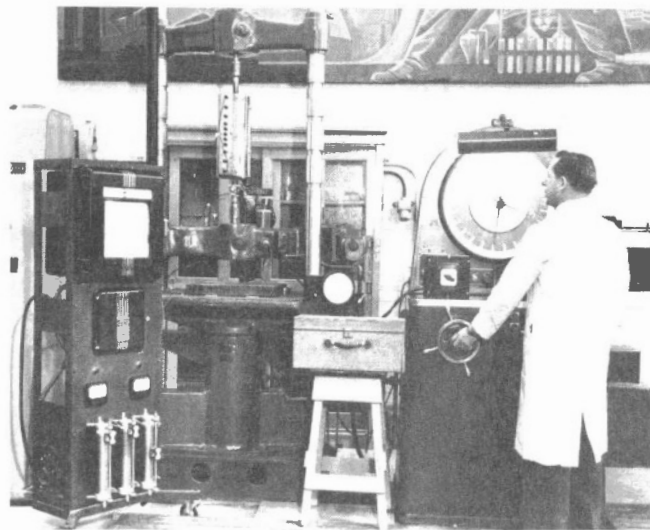
soudure, du Dr. C.M. Mitchell et de J.F. Rowland sur la stabilité de l'uranium, et de R.L. Cunningham sur les systèmes d'alliages d'uranium. L'année 1956 marqua la fin de notre période d'activité intense dans le programme d'énergie atomique."

Entre-temps, les fonderies canadiennes de fer et d'acier avaient besoin d'assistance technique sur les matériaux de remplacement à cause de la pénurie de fonte, de ferrailles et de coke, ainsi que sur le conditionnement du sable et surtout sur la pénétration des métaux dans le sable utilisé dans les noyaux. On créa un comité conjoint avec l'industrie, comprenant le Steel Castings Institute of Canada, pour s'occuper de certains de ces problèmes. On entreprit plusieurs études conjointes comme, par exemple, une étude portant sur les huiles utilisées dans les noyaux de sable. On dressa les plans d'une meilleure machine de moulage à formes de cire perdue; cette machine fut ensuite construite et brevetée en 1947. Cette machine était l'invention du technicien de recherche T. Eric Davis (1946-1960), ancien prospecteur et ouilleur qui avait un jour répondu à un journaliste que "la prospection et la recherche se situaient toutes deux à la frontière du savoir."

En collaboration avec l'American Foundrymen's Society, on effectua des travaux de recherche et de développement sur l'effet du moulage centrifuge des alliages légers dans le but d'éliminer une grande partie de l'usinage et du nettoyage des pièces moulées. On publia trois rapports dans le Transactions of the American Foundrymen's Society, Vol. 57, 1949.

En 1945, on mit sur pied un comité consultatif industriel de recherche sur le magnésium; ce comité comprenait des délégués de l'industrie et aussi des représentants des forces armées. On effectua d'importants travaux de recherche et de développement pour mettre au point un alliage de magnésium dont l'utilisation était surtout destinée à l'industrie aéronautique. J.W. Meier, qui entra au bureau en 1941, et M.W. Martinsen de la Dominion Magnesium Limited, qui travaillait aux Laboratoires de métallurgie physique, inventèrent un tel alliage connu sous le code ZK61 et contenant 6% de zinc et 1% de zirconium. Cet alliage, d'un haut rapport résistance-poids, était anticorrosif et avait de bonnes propriétés de moulage.

Hugh Livingstone et Stuart Riopelle furent blessés lors d'un tragique accident qui se produisit au début de 1947; cet accident s'avéra mortel pour Livingstone. Lors de la préparation d'un alliage de magnésium-zirconium, l'eau d'hydratation du chlorure de zirconium n'avait pas été éliminée par un réchauffage préalable. Cette eau réagit avec le magnésium en fusion pour former de l'hydrogène lorsque le chlorure de zirconium fut ajouté aux matériaux en fusion provoquant ainsi une explosion qui projeta du magnésium en fusion sur une grande surface de la fonderie. On croit qu'il



D.A. MacDiarmid soumet un alliage réfractaire à un essai de traction à hautes températures

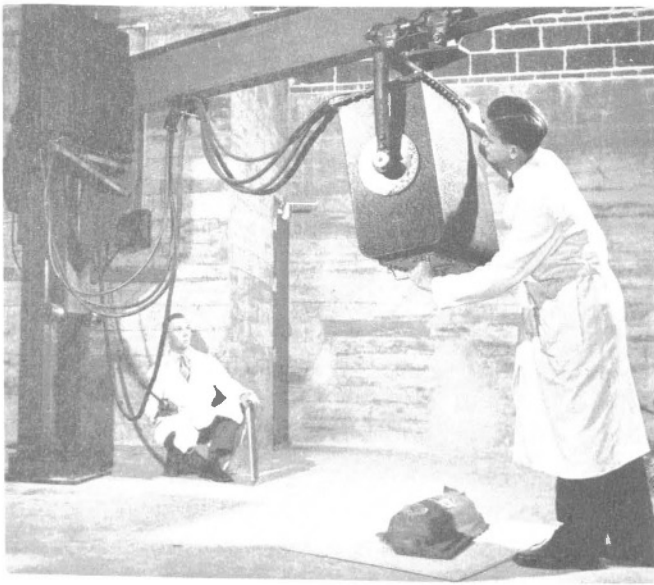
s'agit là du seul accident mortel de travail dans l'histoire de la Direction des Mines.

Un nouvel intérêt pour le titane et ses alliages devait se manifester pendant et après la guerre à cause de son poids moins élevé que celui des aciers inoxydables, de sa résistance à la corrosion et au fluage, et de son point de fusion élevé. On effectua de précieuses études avec un succès raisonnable sur la fusion, le moulage et le laminage à chaud du titane et de ses alliages.

On continua régulièrement d'ajouter aux laboratoires des appareils pour accroître les possibilités d'analyse dans la mesure des propriétés et de la solidité des métaux, dans les procédés de fabrication ainsi que les études des structures métalliques microscopiques et submicroscopiques; on put ainsi disposer d'un spectrographe à diffraction des rayons X en 1946 et d'un microscope électronique fourni par le Conseil de recherche pour la défense en 1949.

Les pages précédentes ne représentent qu'un bref survol des travaux et des réalisations des Laboratoires de recherche en métallurgie physique, qui devaient devenir une division en 1950.

Parsons était fier de ces laboratoires, qu'il considérait comme les meilleurs au pays et parmi les meilleurs au monde.



H.J. Nichols met la tête à rayon-X en position pour un examen radiographique de moulage de métal tandis que W.P. Campbell règle les commandes (Photo NFB)

Organisation des Laboratoires de recherche en métallurgie physique

Le personnel principal de la Division des Minéraux métalliques, qui s'occupait des travaux de métallurgie physique en mars 1944, se composait des personnes suivantes: Dr. G.S. Farnham: chercheur supérieur, N.B. Brown, Dr. R.L. Cunningham, H.H. Fairfield, S.L. Gertsman, M.H. Haycock, H.V. Kinsey, H.L. Lexier, N.C. MacPhee, J.W. Meier, H.J. Nichols, Dr. G.T. Shaw et Dr. T.W. Wlodek.

Bien qu'on ne dispose pas de chiffres précis, le personnel dépassait cent personnes en février 1951 et la Division était alors la plus grande du Bureau.

Le principal personnel des Laboratoires de recherche en métallurgie physique se composait des personnes suivantes:

Chef - Dr. John Convey
 Adjoint - N.C. MacPhee
 Fer affiné et fonte - J.E. Rehder
 Acier et moulages d'acier - S.L. Gertsman
 Aciers inoxydables - T.V. Simpkinson
 Alliages à haute température - H.V. Kinsey, H.H. Bleakney
 Métaux non-ferreux - J.W. Meier, J.O. Edwards
 Physique des métaux - Dr. R.L. Cunningham
 Essais mécaniques - Dr. T.W. Wlodek, N.B. Brown, R.C.A. Thurston
 Profilage des métaux - J.A. Perry
 Soudure - H.J. Nichols
 Laboratoire des sables - A.E. Murton
 Fonderie - M. Feltrin

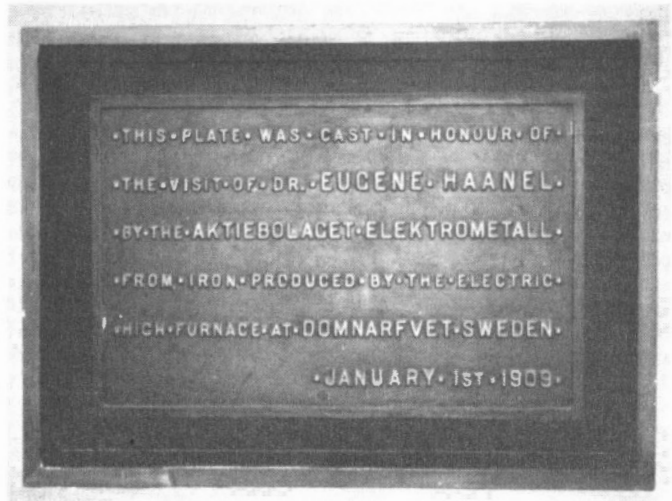
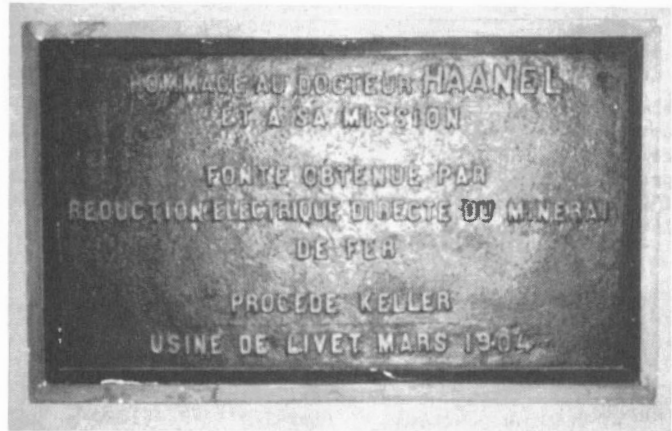
Lorsqu'on pense que tous ces progrès se firent en l'espace de dix ans, on peut vraiment dire qu'il s'agit là d'une réalisation exceptionnelle. Il n'est donc pas surprenant que, lors de sa retraite en 1951, le personnel des laboratoires ait honoré Parsons d'une façon toute particulière en lui présentant une plaque, conçue par Eric Davis et moulée en bronze à la fonderie sous la surveillance de John Edwards, représentant la tête de Parsons en relief et portant l'inscription suivante: "En reconnaissance des travaux de C.S. Parsons, Directeur de la Direction des Mines. L'existence de ces laboratoires est due aux efforts incessants qu'il exerça durant ces années." Les années 1921 et 1951 apparaissent dans les coins en haut à gauche et en haut à droite de la plaque. Cette plaque est présentement montée dans le hall d'entrée du 568 rue Booth.

Il nous semble opportun de rappeler que deux autres plaques sont montées dans le hall intérieur de la Division de la Métallurgie physique, en l'honneur du fondateur de la Direction des Mines, le Dr. Eugene Haanel. L'une d'entre elles porte l'inscription: "Homage au Docteur Haanel et à sa mission. Fonte obtenue par réduction électrique directe du minerai de fer. Procédé Keller - Usine de Livet - mars 1904". Sur

l'autre plaque on peut lire: "Cette plaque a été coulée en l'honneur de la visite du Dr. Eugene Haanel par la Aktiebolaget Elektrometall avec du fer produit par four électrique à Domnarfvet, en Suède, le 1er janvier 1909".



Dr. R.L. Cunningham



Deux plaques commémorant les travaux de E. Haanel



Plaque commémorant les travaux de C.S. Parson, 1921-51

COMBUSTIBLES

En 1937 les industries canadiennes de combustibles fossiles s'étaient bien remises des réductions considérables du début de la période de dépression, comme on peut le voir dans le tableau qui énumère la production canadienne pour quelques années, y compris les deux meilleures années de temps de guerre: 1918 et 1942.

Production canadienne de combustibles fossiles,
1918-1949

Année	Charbon (tonnes courtes)	Pétrole brut (barils)	Gaz naturel (1000 p. cu)
1918	14 977 926	304 741	20 140 309
1929	17 496 557	1 117 368	28 378 462
1932	11 738 913	1 044 412	23 420 174
1937	15 835 954	2 943 750	32 380 991
1942	18 865 030	10 364 796	45 697 350
1944	17 026 499	10 099 404	45 067 158
1949	19 120 046	21 464 322	60 457 177

Pour indiquer combien le Canada dépendait des importations de combustibles, voici quelles étaient les importations en 1949: charbon, 22 800 144 tonnes courtes (auparavant l'année record s'était produite en 1948 alors que l'importation de combustibles solides atteignait un total de 31 726 746 tonnes); pétrole brut et produits pétroliers, 94 715 226 barils (1948 avait encore été dans ce cas l'année record avec 101 528 078 barils); gaz naturel, 14 511 965 p. cu (cette quantité représente à peu près le volume dont avait disposé l'Ontario pendant quelques années et qui ne suffisait pas pour répondre à la demande). Ces chiffres ne tiennent pas compte des petites exportations de combustibles solides, de pétrole brut et de produits pétroliers.

Comme cette dépendance de l'importation de grandes quantités de pétrole était une source d'inquiétude pour le Canada, on mit sur pied la Wartime Oils Ltd., agence de la couronne sous l'autorité du contrôle du pétrole dont le conseiller technique était G.S. Hume de la Commission géologique. Cette agence avait la responsabilité d'avancer des fonds aux compagnies pétrolières pour accroître la production de pétrole. La production la plus importante se situait à Turner Valley et c'est dans cette région que l'on forait la plupart des puits supplémentaires. C.J. (Pete) Stewart était responsable du bureau de Calgary; sous l'autorité de Hume il avait la responsabilité d'encaisser les remboursements; il y travailla plusieurs années après la guerre avant d'être muté au Ministère des Mines et des Relevés techniques.

Charbon

Le charbon constituait la plus importante source d'énergie pendant la Seconde Guerre mondiale; à lui seul il représentait environ 60 % des ressources énergétiques. Les travaux de recherche et de développement sur le charbon avaient pour but d'accroître l'utilisation des charbons et des coques canadiens et d'examiner les problèmes que provoquait leur utilisation.

Évaluation des ressources

L'étude physique et chimique (P & C) des gisements de Nouvelle-Écosse fut entreprise sur le terrain et au laboratoire par Swartzman en 1937 et terminée en 1938. Comme les charbons à haute teneur en volatils des Maritimes étaient difficiles à stocker, on effectua des essais supplémentaires pour résoudre ce problème et pour étudier les possibilités de décrassage par combustion. Durant ces études on effectua plusieurs essais spéciaux de laboratoire et des mélanges de différents gisements. En 1939, on effectua des essais au dépôt de combustibles du CNR à Coteau, au Québec, avec des mélanges de chaux et d'alun pour étudier leurs effets sur les possibilités de stockage du charbon canadien; ces travaux firent l'objet d'un rapport de division: "Rapport des recherches de la Section de carbonisation" (RICS 134, 1939).

En 1939 on poursuivit l'étude P & C au Nouveau-Brunswick ainsi que dans quelques mines de houille grasse du nord de l'Alberta. Des échantillons de cette dernière région et de ceux de Crownsnest en Colombie-Britannique furent examinés au laboratoire. On continua cette étude P & C à l'ouest du pays de façon à couvrir toutes les mines dont la production annuelle dépassait 10 000 tonnes. On publia 153 rapports P & C soit dans la série RICS, soit dans la série des Laboratoires de recherche sur les combustibles.

En 1947, un des programmes miniers spéciaux du Bureau des Mines donna lieu à une entente avec la Yukon Coal Co., filiale de Ventures Limited, pour entreprendre l'exploitation minière du charbon comme substitut des produits pétroliers plus coûteux pour satisfaire aux besoins du Elsa Camp à Mayo, qui était à court de bois à brûler comme le reste du Yukon. On espérait aussi pouvoir ouvrir d'autres marchés de charbon au Yukon; dans cette entente, le gouvernement fédéral avançait une somme de \$300 000 que la compagnie devait rembourser à raison de \$2.00 par tonne.

A. Ignatieff, qui était entré cette année là au Bureau des Mines, fut envoyé à la mine Tantalus Butte, près de Carmacks sur la rivière Lewes, pour examiner la propriété et les méthodes minières proposées par W.J. Dick, ingénieur minier bien connu de l'Alberta (Rapport FRL 81). En 1948, Ignatieff fit une autre visite à la

propriété et récolta des échantillons de filon et des échantillons en vrac pour permettre à Swartzman d'entreprendre une recherche au laboratoire et à Baltzer d'effectuer des essais de combustion par chaudière étalée à Ottawa (Rapports FRL 108 et 110). Il participa également aux essais de combustion de la chaudière marine alimentée à la main du S.S. Casca, bateau à aubes qui faisait la navette entre Whitehorse et Dawson City. Les essais révélèrent que la réactivité du charbon, comparée à celle du bois, était trop basse pour répondre à la demande de pression de vapeur lorsque le bateau devait faire face aux rafales de vent que l'on rencontrait dans les étroites sections de la rivière Lewes. Les recherches pour la mine Tantalus Butte demeurent les seules que l'on effectua au-delà du 60^{ème} parallèle, pour des mines de charbon, de la même façon qu'on les entreprenait dans le sud du Canada. Actuellement cette mine fournit encore du charbon à la Cyprus Anvil Mining pour le chauffage et le séchage de concentré. Il faut toutefois mentionner que, durant l'existence de la Direction des Mines, on effectua de temps en temps des analyses sur des échantillons de charbon des régions arctiques et voisines.



1



2

On publia un certain nombre de rapports globaux sur les centres charbonniers dans les "Mémoires de la Direction des Mines" sous le titre: "Physical and chemical survey of coals from Canadian collieries ...". Voici la liste de ces rapports:

"Inverness County Coalfield, Nova Scotia", R.A. Strong et al., MS 74, 1939.

"Cumberland County Coalfield, Nova Scotia", par R.A. Strong et al., MS 78, 1940.

"Pictou County Coalfield, Nova Scotia", par R.A. Strong et al., MS 79, 1941.

"Minto Coalfield, New Brunswick", par E. Swartzman et al., MS 89, 1944..

"Drumheller Coalfield, Alberta", par E. Swartzman et J.H.H. Nicolls, MS 97, 1947.

Jusqu'au déclenchement de la guerre, les travaux de bureau et de laboratoire étaient effectués par Gilmore et ses assistants sur la spécification et la normalisation du charbon ainsi que sur les tests de propriétés. Pour mesurer la friabilité du charbon, le laboratoire mit au point des tests au tambour et des tests d'éclatement qui furent proposés comme normes provisoires et adoptés par l'ASTM. On effectua des études sur la rétention d'humidité, la dégradation, l'inflammabilité, la réactivité et la plasticité, et on se procura ou on construisit l'appareillage approprié. Le personnel travaillait en étroite collaboration avec le CNR à l'intérieur du Comité conjoint sur l'analyse



3

Voyage d'A. Ignatieff au Yukon, 1948: 1 - Quai et tas de charbon, mine Tantalus Butte, Rivière Lewes; 2 - Chargement de bois sur le S.S. Casca au camp Erickson; 3 - S.S. Casca et péniche de marchandises

et la classification du charbon et l'on produisit le rapport No. 814 intitulé "Spécification de norme ASTM pour la classification des charbons par rang et teneur et son application aux charbons canadiens"; le CNR publia également la "Spécification No. 18-GP-1-1940 pour les normes d'achat du gouvernement canadien", qui stipulait les différences régionales de qualité de charbon. Cette dernière spécification, qui fut rédigée principalement avec l'aide de la Division des Combustibles, fut utile aux ministères du gouvernement acheteurs du charbon.

Le laboratoire du charbon servait de centre d'analyse à plusieurs ministères fédéraux, y compris la Défense nationale, les Munitions et les Approvisionnements, la Justice, les Pensions et la santé nationale, le Transport et les Travaux publics. Les échantillons de combustible solide représentaient en moyenne environ 50% du nombre total d'échantillons analysés par la Division; en 1938, par exemple, il y eut 6851 échantillons de combustibles solides, liquides et gazeux.

La carbonisation

Jusqu'à la guerre, on effectua d'intenses travaux de recherche et de développement sur la carbonisation du charbon. Pour les évaluations on utilisait les deux fours d'une capacité de 500 livres, probablement à cause du coût d'exploitation du four à coke de 2 tonnes et parce que l'on pouvait obtenir des résultats comparables avec les appareils plus petits. Les travaux comprenaient des essais à des températures moyennes d'environ 500°C sur des charbons, que ne pouvaient utiliser les industries à haute température, pour déterminer les possibilités de production de coke domestique satisfaisant.

Les propriétés de dilatation du charbon Michel et d'autres charbons de la région de Crowsnest étaient une source de difficulté car ils pouvaient provoquer des dégâts aux parois chauffantes des fours à coke du type à fentes. Ces difficultés se produisirent à l'usine de la Winnipeg Electric Company, dont on a parlé au chapitre 4.

On put éliminer ces difficultés en effectuant des mélanges avec des charbons non dilatables. Un important programme d'essais fut entrepris aux Laboratoires des combustibles avec l'utilisation d'un four à coke chauffé par la sole "Bethlehem". Ce procédé à four d'essais fut plus tard normalisé dans l'annexe VI des normes ASTM pour le charbon et le coke, parues en octobre 1949. On entreprit un programme de coopération avec les laboratoires des États-Unis et, en 1937, une rencontre eut lieu à Johnston en Pennsylvanie. La même année, on effectua un essai sur du charbon Michel à l'usine de la Radiant Fuel Corporation de West Frankfort, Illinois, dans des fours à sole avec la participation du groupe de carbonisation de la Direction des mines. La Crow's Nest Pass Coal Company Limited décida alors d'élargir son marché domestique de coke, qui

avait jusqu'alors été alimenté à partir des fours à ruche. En 1939 on construisit, à Michel, une batterie de 10 fours Curran Knowles. Le procédé Curran Knowles s'avéra satisfaisant pour la dilatation des charbons. La température de cokéfaction était d'environ 1000°C comme dans les fours à fentes à haute température, mais le coke produit n'était pas de qualité uniforme, les couches supérieures ressemblant plutôt au produit carbonisé à basse température utilisable comme coke domestique. Le principal sous-produit était un goudron de houille à haute teneur en créosote utilisable comme agent de conservation du bois. La compagnie put cependant développer un marché pour son coke à la fonderie de plomb de Trail, en Colombie-Britannique. La Crow's Nest Pass Coal Company exprima sa reconnaissance à la Division des Combustibles, en particulier à Burrough, pour leurs conseils et leur assistance.

Les producteurs de charbon du Nouveau-Brunswick insistèrent pour qu'on entreprenne des études de cokéfaction du charbon pour le marché domestique. En 1940, on effectua un essai de carbonisation à la petite installation Curran Knowles de Owen Sound, en Ontario, qui alimentait la ville et les environs en gaz et en coke. Le contenu de deux wagons des compagnies charbonnières Minto et Avon fut concassé et nettoyé sur une table pneumatique aux Laboratoires de recherche sur les combustibles à Ottawa. On put ainsi produire un coke satisfaisant, malgré une haute teneur en soufre. (RICS No. 148 par Strong, Burrough et Swartzman). Malloch et Baltzer firent également un essai de combustion avec un chauffe-eau domestique à Ottawa à partir de coke de Owen Sound et les résultats obtenus étaient comparables à ceux de l'anhracite. Ces essais sont décrits dans l'annexe du rapport 148.

Pour plus de clarté, nous résumons ci-dessous les principaux aspects de l'industrie canadienne de carbonisation et de gaz urbain ainsi que ceux du programme de carbonisation de la Division des Combustibles durant la vingtaine d'années qui précéda la Seconde Guerre mondiale:

- (1) Le principal objectif du programme était d'accroître l'utilisation du charbon canadien cokéfié, en particulier pour les marchés de chauffage commercial et institutionnel des grands centres urbains du Québec et de l'Ontario et, dans une certaine mesure, au Manitoba qui dépendait des importations d'anhracite américain comme combustible non polluant.
- (2) Jusqu'en 1923, Halifax et Vancouver étaient les seuls services publics municipaux à utiliser du charbon canadien. Tous les autres utilisaient surtout le charbon bitumineux américain que le transport sur les Grands Lacs rendait facilement disponible à un prix raisonnable.
- (3) Le principal produit des services municipaux était le gaz, d'une valeur de chauffage de 500 Btu avec du coke comme sous-produit; le plus souvent le gaz était produit à partir de fours à

fentes ou à parois chauffantes. La carbonisation à haute température (environ 1000° C) permettait de produire plus de gaz et moins de coke et d'huiles goudronneuses que la carbonisation à basse température (environ 500° C).

- (4) La carbonisation à basse température avait l'avantage de produire un coke plus inflammable et plus réactif. Mais il y avait des désavantages; la valeur thermique du gaz était plus élevée, mais le rendement n'était que d'environ 50% et la production d'huiles goudronneuses, dont le prix à l'état brut était comparable à celui du mazout, était augmentée d'un tiers.
- (5) Haanel et Gilmore reconnurent en 1937 que la carbonisation à basse température, qui réussissait dans les méthodes européennes (comme Illingworth, Lurgi, etc.), ne s'appliquait pas aux conditions canadiennes. Ils firent cependant remarquer que les essais de laboratoire et les essais effectués à Ottawa et dans l'industrie permirent d'accroître l'utilisation des charbons canadiens dans les services de gaz (79); on estime que l'augmentation de consommation annuelle fut de l'ordre de 300 000 tonnes.
- (6) Ils exprimèrent leur point de vue avant l'installation de la première batterie de dix fours Curran Knowles à sole chauffant à Michel, en Colombie-Britannique; ces fours produisaient en effet du coke à haute température sur la sole et du coke à basse température dans les couches supérieures. De toute façon ce procédé répondait à l'un des besoins que Haanel et Gilmore considéraient comme importants dans la carbonisation à basse température: un coût de capital inférieur à celui des fours conventionnels à fentes. De plus, le four convenait aux charbons dilatables de la région.
- (7) Quant à la carbonisation classique à haute température pour le charbon métallurgique, les grandes aciéries d'Ontario à Hamilton et à Sault Ste. Marie utilisaient du charbon bitumineux américain, dont une partie provenait de leurs propres mines pour des raisons de coût et de qualité. Il y eut deux exceptions: la Dominion Iron and Steel Co. qui utilisait son propre charbon pour fabriquer du coke pour ses hauts fourneaux, et la Crow's Nest Pass Coal Co. Ltd. qui produisait du coke pour l'affinage des minerais non ferreux ainsi que pour d'autres industries. Il faut se rappeler que, jusqu'à la fin de la période dont nous parlons ici, on importait aussi le minerai de fer.
- (8) Après la Seconde Guerre mondiale, le développement rapide de l'industrie canadienne du pétrole et du gaz naturel mit virtuellement fin à la distinction qui régnait entre d'une part l'industrie du coke domestique et du gaz urbain, et d'autre part l'industrie métallurgique.

Lors du déclenchement de la Seconde Guerre mondiale on dut restreindre plusieurs projets de temps

de paix. Le personnel dut être affecté à des fonctions de temps de guerre, le plus souvent à titre de consultants à cause de la pénurie d'expertise en combustibles.

Une étude, dirigée surtout par Burrough, fut entreprise sur le carbone activé utilisé dans les masques à gaz. On construisit un grand appareil d'activation en laboratoire avec lequel on fit des essais sur différents matériaux bruts qui comprenaient des coquilles de noix de coco, des noyaux de pêches et des charbons choisis; les meilleurs résultats furent obtenus en carbonisant des coquilles de noix de coco dans des fours à distillation du bois franc.

D'autres études de temps de guerre portaient sur des recherches et des conseils en relation avec la cokéfaction métallurgique et les charbons d'usine à gaz. On étudia la réactivité du coke de four à ruche et celle du coke sous-produit; l'influence des intempéries, du gel et du dégel sur le stockage du charbon fit également l'objet d'études. À la demande du Ministère de la Défense nationale, on élaborait des recommandations pour une bonne manutention du charbon.

Enrichissement

Le charbon de haute qualité, produit dans les mines de charbon à vapeur de l'ouest du Canada pour le marché ferroviaire, subissait une dégradation à cause de l'accroissement de la mécanisation minière; pour cette raison on s'intéressa de nouveau à la fabrication des briquettes pendant la guerre. Les dirigeants d'usine charbonnière installèrent des usines de briquetage; une de ces usines utilisait un procédé à haute pression sans liant. À cause du manque de personnel dans la Division des combustibles, les recherches sur ces granulats de charbon durent être reportées jusqu'à la fin de la guerre, période à laquelle ce problème devint plus urgent. On fit toutefois une recherche sur le briquetage sans liant de la lignite d'Onakawana, en Ontario, avec des résultats encourageants. On mit au point, pour le Ministère de la Défense nationale, une méthode satisfaisante de préparation de blocs de granulats de charbon avec un liant de ciment.

Pendant la guerre, pour répondre à la demande d'autres divisions de la Direction ou du Contrôle des métaux, on effectua des essais de briquetage au laboratoire sur des minéraux non ferreux, comme le sulfate de sodium, des mélanges de minerais de chromite, des concentrés de fluorine et des mélanges de dolomite et de ferrosilicium.

Pour répondre à plusieurs demandes, on entreprit un important programme d'enrichissement des produits de dégradation du charbon de basse qualité et du coke en préparant des briquettes de type carbonisé ou sans fumée. On installa à Ottawa une presse à cylindres à deux cavités Komarek-Greaves d'une capacité horaire d'environ 1½ tonnes avec des appareillages de mélange

et de préparation de liant; il y eut une grande demande pour cet équipement pendant environ dix ans. En 1946 on fit une étude approfondie des caractéristiques de briquetage du charbon de basse qualité facilement dégradable de Pond Inlet, sur l'île de Baffin, en réponse à une demande de l'administration des Territoires du Nord-Ouest. Le but de cette recherche était de déterminer si l'on pouvait fabriquer des briquettes satisfaisantes pour la manutention et le stockage, comme substitut de l'antracite américain qui était distribué dans les Territoires à un prix très élevé. Swartzman prépara deux rapports: rapports FRL No. 38 et 64. C'est Swartzman qui effectua tout le travail de briquetage; il avait aussi la responsabilité de la préparation, du concassage, du classement et du nettoyage dans la Division. En 1945 et 1946 il fit des recherches sur un procédé en milieu dense, en particulier avec le cyclone de la Driessen Dutch State Mines pour améliorer les méthodes de nettoyage du charbon fin.

C'est en 1943 qu'on entreprit les premières études pétrographiques, d'une façon rudimentaire, comme moyen d'identification des constituants du charbon pour aider la séparation et prédire l'utilisation du charbon. Ces études furent d'abord appliquées aux charbons de Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick.

En 1951 le Dr. Jan Visman de la Dutch State Mines, après une rencontre avec Gilmore à la Conférence internationale du charbon à Paris en 1950, décida d'émigrer au Canada. On s'intéressa à de nouvelles méthodes de nettoyage car le développement de la mécanisation dans les mines de charbon de haute qualité de l'Ouest produisait trop de granulats et de cendres dans le tout-venant. Après un bref séjour à Ottawa, Visman fut envoyé à Calgary pour ouvrir un bureau et un laboratoire adéquat.

Combustion

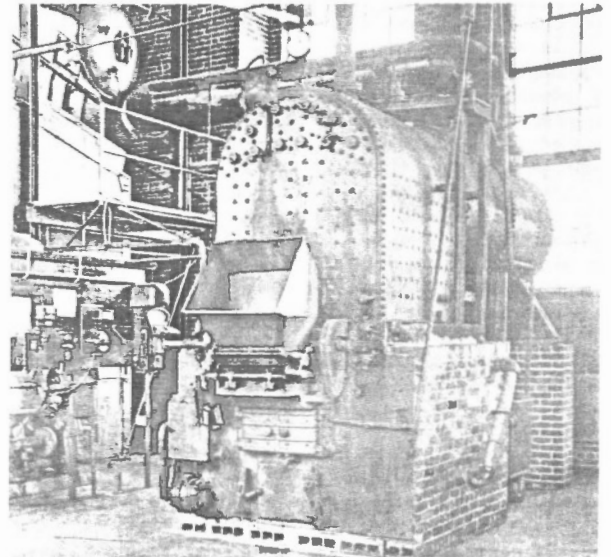
Durant la période précédant la Seconde Guerre mondiale, le programme de combustion fonctionnait de pair avec le programme de carbonisation dans le but de promouvoir la consommation de combustibles solides canadiens, en particulier dans les secteurs domestique, institutionnel et commercial. En 1938 on publia un rapport sur une deuxième série d'essais de 45 charbons, bruts et en briquettes, effectués entre 1935 et 1938 dans le même four que celui qui avait été utilisé dans la première série. On les compara avec l'antracite américain qui était de meilleure qualité que celui utilisé dans la série précédente (Rap MB 802; Baltzer et Malloch; 1940).

On utilisait de plus en plus des chaudières à circulation forcée pour le chauffage des édifices institutionnels et commerciales et des grandes maisons. C'est en 1931 qu'on effectua le premier essai dans la chaudière de la Division des Combustibles avec une variété de combustibles solides de basse qualité: lignite d'Onakawana, tourbe, poussier bitumineux,

galettes d'antracite du Pays de Galles et petits morceaux de coke. On compara ces essais avec le charbon ordinaire utilisé lors d'essais de combustible broyé avec et sans préchauffage de l'air dans une chaudière à grilles en pyramide, du type locomotive, installée temporairement. Le combustible était introduit à la main ou avec un chargeur-étendeur Reco. Il s'agissait de combustibles difficiles et les conditions d'essais n'étaient pas les meilleures, mais les résultats de combustion furent encourageants. "Essais de chaudière avec charbons et autres combustibles solides: Partie II. Résultats de 28 essais de chaudière alimentée à la main et au chargeur, effectués avec divers combustibles sur une grille brevetée". E.S. Malloch et C.E. Baltzer MB Rep 725-3, 1933).

En 1935 et 1936 la chaudière de chauffe-eau domestique fut équipée d'une soufflante et l'on effectua des essais sur divers charbons canadiens, de la tourbe, du coke, et de l'antracite de qualités fine et grossière du Pays de Galles. Dans une deuxième série, on compara les charbons de Nouvelle-Écosse avec une fournaise à alimentation inférieure. Dans une troisième série, on revint à l'alimentation manuelle du charbon et du coke.

En 1937 et 1938, avec la coopération des Laboratoires des produits forestiers, on évalua les rendements relatifs de poêles à bois et à déchets de bois de fabrication européenne et canadienne. On relia un appareil de combustion de sciure de bois à une



Chaudière expérimentale de type locomotive pour essais de tourbe, de lignite de basse qualité et de poussière de charbon

chaudière domestique pour effectuer des essais.

Plusieurs essais de chaudière pour chauffe-eau domestique furent effectués pour le CNR de 1938 à 1940. L'expérience accumulée pendant plus de dix ans dans l'évaluation de combustibles différents, solides pour la plupart, dans le secteur du chauffage domestique, fut reconnue par le CNR qui faisait lui-même des essais de chaudières domestiques à l'huile dans son Laboratoire d'étude des risques d'incendie. En 1939, le CNR invita Malloch et Baltzer à se joindre au Comité associé du Code national et au Comité canadien des normes d'ingénierie. En 1942, on demanda au groupe de combustion de participer au Comité associé des combustibles de remplacement pour les moteurs mobiles à combustion interne, dont dépendait un sous-comité sur le gaz de gazogène.

Au déclenchement de la guerre, on orienta les essais vers des remplacements canadiens pour l'antracite des Etats-Unis et du Pays de Galles, produisant le moins de fumée possible, comme un mélange de charbons canadiens hautement volatils et non agglutinants avec du semi-antracite canadien non écrasant sous forme de galettes. On effectua également des travaux sur l'utilisation de différents combustibles solides dans les poêles dont on se servait dans les baraquements militaires et autres établissements du Ministère de la Défense nationale. On entreprit deux séries d'essais en 1941 avec des mélanges de lignite d'Onakawana et de charbon bitumineux pour les locomotives du Temiskaming and Northern Ontario Railway. En 1942 on breveta et mit à la disposition du public un traitement chimique des charbons pour soufflerie, qui produisaient un ersier de cendre facile à enlever.

On avait commencé à enregistrer des données sur la température quotidienne, information utile pour l'estimation des charges de chauffage, à Ottawa avant la guerre; on étendit cette pratique à 45 villes représentatives supplémentaires pendant la guerre. Toutes ces données furent mises à la disposition du Bureau de contrôle du charbon. On arrêta ce service en 1947 lorsque le Ministère des Services de météorologie et de Transport commença la publication de ces données dans ses services météorologiques.

En 1942, il y avait cinq fonctionnaires de la Division des Combustibles affectés à temps partiel aux agences de guerre, un ingénieur supérieur à plein temps affecté au Contrôle du charbon au Ministère des Munitions et des Approvisionnements, ainsi qu'un autre fonctionnaire au Contrôle du pétrole; deux autres fonctionnaires travaillaient sur des programmes de minéraux stratégiques au niveau de la Direction. Avec tout ce personnel-clé détaché à des fonctions consultatives pour l'effort de guerre, les activités de terrain et de laboratoire subirent de sérieuses conséquences. Les employés devaient entreprendre des travaux en dehors de leurs spécialités; c'est ainsi que Swartzman, en plus de son travail régulier sur la préparation du charbon,

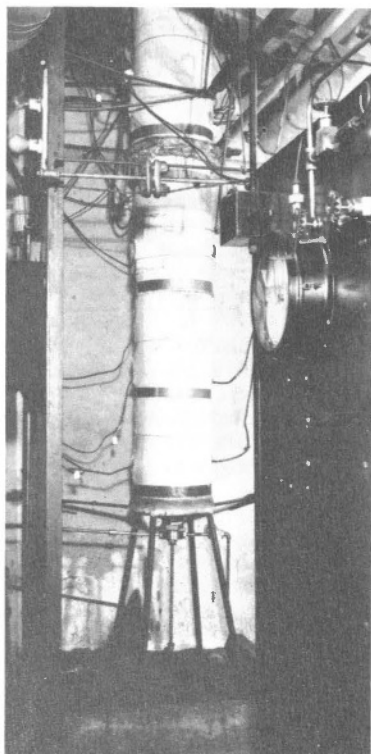
entreprit des études sur la combustion.

Après la guerre, l'industrie charbonnière canadienne tenait beaucoup à élargir l'utilisation des chaudières dans les petites maisons. En 1947 on signa une entente coopérative entre le nouvel organisme "Stoker Institute of Canada" et la Bituminous Coal Research (BCR) de Pittsburgh. On étudia les caractéristiques de 50 chaudières à Montréal, à Toronto, à Hamilton et à Windsor. On fit des recherches sur l'appareil de chauffage sans fumée BCR-2C, qui utilisait du charbon bitumineux, et le groupe effectua plusieurs essais.

En 1946 le Locomotive Development Committee du BCR décida de mettre au point une turbine à gaz chauffée au charbon. Le trait saillant de ce système résidait dans le fait que les ailettes de turbine n'étaient pas exposées à l'action érosive des cendres et des particules solides entraînées dans les gaz de combustion, comme c'était le cas avec les turbines à cycle direct. Cette innovation, connue sous le nom de cycle à chauffage par échappement, réduisait d'un tiers la consommation de charbon par rapport au chauffage au charbon habituel, n'exigeait pas d'eau et fournissait plus d'énergie par temps froid.

Au début, plusieurs organisations et laboratoires américains participèrent à ce programme: Battelle institute, Institute of Gas Technology, American Locomotive Company et Northrop Hendy. C'est probablement à cause du manque de soutien de la part des chemins de fer américains, dû à l'avancement relatif de leur programme de locomotive diesel, que ce programme fut repris au Canada où les chemins de fer, en particulier le CPR, appuyaient ce concept sans contribuer toutefois à ses coûts de développement.

La première fonction de la Division des Combustibles était de mettre au point une combustion de combustible pulvérisé sous pression. Warren eut la charge de ce projet et, en 1947, on fabriqua un appareil de combustion expérimental. Cette recherche impliquait également des études sur la fluidisation, la carbonisation et l'oxydation du charbon. Le Dr. D.S. Montgomery, qui entra à la Division en 1948, entreprit son premier projet de recherche sur l'effet de la pression sur le taux de combustion. On fit ensuite des recherches sur l'effet de l'énergie ultrasonique sur le taux de combustion; ces travaux montrèrent que le taux dépendait de la diffusion et qu'il pouvait être augmenté par turbulence en utilisant de plus petits volumes de combustion. On provoquait la turbulence avec un générateur ultrasonique à haute intensité qui nuisait à l'ouffe. Quelques années plus tard on prouva l'effet déterminant de la turbulence au laboratoire de combustion de la Direction des Mines en utilisant un tourbillon. On construisit un appareil de combustion à tourbillon, fonctionnant à pression atmosphérique, et on en fit l'essai avec du charbon provenant du gisement Pittsburgh No. 8, que les laboratoires coopérant avaient



Chambre de réaction de dix litres dans une usine pilote d'hydrogénation, 1938 (Photo K.W. Bowles)

choisi pour le projet. On fit ensuite une série d'essais de 20 charbons canadiens avec l'appareil de combustion conçu pour ce projet et utilisé à l'Université McGill. En plus de Warren et Montgomery, d'autres personnes participèrent à la première étape de ce programme; ils s'agissait de H.P. Hudson, J.C. Mulligan et D.J. Robertson. En 1950 on décida de passer une autre entente avec McGill pour la construction et l'opération d'une usine-pilote; l'usine devait utiliser un moteur à turbine de 500 cv au Laboratoire de dynamique des gaz de Ste-Anne de Bellevue; ce projet était sous la direction du doyen D.L. Mordell.

Hydrogénation

Entre 1933 et 1940, Warren, avec l'aide de Bowles, mit à exécution un large programme d'hydrogénation pour des charbons canadiens dans un processus continu en utilisant un réacteur de 10 litres fonctionnant à une pression d'environ 3000 psi. Le réacteur était monté sur trois pattes pour permettre d'agiter le liquide de réaction avec des bulles d'hydrogène. Des composés inorganiques, surtout des oxydes stanneux, servaient de catalyseurs. On se servit de cette instal-

lation pendant la guerre et après la guerre pour les premiers essais avec du bitume d'Alberta. On publia un rapport de recherche en 1940 (80). Il est intéressant de rapporter les estimations de rendement en essence obtenue par le traitement de différents matériaux: des charbons canadiens de différentes qualités, de la tourbe, des sables bitumineux, un charbon américain et un charbon du Yorkshire qui était utilisé à l'usine Bergius, exploitée à cette époque par la Imperial Chemical Industries (ICI) à Billingham, Angleterre.

Estimations du rendement en essence obtenu à partir de divers charbons et autres matériaux bruts, 1940 (en gallons impériaux par tonne courte)

Matériau hydrogéné	Classement des charbons et autres matériaux	Gal
Bitume de McMurray, Alberta	Bitume	194
Sydney, Nouvelle-Écosse (Mine Princess)	Matériau bitumineux à haute teneur en volatils des A	143
Pittsburgh, Pa (Bruceton)	Matériau bitumineux à haute teneur en volatils des A	129
Durham County, Angleterre	Matériau bitumineux à haute teneur en volatils des A	121
Nicola Valley, C.-B. (Middlesborough)	Matériau bitumineux à haute teneur en volatils des B	121
Ile de Vancouver, C.-B. (Comox)	Matériau bitumineux à haute teneur en volatils des A	112
Crowsnest, C.-B. (Michel)	Matériau bitumineux à teneur moyenne en volatils des	111
Inverness, N.-É. (Inverness)	Matériau bitumineux à haute teneur en volatils des C	102
Drumheller, Alta. (Mine Rosedale)	Subbitumineux B	93
Saunders, Alta. (Mine Alexo)	Matériau bitumineux à haute teneur en volatils C	89
Edmonton, Alta. (Mine Black Diamond)	Subbitumineux C	78
Bienfait, Sask.	Lignite	68
Onakawana, Ont.	Lignite	50
Tourbe (Alfred, Ont.)	Tourbe, humidité 30%	59

Comme Warren devait consacrer beaucoup de temps comme conseiller durant la guerre, on dut mettre fin à la recherche sur la conversion du charbon en combustible liquide; les installations d'hydrogénation à haute pression furent toutefois utilisées pour la déshydratation du charbon Onakawana avec de la vapeur à haute pression. Il n'est pas surprenant que, lorsqu'on reprit en 1943 le programme d'hydrogénation, ce fut pour traiter des sables bitumineux. Pour terminer sur l'hydrogénation du charbon, il vaut la peine de mentionner que Camsell et B.F. Haanel, dans les années 20, avaient tous deux mentionné dans leurs rapports respectifs les recherches allemandes sur la synthèse des combustibles liquides. C'est ainsi que Warren put compter sur l'appui du sous-ministre pour des recherches longues et coûteuses en matériel.

Exploitation minière

La première enquête assez complète sur les méthodes d'exploitation minière entreprise par des membres du personnel depuis l'époque de J.G.S. Hudson fut menée par Ignatieff en 1948 et poursuivie par Brown et Casey en 1950. Le but de cette enquête était de déterminer l'influence de la mécanisation sur la qualité du charbon produit. Après avoir visité plusieurs mines de charbon au Canada et aux États-Unis, où on s'intéressa plus particulièrement aux charbonnages qui se rapprochaient des conditions canadiennes, on en vint aux conclusions que les conditions géologiques et minières étaient plus difficiles au Canada, en particulier dans les régions montagneuses de l'ouest. Ceci limitait les possibilités de mécanisation, car la plupart des machines américaines étaient conçues pour des couches plus plates et plus minces. De plus, la plupart des gisements montagneux étaient sujets à des explosions de gaz et de charbon, qui firent l'objet d'études ultérieures. Une autre conclusion de l'enquête révéla que la productivité était comparable lorsque les conditions se rapprochaient de celles des États-Unis (81). On alla voir les centres d'inspection et de recherche minière du Bureau of Mines des États-Unis de même que la mine Gorgas en Alabama, qui était alors le site expérimental américain de gazéification souterraine du charbon. "Underground gasification of coal - Review of progress" par A. Ignatieff (CIM Bull; pp 599-605, Nov. 1949). A cette époque le Canada s'intéressait à la gazéification in situ. On choisit provisoirement le centre charbonnier Joggins, gisement en couches minces à haute teneur de cendres en Nouvelle-Écosse, pour entreprendre des expériences de gazéification. Swartzman rédigea un rapport à ce sujet (Rapport FRL 19, juillet 1945). On reconnut cependant qu'un essai concluant exigerait une mise de fonds importante dont on ne pouvait disposer.

Les ministres provinciaux des mines commencèrent leurs rencontres annuelles en 1945 et, lors d'une des premières rencontres, le comité du charbon de cette conférence constata qu'il fallait s'intéresser à la certification de l'équipement électrique minier anti-explosif de fabrication canadienne. Dans un de ses rapports Ignatieff recommanda l'établissement d'un laboratoire de certification (Rapport FRL 134, 1950).

On peut dire que la Section de l'Extraction commença ses activités en 1950 lorsque la première équipe de terrain entreprit des études sur les relâchements soudains de contraintes qui se manifestaient dans les mines de charbon de la région de Crowsnest. F.L. Casey se joignit à Ignatieff en 1948 par transfert de poste à l'intérieur de la Division et A. Brown entra en 1949. T.S. Cochrane fut promu en 1951 et s'installa à Blairmore, en Alberta; la même année H. Zorychta se joignit au groupe en tant qu'ingénieur en résidence à Fernie, C.-B.

En 1944 on mit sur pied une commission royale

d'enquête sur l'industrie charbonnière canadienne, sous la présidence du juge N.F. Carroll, pour évaluer les difficultés techniques et les problèmes de mise en marché auxquels l'industrie faisait face. Le personnel du Bureau des Mines et la Commission géologique fut consulté pour des informations spécialisées.

Le Dr B.R. MacKay de la Commission géologique révisa les estimations de ressources charbonnières canadiennes à un dixième des chiffres de 1913 d'environ un billion de tonnes. Le personnel technique de la Division des Combustibles prépara un grand nombre de dossiers pour la commission et dut se présenter à de nombreuses séances. Le principal résultat de la commission fut la création du Conseil canadien du charbon par la loi de 1947; il s'agissait d'une agence distincte du Ministère des Mines et des Ressources et qui relevait alors du Ministre des Ressources et du Développement; plus tard cette agence releva du Ministre du Commerce et, en 1951, du Ministre des Mines et Relevés techniques. Son premier président fut W.E. Uren, suivi de G.L. McNaught puis de C.L. O'Brian qui prit sa retraite en 1968. Le conseil fut composé de membres du Ministère pendant environ une année avant sa dissolution en 1970. Le Dominion Coal Board (conseil du charbon) considérait la Division des Combustibles comme son principal conseiller technique et les relations furent cordiales, surtout à cause de la présence continue de C.L. O'Brian, qui avait 12 ans de service au Dominion Fuel Board (conseil canadien des combustibles) de 1935 à 1947 et 21 ans de service avec le Dominion Coal Board de 1947 à 1968. Il faut rappeler qu'O'Brian avait déjà travaillé à la Direction des Mines de 1926 à 1935.

Tourbe

Après les efforts infructueux des années 20 à la tourbière d'Alfred pour montrer qu'il était possible d'utiliser la tourbe comme combustible et source d'énergie, la Division des Combustibles effectua quelques essais pour comparer la tourbe à d'autres combustibles solides; ces essais ont déjà été mentionnés dans les programmes d'hydrogénation et de combustion.

Lorsque von Anrep, de la Commission géologique, eut terminé ses études sur la tourbe en 1932, ce fut Leverin, de la Division des Ressources minérales, qui eut la responsabilité de maintenir un intérêt pour cette ressource. Après sa retraite en 1945, ce secteur revint à la Division des Combustibles alors que Swinnerton était le fonctionnaire responsable des études et des essais de laboratoire. Ce travail fut repris par T.E. Tibbetts lorsque Swinnerton prit sa retraite en 1958.

Leverin constata qu'entre 1932 et 1936 la production annuelle moyenne de tourbe était de 1788 tonnes; cette tourbe provenait de deux tourbières, l'une à St-Anselme au Québec, l'autre à Morewood en Ontario. La tourbe était alors utilisée comme combustible et comme base d'engrais.

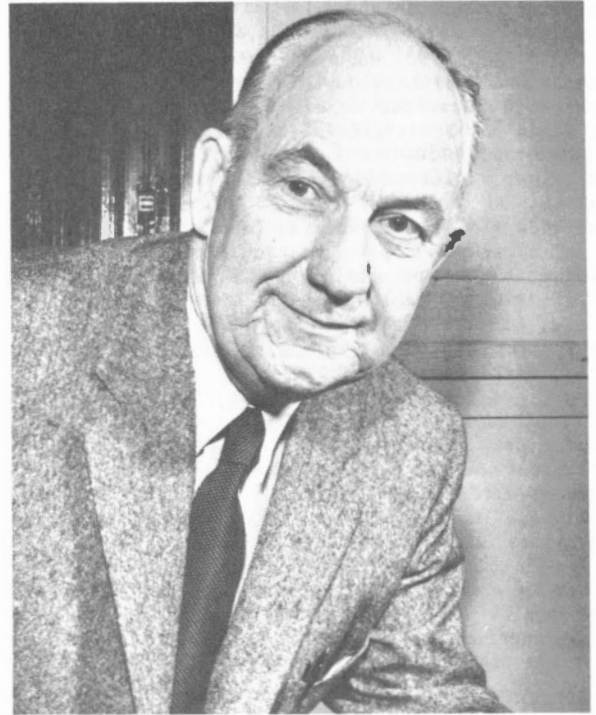
D'autre part la production de mousse de sphaigne était en train de devenir une véritable industrie. En 1937 on comptait dix tourbières dans tout le Canada, à l'exception des Maritimes. On ne disposait pas de chiffres exacts sur la production, mais on sait qu'entre 1932 et 1936 on exportait aux Etats-Unis une moyenne annuelle de 1513 tonnes. On se servait de la mousse de sphaigne comme litière, humus, conditionneur de sol, isolant et emballage. A la déclaration de guerre la demande des Etats-Unis prit plus d'importance à cause de l'interruption des importations d'Europe. En 1940, à la demande des Ministères des Mines du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse, Leverin entreprit plusieurs études de tourbières. La même année il fit une recherche spéciale sur les dépôts de mousse de sphaigne du comté de Témiscouata, au Québec, pour le Ministère de la Défense nationale dans le but d'utiliser la mousse de sphaigne dans la fabrication des munitions. Avant sa retraite Leverin rédigea un rapport final (82) après une série de rapports régionaux publiés dans les Mémoires de la Direction des Mines entre 1940 et 1943.

Swinerton relate qu'en 1944 la production canadienne de mousse de sphaigne avait atteint 63 149 tonnes, pour une valeur de \$1 554 606, en provenance de 32 usines. Swinerton publia un rapport dans les Mémoires de la Direction des Mines intitulé: "L'industrie de la tourbe de mousse au Canada" (Rapport No. 90, Angl ou Fr, 1946; et Rapport No. 107, Angl seul., 1950). Il mit ces rapports à jour dans la nouvelle série de publications de la Direction des Mines: Information Circulars (83).

Sables bitumineux

En se basant sur des recherches antérieures d'hydrogénation effectuées aux Laboratoires de recherche sur les combustibles, Warren prépara deux rapports en 1941: "Yield of gasoline by hydrogenation of various Canadian raw materials" et "Cost of a hydrogenation plant for production of aviation base stock from Alberta bitumen"; ces deux rapports étaient destinés au Comité du CNR sur les combustibles de remplacement et au Contrôle du pétrole. Il s'ensuivit une discussion et en 1942 on inaugura un programme de recherche et de développement pour la séparation et le raffinage du bitume, programme que poursuit encore le groupe des combustibles.

A cause de l'importance historique et nationale de ce programme, il faut rappeler qu'il s'écoula trois ans entre la fin des expériences sur l'hydrogénation du charbon et la décision de concentrer les efforts sur un vaste programme d'hydrogénation du bitume. Ainsi, dans le rapport annuel du Ministère pour l'exercice se terminant le 31 mars 1940, on écrit: "Les travaux sur l'hydrogénation du charbon ont été interrompus pour entreprendre des recherches de plus grande importance en temps de guerre" (p.53); dans le rapport du Minis-



A.A. Swinerton (photo Newton)

tère pour l'exercice se terminant le 31 mars 1943, on dit: "D'autres travaux expérimentaux ont été entrepris sur le traitement à haute pression du bitume albertain par hydrogénation en phase liquide et en phase vapeur comme source d'essence d'avion et d'autres produits pétroliers" (p.56).

La recherche au laboratoire consistait à traiter le bitume en phase liquide et en phase vapeur dans l'usine pilote à réacteur de 10 litres mentionnée précédemment dans la section sur le charbon; ce réacteur produisait de l'huile lourde, dont la teneur en soufre avait été réduite de 5% à 2% dans la première étape, et un produit gazeux dans la deuxième étape dont la teneur en soufre était inférieure à 0.02%. Warren estima que ces résultats étaient encourageants et il apporta des améliorations à l'appareillage en phase liquide qui donnait un haut rendement de produit pétrolier récupérable. On testa plusieurs catalyseurs en phase liquide. On mit au point de l'appareillage de distillation pour séparer le produit en phase liquide en une fraction recirculée et des matières à hydrogéner en phase vapeur. On fit des essais pour déterminer la température optimale et la durabilité des catalyseurs en phase vapeur. On améliora l'équipement de distillation pour obtenir un fractionnement précis de l'essence et du

gas-oil: "Hydrogenation of Alberta bitumen, Part I. Preliminary report on production of low-sulphur gasoline" par T.E. Warren et K.W. Bowles (Div. des combustibles, Rap. 1943) et "Hydrogenation of Alberta bitumen, liquid- and vapour-phase experiments" par K.W. Bowles et T.E. Warren (FRL Rep 96, 1948).

Pendant cette période d'essais au laboratoire, W.J. Dyck mit au point une méthode rapide, applicable au laboratoire et sur le terrain, pour la détermination de la teneur en bitume dans les sables (Mémoires de la Direction des Mines, 87, 1944). On entreprit aussi une étude pour estimer l'importante composante, difficilement récupérable, d'asphaltène dans le bitume. On effectua une dernière analyse du bitume pour préparer un schéma de traitement de conversion du bitume en essence, opération qui était alors le principal objectif. On fit plusieurs expériences et calculs pour la récupération thermique in situ du pétrole à partir du bitume.

Les premières expériences furent effectuées à la Division des combustibles du Bureau des Mines en 1943 en coopération avec la Dorr Company pour extraire, par sédimentation, les matières minérales du bitume séparé. Il faut mentionner que le Laboratoire de préparation des minerais entreprit, en 1945, une recherche de laboratoire, dans laquelle il semble que la méthode "à l'eau froide" ait été utilisée pour la première fois. (Recherche No. 1917, Div. des minéraux métalliques, H.L. Beer, 1945).

Toutes ces activités de recherche eurent lieu entre 1942 et 1945. Entre-temps des discussions se poursuivaient avec le CNR et le Bureau of Mines des Etats-Unis ainsi qu'avec le Ministère des Travaux publics à propos de l'établissement d'une usine pilote dans un bâtiment séparé. La décision de donner suite à ce projet fut retardée jusqu'en 1945, lorsque Warren passa deux mois et demi en Allemagne, avec l'appui du Ministère de la Reconstruction et des Approvisionnements pour inspecter quatre installations Bergius (conversion en deux étapes du charbon par hydrogénation en phase liquide) et six installations Fisher-Tropsch (production de combustibles liquides à partir des gaz de synthèse obtenus par la gazéification complète du charbon). Warren obtint des informations utiles enregistrées sur microfilm. A la lumière des informations que Warren avait obtenues en Allemagne, on révisa les spécifications et la liste de pièces de l'usine projetée à Ottawa. L'usine pilote d'hydrogénation Bergius, mentionnée ci-dessus, devait être située dans un bâtiment séparé à l'endroit où se trouve actuellement la Commission géologique; toutefois ce plan ne fut pas réalisé et un équipement réduit fut installé dans la partie nord-ouest de l'édifice des combustibles au 562 rue Booth.

En 1946 on discuta avec les représentants du Bureau des combustibles liquides synthétiques (Office of Synthetic Liquid Fuels) des Etats-Unis, qui lançait

un grand projet de développement d'hydrogénation du charbon. Par une entente tacite avec ce bureau et le Bureau of Mines des Etats-Unis, le Canada concentrait ses efforts dans la poursuite des travaux sur les sables bitumineux tandis que les Etats-Unis dirigeaient leurs efforts sur le charbon. Pour permettre l'utilisation de catalyseurs actifs en contact avec des substances néfastes aux catalyseurs (soufre, oxygène et azote des matériaux bitumineux), on décida de transformer l'usine d'hydrogénation pour pouvoir utiliser une haute pression. On commença les plans d'un équipement capable de fonctionner sous une pression de 20 000 livres par pouce carré; on accorda plus tard des contrats pour la construction de réservoirs chromés à haute pression. En 1946 on fit une étude sur le terrain dans l'ouest du Canada pour étudier la possibilité d'utiliser le gaz naturel comme matière première pour la production d'essence synthétique et d'autres produits par un procédé Fisher-Tropsch modifié.

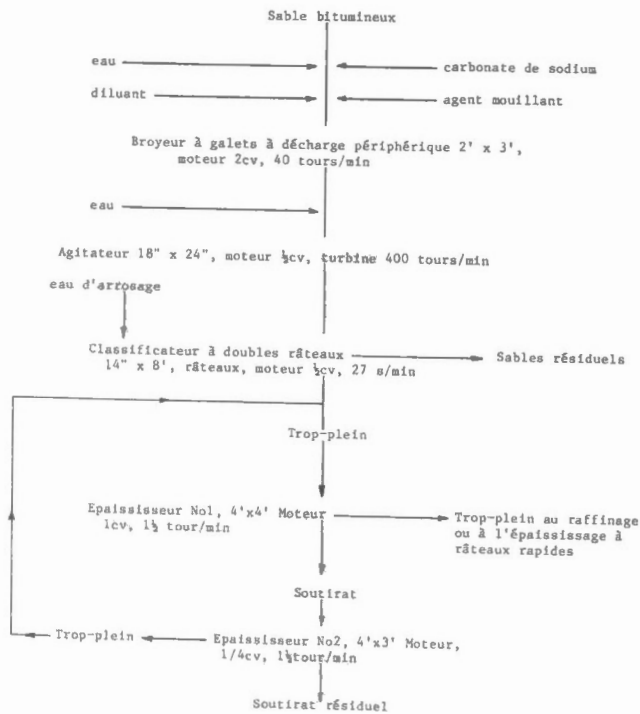
On entreprit une recherche pour étudier sur une plus grande échelle la possibilité de séparer le bitume des sables à température ambiante. Cette séparation s'effectuait avec du kérosène, utilisé comme diluant récupérable, en quantité égale à celle de la teneur en bitume, soit environ 15 % en poids. Ces essais permirent de tirer plusieurs conclusions générales: une récupération complète et uniforme pouvait être obtenue; une teneur en argile ne dépassant pas 10 %, n'entravait pas la séparation; des échantillons de sables bitumineux de sites différents avaient à peu près la même composition du point de vue du raffinage. En 1948 on installa une usine pilote, équipée d'un broyeur à boulets, d'un agitateur centrifuge et d'un séparateur par inclinaison pour séparer le bitume de l'eau à 70°F. On avait comme but de combiner cette recherche avec le traitement ultérieur de raffinage du bitume séparé pour produire un "pétrole brut synthétique" pouvant être transporté par canalisation de McMurray à Edmonton. L'étape de séparation fut effectuée dans un baraquement, situé à l'endroit de l'actuelle Division des Services techniques, en coopération avec la Division du Traitement des Minerais et de la Métallurgie. L.E. Djingheuzian, qui venait de se joindre au Bureau des Mines, travailla avec Warren, Montgomery, F.L. Booth (1945-), R.E. Carson (1945-) et W.H. Merrill (1947-) dans le groupe d'hydrogénation. On put ainsi produire 90 barils de bitume de bonne qualité. Ce matériau fut déshydraté et cokéfié; Burrough participa à ce travail. ("A study of cold-water separation of bitumen from Alberta bituminous sand on a pilot-plant scale", par L.E. Djingheuzian et T.E. Warren, Can Journal of Technology, vol 29, pp 170-189, Avril 1951). Pour approfondir la connaissance scientifique du processus de séparation, Montgomery entreprit une étude des propriétés superficielles des constituants des sables bitumineux ainsi que des éléments tensioactifs.

Pour faire suite aux travaux de séparation on entreprit en 1950-51 des expériences de désulfuration à

pression relativement basse sur les produits de distillation du coke, dont il a déjà été fait mention lors de la description de la petite usine-pilote conçue et construite par Warren et son groupe d'hydrogénation. On continua, sous la direction de Montgomery, les travaux de recherche et de développement (voir chapitre 6).

Pendant la guerre, la Direction des Mines et de la Géologie, avec la participation de la Division des Combustibles, géra deux importants projets sur les sables bitumineux.

En 1942 le Ministère conclut une entente, d'abord avec Cominco sur une base non lucrative, puis plus tard avec Boyles Brothers, pour entreprendre un programme exploratoire de forage des régions de sables bitumineux au nord de Fort McMurray à proximité de l'usine Abasand Oils Limited, propriété de Max Ball. Le but de ce projet de "démonstration" était probablement de produire, si l'on découvrait une qualité de bitume économiquement satisfaisante, une quantité de sable suffisante pour entreprendre un essai à grande échelle de séparation et de raffinage à l'usine Abasand.



Organigramme final de la séparation à l'eau froide des sables bitumineux de l'Alberta (Can. Journal of Technology)

Les régions examinées furent: Wheeler Island, Steep Bank River, Horse River Reserve, Muskeg River, Mildred Lake et Ruth Lake. En quatre ans on effectua près de 250 forages, totalisant près de 50 000 pieds. Les meilleurs résultats furent obtenus dans la région des lacs Mildred-Ruth-Eight. H.A. Graves, qui entra au Bureau des Mines en 1947, surveilla le forage pendant un certain temps. Le titrage des quelque 3700 échantillons fut effectué à la Division des Combustibles, en majeure partie par Chantler et Seely, sous la direction de Swinnerton. Le coût approximatif de forage s'éleva à \$700 000. Au début de 1947 l'épuisement des fonds provoqua l'arrêt de ce projet. Un rapport complet, avec des dossiers de forage et d'échantillonnage et des graphiques, fut publié en 1949 (84). En 1964 Bowles et Drapper publièrent un addendum (MB Rep TB 62, 1964).

Le second projet était relié à l'entente de 1943 par laquelle le gouvernement prenait en charge l'usine Abasand comme usine pilote pour l'essai de méthodes d'extraction du bitume à partir des sables et pour "la production de produits comme l'asphalte, le goudron routier et le combustible diesel, ainsi que pour l'obtention de données de coût d'exploitation". Il fallait transformer l'usine et on engagea la General Engineering Company pour effectuer ce travail. On prévoyait un débit quotidien de 600 tonnes et on alloua une somme totale de \$850 000 pour les dépenses.



Forage dans les sables bitumineux de la région de Steepbank, Alberta

Schistes bitumineux



Affleurement de sables bitumineux

A la suggestion du gouvernement du Nouveau-Brunswick on entreprit un programme de forage exploratoire en 1942 dans les comtés Albert et Westmoreland du Nouveau-Brunswick. L'entente entre les gouvernements provincial et fédéral stipulait que le projet serait financé à 75 % par une contribution fédérale et à 25 % par une contribution provinciale pour un montant total de \$50 000.

Ce projet fut géré par la Direction des Mines et de la Géologie avec l'aide de la Division des Combustibles, en particulier celle de Swinnerton.

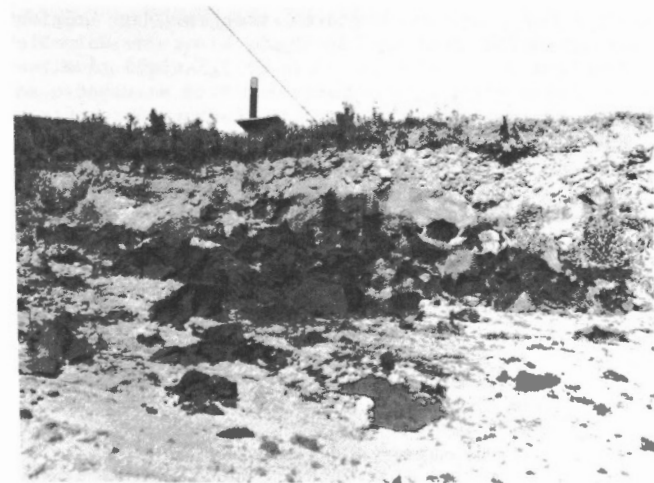
On effectua quarante-trois forages dans la région de Rosevale et de Taylor Village du comté de Westmoreland. Ces forages indiquèrent qu'il existait un gisement de schistes bitumineux d'environ 100 millions de tonnes avec une teneur en pétrole d'environ 10.6 gallons par tonne. L'importance économique de ce gisement fut jugée insuffisante. On publia un rapport après la guerre (85).

Pétrole et gaz naturel

Toutes les provinces productrices de pétrole et de gaz naturel, principalement l'Alberta, avaient entrepris une étude systématique de ces combustibles dans les années 20; ces études furent poursuivies jusqu'à la guerre. On avait effectué une étude sur les composantes sulfurées du gaz naturel et on poursuivait l'étude de l'oxydation des huiles lubrifiantes. La guerre mit fin à ces travaux. Il n'y eut pas de rapport de section sur les analyses de pétrole brut avant 1951 (86). La plupart des échantillons de gaz naturel furent analysés pour leur teneur en hélium mais aucun rapport ne fut publié.

On transféra la responsabilité de l'analyse de l'air de mine de la rue Sussex à la Division des Combustibles en 1937 et J. Moran reprit la charge de ces travaux. On se souvient qu'il était entré au Ministère en 1916 pour y travailler jusqu'à sa retraite en 1940. La plupart des demandes d'analyse provenaient de l'Alberta et de la Colombie-Britannique.

On continua la prospection pétrolière et les résultats de ces études furent publiés au niveau de la Direction des Mines à partir de 1933, date à laquelle on arrêta la publication de la série de rapports annuels de recherche de la Division, jusqu'en 1938 (MB Rp 746 et 764 pour 1933 et 1934, et 787 et 794 pour 1935-36 et 1937). On ne publia pas les résultats de prospection minière pendant la guerre mais, à la demande du Contrôle du pétrole, on entreprit plus de prospection qu'auparavant; en 1947 on publia deux rapports sur cette période (Mémoires de la Direction 93 "Gasoline surveys for seven summers between 1936 and 1946", et 94, "Gasoline surveys for five winters 1941-42 through 1945-46"; tous deux par P.V. Rosewarne,



Tir de mine dans les sables bitumineux à l'usine Abasand Oils Limited, McMurray, Alberta

L'usine de séparation était terminée et on était en train de construire la raffinerie lorsque l'usine fut presque entièrement détruite par un incendie le 6 juin 1945. La fin des hostilités et les découvertes de pétrole à la fin des années 40 mirent fin à l'intérêt que le gouvernement fédéral manifestait dans cette entreprise.

H.McD. Chantler et P.B. Seely).

Le laboratoire collabora aux travaux du Comité des normes d'achat du gouvernement canadien, du Comité du CNR sur le pétrole et de l'Association canadienne des capitaines de pompiers. Il participa à plusieurs enquêtes pour le compte des ministères fédéraux, des gouvernements provinciaux et du public.

Pendant la guerre, Rosewarne dut passer la plupart de son temps au bureau de Contrôle du pétrole et Chantler dut assumer une grande partie de la charge de travail, qui avait considérablement augmenté à cause des demandes provenant des forces armées et des agences de guerre canadiennes et autres. Il faut rappeler en toute justice que son laboratoire, avec un personnel inférieur à celui du Laboratoire du charbon, était continuellement engagé dans un nombre considérable de travaux de consultation et de solution de problèmes; c'est probablement cette situation qui inspira à Rosewarne cette remarque, qu'il fit à l'auteur avant sa retraite: "ceux qui demandent des conseils au téléphone s'attendent souvent à ce qu'on leur fasse un cours de chimie pétrolière".

Au début de 1940, Warren, avec l'aide de son groupe d'hydrogénation, entreprit une recherche spéciale de temps de guerre pour étudier la possibilité d'accroître l'indice d'octane du pétrole brut de Turner Valley pour qu'il puisse être utilisé par l'aviation et pour déterminer s'il pouvait être une source de toluène et d'autres hydrocarbures aromatiques pour l'industrie des explosifs. On découvrit qu'il était possible d'accroître l'indice d'octane de l'essence de Turner Valley par reconstitution catalytique, la rendant ainsi utilisable par l'aviation. On mit aussi au point une méthode pour produire du toluène très pur à partir du pétrole de Turner Valley, et en quantité suffisante pour la fabrication de trinitrotoluène (TNT). En collaboration avec la Shell Oil Company et sa filiale d'exploitation, on entreprit une étude complète du pétrole domestique et importé pour déterminer les meilleures sources de toluène. Sur les six pétroles bruts étudiés, c'est celui de Turner Valley qui, comparé aux pétroles importés, donna le plus haut rendement alors que celui de Fort Norman donnait un rendement égal à la moyenne de ceux de l'Illinois, du Texas et du Vénézuéla.

On effectua des recherches pour déshydrater et désémulsionner le goudron de houille et certains pétroles bruts, et on mit au point un processus et un appareil pour la déshydratation continue des produits émulsionnés. A la demande du contrôle du pétrole, on entreprit une recherche sur la déshydratation des émulsions d'eau et de pétrole du gisement Vermilion, en Alberta, dont on essayait d'accroître la production.

Après la découverte en 1947 du gisement de pétrole et de gaz naturel de Leduc, les hauts fonctionnaires estimèrent, en 1948, qu'il fallait effectuer une évaluation quantitative des ressources de gaz naturel

des provinces des prairies avant de l'exporter à l'est. La baisse des réservoirs dans le sud-ouest de l'Ontario avait provoqué des pénuries dans la clientèle domestique et autre, en particulier pendant le dur hiver de 1947-48. G.S. Hume, qui était alors Directeur de la Commission géologique, jouissait d'une longue expérience dans les travaux de stratigraphie et de gisements pétrolifères; il fit équipe avec Ignatieff pour ce projet et obtint l'aide des fonctionnaires de la Commission géologique: Dr J.F. Caley à Ottawa, Dr Helen Belyea à Calgary et G.E.G. Liesemer de l'Alberta Petroleum and Natural Gas Conservation Board à Calgary. Les sociétés pétrolières collaborèrent en fournissant des données. La Commission géologique fit paraître un rapport spécial en mai 1948 avec un supplément en décembre 1948 qui indiquait que le volume des réserves prouvées et probables atteignait 4,3 billions de pieds cubes. En 1950 Hume, qui était alors Directeur Général des Services scientifiques au nouveau Ministère des Mines et Relevés techniques, estima qu'il fallait réviser cette évaluation. On publia un nouveau rapport complet, qui indiquait que le volume des réserves éprouvées et probables atteignait maintenant 6,4 billions de pieds cubes. Ces évaluations comprenaient la Saskatchewan mais étaient bien inférieures à celles de l'Alberta (87). En 1952 Pacific Petroleum Limited tenait beaucoup à exporter du gaz naturel vers le littoral de la Colombie-Britannique et les Etats-Unis à partir des sources encore vierges des régions avoisinantes du district de Peace River en Colombie-Britannique et en Alberta. Hume et Ignatieff réunirent encore leurs efforts pour faire paraître un rapport sur ces réservoirs, indiquant que les réserves éprouvées et probables atteignaient 2,5 billions de pieds cubes, dont 1,58 billions de pieds cubes se situaient en Colombie-Britannique (88).

Organisation de la Division des Combustibles

Voici quels étaient, en février 1951, l'organisation et le personnel principal de la Division des Combustibles:

Chef - R.E. Gilmore (B.F. Haanel prit sa retraite en 1946 après 42 ans de service et Gilmore fut nommé en 1947)

Agent d'administration - A.J. Reynolds

Exploitation minière - A. Ignatieff, A. Brown, F.L. Casey, T.S. Cochrane, H. Zorychta

Préparation et évaluation du charbon - E. Swartzman

Préparation du charbon dans l'ouest du Canada - J. Visman

Carbonisation - E.J. Burrough, J. Botham, G.T. Shaw

Combustion - C.E. Baltzer, E.R. Mitchell, H.P. Hudson, R.T. Skerry

Laboratoire des combustibles solides - W.J. Montgomery, R.J. Young

Tourbe et schistes bitumineux - A.A. Swinnerton

Laboratoire du pétrole et du gaz - P.V. Rosewarne, H. McD. Chantler, Frances Goodspeed, P.B. Seeley, R.J. Offord, R.J. Draper



R.E. Gilmore

Recherche en hydrogénéation et en chimie physique - Dr
T.E. Warren, K.W. Bowles, F.L. Booth, R.E. Carson,
W.H. Merrill
Scientifiques - Dr D.S. Montgomery et Dr Mary Boyd

Explosifs

On se rappelle (Chapitre 3) que lors de la promulgation de la Loi des explosifs en 1920 et de la nomination du Lt. Col. G. Ogilvie au poste d'inspecteur en chef des explosifs ainsi que du transfert de J.G.S. Hudson de la Direction des Mines à la Division des Explosifs, cette Division eut un statut ministériel qui demeura jusqu'à la dissolution du Ministère des Mines en 1936, date à laquelle la Division fut rattachée au Bureau des Mines du Ministère des Mines et des Ressources. Le Dr A.E. McIntyre fut nommé au poste de chimiste en chef; G.B. Frost occupa le poste de chimiste jusqu'à sa démission à la fin de 1920, et fut remplacé par M.C. Fletcher.

Les travaux en chimie des explosifs et certains essais physiques furent d'abord effectués dans un édifice de la rue Victoria, puis plus tard à différents endroits de la ville jusqu'en 1931, date à laquelle McIntyre prit sa retraite. Les travaux de chimie furent alors transférés au Laboratoire du pétrole et du gaz dans le bâtiment des combustibles de la rue Booth. Campbell entreprit ces travaux sous la direction de Rosewarne jusqu'en 1937, date à laquelle il entra à l'inspection. Mohr, sous la direction de Fletcher, prit la relève de ces travaux dans un bâtiment séparé de la rue Booth. Selon Mohr, cet édifice, "sans être un grand

édifice, était le meilleur logement que le Laboratoire des explosifs avait eu depuis ses débuts". Mohr passa à la Division des Explosifs en 1940. En 1936 Ogilvie fut transféré au Ministère de la Défense nationale et fut remplacé par le Lt. Col. F.E. Leach, qui avait été inspecteur de la région de l'ouest depuis 1921.

Après le déclenchement de la Deuxième guerre mondiale, la fabrication des explosifs, nécessaires à l'effort de guerre, exigeait une plus grande participation de la part de la Division des Explosifs. On s'entendit avec le CNR pour construire trois bâtiments séparés sur le Chemin de Montréal à Ottawa pour y installer le Laboratoire des explosifs. Les nouveaux bâtiments furent occupés en 1942 et le CNR fournit du personnel supplémentaire pour répondre à l'augmentation de la demande. Tous les appareils et les instruments de la rue Booth furent transférés et on installa de nouveaux équipements comme un mortier balistique, un pendule à friction, un chronographe et des presses.

On mit sur pied un Comité associé des explosifs pour orienter les travaux du laboratoire; ce comité comprenait des représentants du Ministère des Mines et des Ressources, de la Division de la Chimie, du CNR, des Munitions et Approvisionnements, du Conseil d'inspection du Canada et du Royaume Uni, ainsi que d'une certaine nombre d'universités; ces représentants étudiaient ensemble les problèmes des explosifs militaires.

En 1945 Campbell fut nommé au poste d'inspecteur en chef pour succéder à Leach qui prenait sa retraite. La Loi des explosifs de 1920 fut révisée en 1946 pour inclure dans la nouvelle réglementation des dispositions de temps de guerre qui apparaissaient souhaitables (Chapitre 2).



Lt. Col. F.E. Leach, Inspecteur en chef des explosifs, 1937-45

MINÉRAUX INDUSTRIELS



Personnel du Laboratoire des explosifs, rue Booth, 1942; En arrière: M.C. Fletcher, N. Randall; en avant: D. Dowling, C.B. Mohr, R. Gillies.

En 1945 le Ministère des Transports demanda au Laboratoire des explosifs d'étudier le stockage et l'expédition de l'engrais au nitrate d'ammonium; il s'agissait entre autres d'étudier la possibilité de remplacer les bidons métalliques par des sacs de papier à six épaisseurs. En 1946 le CNR organisa une discussion à ce sujet avec des représentants du CNR, des fabricants, des autorités portuaires, du Ministère des Transports et du Ministère des Mines et des Ressources. Cette rencontre eut lieu avant les deux explosions de nitrate d'ammonium qui firent des dégâts en 1947 au Texas et en France. Trois rapports intérimaires furent rédigés par la Division des Explosifs. Les conclusions générales établissaient qu'une forte réaction se produirait si l'on chauffait du nitrate d'ammonium non confiné; par contre il fallait s'attendre à une détonation si le mélange était confiné.

La Division des Explosifs passa sous la juridiction du Directeur général des Services scientifiques en 1950 après la création du Ministère des Mines et Relevés techniques. A cette époque le personnel d'inspection des explosifs se composait de: W.P. Campbell, inspecteur en chef des explosifs; W.B. Paton, responsable pour les provinces des prairies, la Colombie-Britannique et les Territoires; R.P. Quinn, pour l'Ontario et la rive nord du St-Laurent au Québec; H.P. Kimball, pour la rive sud du St-Laurent au Québec et les Maritimes. Le personnel professionnel du laboratoire du Chemin de Montréal se composait de M.C. Fletcher, C.B. Mohr et N. Randall, qui était en charge des essais physiques. Fletcher prit sa retraite en 1950 et Mohr lui succéda. Randall prit sa retraite en 1952. Le laboratoire retomba sous la juridiction de la Direction des Mines en 1959 et se trouve actuellement rattaché à CANMET.

C'est en 1936, lors de la création du Ministère des Mines et des Ressources, que fut formée la Division des Minéraux industriels en tant qu'unité administrative séparée; Howells Fréchette en était alors le Chef. La nouvelle Division se composait de trois Sections: les Minéraux industriels avec les spécialistes en minéraux transférés de l'ancienne Division des Ressources minérales, le Laboratoire des minéraux non-métalliques de la Division de la Préparation des minerais et de la métallurgie, et enfin du personnel de l'ancienne Division de la Céramique et des Matériaux routiers, désormais affecté au Laboratoire de la céramique et à la Section des Matériaux routiers.

Les objectifs de la Division étaient:

- (1) l'étude des caractéristiques économiques, de l'exploitation minière, de la mise en marché et des utilisations des minéraux industriels
- (2) le concassage, le broyage et la purification de ces minéraux



W.P. Campbell, Inspecteur en chef des explosifs, 1945-55

- (3) la résolution des problèmes de traitement rencontrés dans la fabrication des produits minéraux, en particulier les produits céramiques.

En 1939 la Division déménagea du 541 Sussex dans un nouveau bâtiment, portant le nom de Laboratoires des minéraux industriels, au 40 rue Lydia, maintenant 405 rue Rochester. Carnochan travailla à la Division jusqu'à sa retraite en 1940; R.A. Rogers, son plus proche assistant en chimie, faisait partie du groupe des chimistes de la Division des Minéraux métalliques qui eut la responsabilité de tous les travaux analytiques ne traitant pas de combustibles.

Lorsqu'il s'agissait d'essais sur une petite échelle, on traitait les minéraux industriels dans le bâtiment de la rue Lydia; par contre, tous les travaux de purification à grande échelle étaient effectués dans le laboratoire de broyage situé au sud du bâtiment principal. Il fallait toutefois faire appel au Laboratoire de préparation des minerais de la Division des Minéraux métalliques lorsque les minéraux devaient subir un traitement plus complexe ou de plus grande envergure. C'est pourquoi, lorsque Fréchette prit sa retraite en 1945, on donna à Parsons la responsabilité de l'enrichissement des minéraux industriels et à E.S. Martindale la responsabilité des spécialistes en minéraux qui avaient été transférés de l'ancienne Division des Ressources minérales en 1936 pour venir à la Division des Minéraux industriels; Martindale remplaçait alors Monture à titre de chef de la Division des Ressources minérales. Parmi les spécialistes transférés se trouvaient Cole, Eardley-Wilmot, Freeman, Goudge, Leverin, Picher et Spence qui continuèrent d'exercer leurs responsabilités spécialisées dans les mêmes produits minéraux qu'auparavant.

Lors du déclenchement de la Deuxième guerre mondiale, l'effort de guerre réorienta presque toutes les activités de la Division, en accordant une importance toute particulière aux minéraux, dont on manquait sur le continent nord-américain, ainsi qu'à leurs substituts. La plupart des études furent effectuées à la demande du contrôle des métaux, qui avait la responsabilité des minerais tant métalliques que non-métalliques. Les renseignements étaient mis à la disposition des agences de guerre, tant canadiennes qu'alliées, et plus particulièrement à l'intention du Ministère de la Défense nationale et du Ministère des Munitions et des Approvisionnements. Les minéraux les plus étudiés sont décrits ci-dessous.

Syénite néphélinique

Cette roche est constituée d'un mélange de néphéline, un minéral feldspathoïde (aluminosilicate de sodium), de potasse et d'albite, avec de petites quantités d'autres minéraux, dont la magnétite qui peut être éliminée par séparation magnétique. C'était Spence qui avait la responsabilité des travaux sur ce minéral. On en découvrit un gisement à Blue Mountain

dans le canton de Methuen, en Ontario, à environ 27 milles au nord-est de Lakefield. En 1936 la première production atteignait 36 000 tonnes. On examina, au Laboratoire des minéraux industriels, plusieurs échantillons de minerais provenant de la Canadian Nepheline Limited, à Peterborough, et de deux autres sources. Le premier essai d'élimination du fer fut effectué aux Laboratoires de la préparation du minerai et de la métallurgie en 1931 (Rap. MB 728, 1932). American Nepheline, une filiale de Canadian Nepheline, construisit une usine de concassage et de traitement à Rochester, N.Y., pour préparer le matériau brut canadien au marché des Etats-Unis.

Ce minéral remplaça le feldspath dans l'industrie du verre. On l'utilise maintenant dans l'industrie de la céramique et on s'en sert comme charge dans les industries des matières plastiques, de la peinture, du caoutchouc et du papier. Le Canada est aujourd'hui le plus important producteur de syénite néphélinique du monde. La production atteint 500 000 tonnes, dont 80 % destiné à l'exportation, surtout aux Etats-Unis.

Talc et stéatite

L'Ontario et le Québec restaient les endroits où l'on trouvait le meilleur talc. La stéatite, utilisée pour les crayons à dessin et les sculptures provenait surtout du Québec. Durant la guerre les exportations laissèrent un surplus annuel d'environ 11 000 tonnes. Durant cette période la production la plus élevée fut atteinte en 1941 avec 34 600 tonnes, environ le double des années précédentes, à l'exception de 1930, où la production atteignait 27 000 tonnes.

Spence prépara la seconde édition de la monographie traitant du talc sous forme massive (talc de lave), de la stéatite et de la pyrophyllite. Pendant la guerre, les isolants électriques furent d'abord fabriqués au Canada à partir de stéatite; ces isolants convenaient très bien à la fabrication des appareils de radio et de radar. La pyrophyllite est semblable au talc, mais contient beaucoup plus d'alumine; la pyrophyllite ne fondant pas sous l'effet de la chaleur est précieuse dans la fabrication des céramiques réfractaires et des ciments de haute qualité. Bien que l'on rapporte avoir trouvé de la pyrophyllite sur l'île de Vancouver, le gisement le plus important était situé à Manuels, Terre-Neuve (89).

Les quatre paragraphes suivants traitent des sources de production du magnésium et de l'oxyde de magnésium utilisés dans les matériaux réfractaires. C'était surtout Goudge qui était le spécialiste dans ce domaine.

Brucite (hydroxyde de magnésium)

Dans ses relevés de roches reliées au calcaire en 1937 et 1938, Goudge découvrit des gisements de brucite, qui étaient alors considérés comme les plus

importants au monde, à Rutherglen, en Ontario, et Bryson et Wakefield à Québec. Goudge mit au point un processus, sur une petite échelle, de récupération de la magnésie et de la chaux hydratée; en 1939, avec l'aide de la Section de Concassage, on se lança dans des essais d'extraction de la magnésie sur une grande échelle. En 1939 on publia un rapport préliminaire sur les différents modes de gisement, de traitement et de possibilité de commercialisation (90). L'Aluminum Company of Canada installa une usine près de Wakefield pour récupérer, sur une base commerciale, des branules de magnésie du haute pureté pour la fabrication de briques réfractaires de magnésite ainsi que d'autres produits comme les engrais. La chaux hydratée était un sous-produit de cette opération. L'expertise de Goudge fut utile à la compagnie. Cette usine satisfaisait à tous les besoins du Canada en briques réfractaires et produisait de plus un surplus exportable. Pendant la guerre, Alcan produisit également du magnésium métallique à Arvida par traitement de la brucite de Wakefield.

Dolomite

Depuis 1939, des échantillons considérables, pouvant atteindre 100 tonnes, de dolomite provenant des mines à ciel ouvert de la Dominion Magnesium Limited à Haley en Ontario, étaient grillés, concassés, et broyés, puis briquetés au Laboratoire des minéraux industriels avec l'aide de Swartzman pour le briquetage. Il n'y avait aucun avantage à utiliser dans ce procédé de la dolomite à magnésite, dont la teneur en magnésium était plus élevée, plutôt que la dolomite ordinaire. Ce travail était relié à la mise au point du procédé Pidgeon au ferro-silicium aux laboratoires de CNR. L'usine commença à fonctionner en 1942 à Haley et en 1944 sa production annuelle atteignait 5000 tonnes de métal. Cette usine est à l'heure actuelle encore la seule source de production de magnésium au Canada, avec une production annuelle d'environ 10 000 tonnes courtes.

Silicate de magnésium

Comme les résidus d'amiante, constitués essentiellement de serpentine, avaient une haute teneur en magnésie, pouvant atteindre 23%, le Laboratoire des minéraux métalliques mit au point, en 1942, une méthode de production de chlorure de magnésium; ce produit pouvait être converti en magnésium métallique par un procédé électrolytique, qui n'était pas rentable en temps de paix.

Dolomite à magnésite

Dans le comté d'Argenteuil, au Québec, des gisements de calcaire à haute teneur de magnésium ont été exploités à partir de 1908 pour produire des matériaux réfractaires pour le revêtement des fournaises dans différents procédés thermiques. Au début, la mine était exploitée à ciel ouvert, mais en 1937 la Canadian

Refractories Limited, la compagnie la plus importante, entreprit l'exploitation minière souterraine à Kilmar. La même année, la compagnie construisit un four tunnel moderne à haute température pour la fabrication des briques de magnésite. On fit d'importantes études au Laboratoire de préparation du minerai et au Laboratoire des minéraux industriels du Bureau des Mines sur des méthodes de purification du minerai. Le Laboratoire des céramiques contribua à ce travail en effectuant des études pétrographiques sur des sections fines et polies ainsi que des examens d'échantillons en poudre et de produits de flottation.

Potasse

On avait constaté la présence de potasse dans les gisements de sel de Malagash en Nouvelle-Écosse. Au déclenchement de la guerre et devant une pénurie possible de potasse importée, on préleva des échantillons à la mine de Malagash et on entreprit un programme conjoint de forage entre la compagnie et le gouvernement de la Nouvelle-Écosse avec les conseils du Bureau des Mines. Le programme révéla qu'il y avait des dépôts de potasse parallèles aux dépôts de sel, mais que la teneur en potassium était plutôt basse. On était en train de mettre au point une méthode, non encore exploitée commercialement, pour récupérer la potasse, sous forme de chlorure de potassium, comme sous-produit lors de la fabrication du sel par évaporation. D'autre part, l'élimination d'anhydride dans la purification du sel ordinaire se révéla être un succès après plusieurs années de recherches. A la fin de 1944 une usine pilote fut mise sur pied par le Ministère des Pêcheries, le Ministère des Mines de Nouvelle-Écosse et la compagnie Malagash. En 1946 les intérêts pour la potasse se déplacèrent vers l'ouest, où 17 forages profonds, effectués pour chercher du pétrole entre Elk Point au centre est de l'Alberta et Radville dans le sud de la Saskatchewan, révélèrent la présence de dépôts de sel et de potasse; les gisements de potasse étaient précisément l'important minerai que l'on cherchait dans l'est du Canada pour atteindre l'autosuffisance en matière d'engrais potassiques.

Phosphate

On se souvient qu'avant la Deuxième guerre mondiale, on produisait une certaine quantité d'apatite dans l'exploitation des mines de mica du district de la rivière Lièvre près de Buckingham, Québec. Etant donné qu'on avait amélioré les procédés de concentration des minerais grâce à des techniques de flottation, on essaya de produire, durant la Deuxième guerre mondiale, du phosphate de qualité suffisante pour constituer un engrais. De 1941 à 1943 on effectua des essais de flottation à petite et à grande échelle aux Laboratoires de préparation du minerai métallique avec du minerai d'apatite de Buckingham. En 1944 et en 1945 la Ontario Phosphate Industries Limited présenta deux échantillons de cinq tonnes d'apatite du comté de Frontenac, en Ontario, pour effectuer des essais de flottation en

laboratoire et en usine pilote. La fin de la guerre arrêta les recherches sur la production d'engrais à partir de gisements canadiens de faible teneur.

Mica

A la demande du Contrôle des métaux, on effectua des essais sur un grand nombre d'échantillons de phlogopite, provenant de diverses propriétés de l'Ontario et du Québec, pour déterminer leur résistance à la chaleur et leur utilisation possible dans la production de bougies d'allumage pour l'aviation. On mesura la résistance diélectrique et le facteur de puissance de plusieurs échantillons de muscovite. A la demande de la British Admiralty Technical Mission, on fit une étude pour déterminer si la muscovite pouvait être utilisée dans les cadrans de boussole marine. La Colonial Mica Corporation, agence d'approvisionnement du gouvernement américain, restait en contact étroit avec la Division pour tous les aspects techniques du mica canadien. On fit plusieurs études de traitement pour des entreprises engagées dans l'exploitation minière du mica.

Minerais industriels divers

En plus des minerais industriels précédents, la Division effectua des recherches en laboratoire et en usine pilote sur plusieurs minerais: amiante barytine, feldspath, fluorine, graphite, gypse, ilménite, kaolin, bentonite, cordinon, grenat, diatomite, quartzite, grès, sable, ardoise et séricite.

Le personnel dut accroître ses connaissances en visitant plusieurs sites. Il y eut une vague de demandes provenant de prospecteurs qui s'intéressaient à la rentabilité de leurs prospections. On consacra beaucoup de temps à la préparation de mémorandums décrivant les ressources de minerais industriels canadien pour diverses agences de guerre.

Matériaux pour routes et terrains d'aviation

Avant la guerre, Picher passa la plupart de son temps à étudier les sols et les roches pour améliorer les conditions et l'entretien des routes ainsi que la stabilisation de leurs surfaces, fondations et assises (91). On étudia l'utilisation des chlorures de sodium et de calcium. En 1938, à la demande du gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard, on fit des recherches sur plusieurs gisements de graviers et de conglomerats (Mémoires de la Direction 101; 1948).

Au début de 1939, on examina des résidus de mines du Nord-est de l'Ontario pour étudier la possibilité de les utiliser dans la construction de routes d'accès à peu de frais.

Lors du déclenchement de la Deuxième guerre mondiale, Picher s'intéressa tout particulièrement à la stabilisation des pistes de terrains d'aviation. Durant toute la guerre, on effectua des essais de laboratoire



Route traitée au chlorure de sodium à l'est de Port Carling, Ontario

pour déterminer si l'on pouvait stabiliser les sols et les argiles avec du ciment dans les camps militaires et les terrains d'aviation.

En 1941, à la demande de la Direction des Terres, Parcs et Forêts, on étudia la route principale qui traverse le Parc national du Cap Breton pour déterminer si l'on pouvait utiliser des matériaux locaux dans la construction, l'amélioration et l'entretien des routes du parc. On étudia également la possibilité d'utiliser le gypse et l'anhydrite pour améliorer la stabilisation. Durant la même année, on fit des essais avec des échantillons de graviers utilisés dans les parcs nationaux de Banff et de Jasper.

En 1942, à la demande de la Marine, on effectua des travaux dans les Maritimes pour fabriquer des "blindages plastiques" avec du gravier. Il s'agissait d'agrégats cimentés sur des tôles de fer qui servaient à protéger le personnel dans les endroits exposés des navires marchands contre toute attaque ennemie avec des armes de petit calibre. On fit des essais de ballastage avec des échantillons de pierre et de gravier sur des lignes ferroviaires du Canadien National dans l'est du pays; on prépara à ce sujet un mémorandum qui traitait des disponibilités locales. On fit également des essais de laboratoire pour la construction de jetées pour le Ministère des Travaux publics, et pour la construction de terrains d'aviation pour le Ministère des Transports.

Céramique

Avant la guerre, le Laboratoire de céramique avait effectué des essais physiques sur des briques de construction canadiennes; on rédigea un rapport à ce sujet après la guerre (92). Les essais comprenaient: variations dimensionnelles, volume, propriétés d'absorption, résistance transversale et résistance à la compression, dureté, solidité, changements occasionnés

par dix cycles de gel et dégel, ainsi que les effets destructeurs du gel. Picher participa à la plupart de ces essais.

On effectua des travaux de laboratoire sur l'argile comme plastifiant pour les mortiers de maçonnerie et l'on fit des essais sur des briques entières, des matières plastiques réfractaires et des ciments à haute température. Phillips rédigea un rapport sur l'amélioration des propriétés des argiles et des schistes (Rap MB 793, 1938). On détermina également les propriétés physiques des tuiles de construction et l'on publia un rapport à ce sujet (93). On mit au point une méthode économique pour améliorer la texture superficielle et la couleur des produits d'argile de construction pour leur donner l'apparence de la poterie romaine (terra sigillata).

On fit des essais avec l'uranate de sodium et d'autres composés d'uranium pour aider la Eldorado Gold Mines Limited dans la production d'un matériau uniforme et mutuellement acceptable pour l'émaillage de la céramique.

En 1940 on entreprit des travaux de recherche pour venir en aide à une compagnie de produits de dentisterie de Toronto dans la mise au point d'un matériau de plombage similaire à un produit que l'on importait auparavant et qui n'était pas disponible pendant la guerre.

On donna des conseils pour explorer un nouveau gisement de kaolin, découvert au Lac Trente-et-un milles, dans le comté de Hull au Québec, ainsi que pour traiter et blanchir le minerai d'un gisement plus ancien dans une nouvelle usine de préparation au Lac Rémi, dans le comté de Papineau. On fournit également des informations au Ministère de la Défense nationale pour le guider dans l'achat de vaisselle, fabriquée au Canada, pour les forces armées.

On accorda beaucoup d'attention aux matériaux réfractaires, en particulier pour les chaudières marines et les chaudières fixes pour le Ministère de la Défense nationale. On fit des essais pour améliorer les propriétés réfractaires des briques réfractaires canadiennes en y ajoutant des résidus de bauxite.

On entreprit un important programme d'analyse hétérographique pour assister la section de broyage dans ses essais d'enrichissement des matières premières, des produits ayant déjà été traités et des matériaux réfractaires. L'utilisation du contrôle pétrographique remonte aux temps où l'on se servait de la méthode Pidgeon pour le magnésium au CNR; on effectuait alors des analyses pétrographiques sur les matières premières, sur les matériaux en cours de traitement et dans la préparation des matériaux réfractaires au Laboratoire de céramique.

En 1946 on entreprit des recherches sur l'utilisation de la magnésie, produite à partir de brucite, dans la préparation des ciments à l'oxychlorure et à l'oxysulphate. Avec l'aide de l'industrie, on produisit des carreaux de carrelage avec des résidus de bois liées par du sulfate de magnésium; ces carreaux furent ensuite lancés sur le marché.

Changements dans l'organisation de la Division des Minéraux industriels

Il y eut de nombreux changements dans le personnel de la Division des Minéraux industriels en raison des mises à la retraite et de deux réorganisations internes en l'espace de cinq ans; il est donc opportun de mentionner ces changements pour éviter la confusion.

En 1945 Parsons eut la responsabilité des aspects importants du laboratoire de la Division des Minéraux industriels. Martindale avait la responsabilité du domaine des ressources minérales et des détails du travail de laboratoire, y compris le groupe de la céramique et celui des matériaux routiers. En 1946, lorsque Monture revint de son affectation de temps de guerre, on recréa la Division des Ressources minérales en y incorporant les groupes des minéraux industriels, des eaux industrielles, de la céramique et des matériaux routiers. C'est dans le groupe de la céramique qu'il y eut le plus de changements de personnel, et cela même avant la guerre. Collin, responsable durant la période qui suivit la Première guerre mondiale, était mort en 1938; Phillips lui succéda et remplit ses fonctions avec compétence jusqu'à sa retraite en 1956. Ce fut G.A. Kirkendale qui fut promu à l'ancien poste de Phillips, poste qu'il conserva de 1939 à 1947. McMahon démissionna en 1936 et H.C. Watts lui succéda de 1938 à 1948. D'autre part Mlle R.L. McLeish rendait des services de technicienne au Laboratoire de la céramique de 1924 à 1950, date à laquelle elle terminait 42 années de service continu depuis 1908 au Bureau des Mines. Le Dr A.T. Prince entra au Bureau des Mines en 1946 et fut nommé chef de la Section de la Céramique dans la Division de Préparation des minerais, et de la métallurgie anciennement Division des Minéraux métalliques. Plus tard cette section devint la Section des Cristaux et de la Chimie physique. Le premier rapport de Prince fut une publication consacrée à l'échantillonnage et l'examen des gisements d'argile et de schiste (Mémoires de la Direction MB 95; 1947); bien que ce rapport traite de ressources, Prince menait un projet de recherche sur les systèmes d'équilibre de phase à haute température pour mieux comprendre les réactions complexes qui se produisent lorsqu'un produit céramique est soumis à la chaleur. Les premiers oxydes réfractaires qu'il étudia furent la chaux, la magnésie, l'alumine et la silice. En 1948 on entreprit des travaux spéciaux sur les oxydes réfractaires de thorium, de béryllium et de zirconium pour collaborer au Projet d'énergie atomique.

Durant cette même année, on lança une étude sur la composition d'une céramique fine dans laquelle la syénite néphélinique était combinée à de l'argile, du silice et du feldspath; on effectua la synthèse de 58 compositions de verre qui donnèrent lieu à 118 études de trempage. Les résultats de ces études renseignèrent les fabricants de faïence sur les réactions de cuisson et sur les effets éventuels de certaines compositions (94). On fournit également des conseils et on effectua des essais en réponse aux demandes provenant des organismes gouvernementaux et de l'industrie. L'ancienne Section de la céramique fut rétablie lors de la reconstitution de la Division des Minéraux industriels en 1950 et l'équipe de Prince devint un groupe de recherche spécialisé dans la chimie et la minéralogie des scories, des minéraux et des produits céramiques réfractaires.

Prince, comme Montgomery dans la Division des combustibles, Downes dans la Division de la Préparation des minerais et de Métallurgie, et d'autres, était de la génération des détenteurs de doctorat, entraînés à la recherche, que Timm et Parsons avaient engagés après la Deuxième guerre mondiale pour améliorer la qualité scientifique des travaux de recherche et de développement du bureau.

En 1946 on nomma le commandant W.R. Inman et D.J. Charette pour s'occuper des eaux industrielles après la retraite de Leverin en 1944. On les transféra également à la Division de la Préparation des minerais et de la Métallurgie. E. Lester, technicien aux longues années de service, avait été nommé contremaître dans la Division de la Céramique en 1915; il prit sa retraite en 1944 et fut remplacé par T.H. Flood qui était entré à la Direction en 1916 et prit sa retraite en 1949.

A la fin du premier terme de la Division des Minéraux industriels, le fonctionnaire qui avait le plus d'ancienneté était Spence, mais l'on considérait Goudge comme le responsable des spécialistes des minéraux après la retraite de Fréchette. Spence et Cole prirent leur retraite en 1949 après 39 années de service dévoué chacun.

A la rédaction de ces pages, Cole vit encore à Ottawa, à l'âge de 92 ans. Il est intéressant de noter que Spence était né en Angleterre mais avait étudié le génie minier à l'Académie des mines de Fribourg, la plus importante école des mines d'Allemagne, fondée au 18ième siècle. Il est utile de rappeler que Spence était considéré comme une autorité en minéralogie. Cette compétence était reconnue et c'est pour cette raison qu'on lui confia des responsabilités sur une aussi grande variété de minerais pendant sa longue carrière au Bureau des Mines. Un échantillon de la découverte originale de pechblende du lac Great Slave fut apporté pour identification au Ministère de l'Intérieur à Ottawa, où il fut suggéré que l'on prenne contact avec le Ministère des Mines. Ce fut Spence qui identifia l'échantillon. A la date de rédaction, il est

âgé de 90 ans et vit toujours à Ottawa*. Rappelons également que son fils, Neville Spence, métallurgiste, se joignit au groupe d'énergie atomique de Chalk River en 1953 comme assistant de Lavigne et qu'il occupa des fonctions importantes à la Division de la Métallurgie physique à Ottawa de 1956 à 1975.

Goudge et Phillips furent choisis pour effectuer deux voyages d'études à l'étranger: une étude sur les minéraux industriels en Allemagne, Autriche, et Italie d'août à novembre 1945, et une étude sur la céramique au Royaume-Uni et en Allemagne de novembre 1945 à février 1946.

La Division des Minéraux industriels fut réorganisée en 1950 jusqu'à la retraite de Goudge en 1959. Voici quel était, en février 1951, son principal personnel:

Chef - M.F. Goudge
 Minéraux non-métalliques - V.L. Eardley-Wilmot, A.R. MacPherson, H.M. Woodrooffe, T.H. Janes, J.G. Matthews, C.G. Bruce, G.F. Carr et V.A. Haw
 Céramique - J.G. Phillips, S. Matthews, I.F. Wright et R.A. Shonk
 Matériaux de construction - R.M. Picher et R.A. Simpson
 Section des eaux industrielles - J.F.J. Thomas et S. Romanchuk

Division de l'économie (Ressources minérales)

Lorsqu'on créa le Ministère des Mines et des Ressources en 1936, la Division des Ressources minérales devint la Division de l'Économie, avec quatre sections: Investigations, Dossiers et informations de recherche, Bibliothèque et Dessins; les deux dernières sections avaient pour but de répondre aux besoins du Bureau.

Les spécialistes en minéraux, qui effectuaient des recherches sur le terrain et au laboratoire, furent affectés à la Division des Minéraux industriels. Wilson devint le principal conseiller technique de la Direction des Mines et de la Géologie, dont le Directeur était John McLeish. Bolton, Directeur adjoint, et Kirkconnell, ingénieur, avaient également eu des responsabilités techniques à la Direction des Mines. Le personnel du bureau comprenait T.H. York, qui avait été à la Division des Combustibles de 1927 à 1935, et Mary McCracken, sténographe; un peu plus tard le Bureau comprit également Mary McFadden on parlait souvent des "deux Mary" étaient lorsqu'elles d'agents de dotation au bureau du Ministère.

A cette époque le Chef du Bureau des Mines était W.B. Timm, le secrétaire était M.M. Farnham, et

* décédé en 1977

l'ingénieur T.G. Madgwick, spécialiste du pétrole qui était entré à la Division des Ressources minérales en 1932 pour y travailler jusqu'en 1946. Il y avait également une sténographe principale Jessie Orme, qui avait travaillé avec le Dr Haanel, et deux autres sténographes, dont Gordon Hetherington (1935-50) qui avait été prêté par la Division des Minéraux métalliques, ainsi que C.H. Norton, commis principal, avec cinq autres commis de bureau. Norton entra à la Direction des Mines en 1924 et prit sa retraite en 1958. Un préposé aux emballages et aide-commis complétait le personnel de la Direction du Bureau des Mines, qui comprenait 12 personnes.

Robinson fut chef de la Division de l'Économie jusqu'à sa retraite en 1939; ce fut G.C. Monture, le rédacteur du Ministère, qui lui succéda. Le 1er juin 1940, le gouvernement décida de contrôler les minéraux affectés par l'effort de guerre et mit sur pied des bureaux de contrôle des métaux, du pétrole et de l'acier. Monture fut détaché au bureau de contrôle des métaux (G. Bateman) et y resta durant toute la guerre. On nomma alors E.S. Martindale Chef intérimaire de la Division. Martindale et W.H. Norrish étaient entrés au Bureau des Mines lors de la dissolution du Ministère de l'Intérieur en 1936; ils furent classés comme chercheurs respectivement au niveau 4 et au niveau 3. G.A. Letendre était un autre chercheur du Bureau, il démissionna en 1945 pour accepter un poste à l'Université Laval comme directeur du département de métallurgie.

Buisson était responsable de la section des dossiers et des informations de recherche; il prit sa retraite en 1950 après 35 ans de service dans la même Division. Le statisticien, Casey, prit sa retraite en 1946 après 37 ans de service. Les ingénieurs E.H. Watt et W.E. White, qui étaient entrés au Bureau en 1923 et en 1930, prirent leur retraite en 1957 et en 1961, après des durées respectives de service de 34 ans et de 31 ans. Mme D.M. Stewart, qui était venue travailler avec Wilson en 1913 à la Division des Gisements métallifères, devint commis de recherche dans la Division des Ressources minérales et de l'Économie et prit sa retraite en 1945 après 32 ans de service. Enfin, Mme G. MacGregor, qui avait été transférée de la Commission géologique en même temps que McLeish en 1907, était commis principal lorsqu'elle prit sa retraite en 1940 après 37 ans de service dans la Direction des Mines.

O.P.R. Ogilvie, bibliothécaire en chef, prit sa retraite en 1937 après 24 ans de service; Mary Reid, qui était entrée à la Direction des Mines en 1929, lui succéda et prit sa retraite en 1946. Madeleine Saulter, entrée à la Direction en 1930, prit la relève et devint bibliothécaire en chef en 1946; elle prit sa retraite en 1963. Auparavant elle travaillait à la Division de l'Économie comme bibliothécaire de référence avec un poste de commis de recherche de niveau 2. Ce fut enfin Marjorie Rice, qui était entrée à la bibliothèque comme assistante en 1940, qui fut bibliothécaire en chef de 1963 à 1968.

Il y avait quatre fonctionnaires à la Section du Dessin industriel en 1936: L.H.S. Pereira, Chef de Section; D. Westwood et W.J. Flood, tous deux cartographes principaux, et E. Juneau, cartographe. Pereira, Westwood et Juneau avaient tous trois de longues années de service à la Direction des Mines, où ils étaient entrés respectivement en 1911, 1914 et 1913. Flood était entré en 1924. En 1940 Juneau prit sa retraite et en 1942 Flood fut détaché au CNR, alors que Pereira et Westwood étaient transférés à la Section de cartographie et de reproduction de la Commission géologique pour centraliser les services des mines. Ceci marqua pratiquement la fin de l'histoire de la cartographie formelle du Bureau des Mines.

Publications

On se souviendra que tous les groupes, à l'exception de la Section du dessin industriel, déménagèrent en 1939 du 541 Sussex au nouvel édifice des minéraux industriels soit au 40, rue Lydia. Durant les trois premières années qui précédèrent le déclenchement de la guerre, les membres du personnel continuèrent d'exercer leurs activités dans leurs domaines de spécialisation: Buisson travaillait aux dossiers y compris les revues pour la presse technique du Canada et du Royaume-Uni, à la préparation et la mise à jour de listes des dirigeants de l'industrie minière, à la préparation d'une nouvelle édition des lois minières canadiennes, etc.; Casey s'occupait des revues annuelles sur les combustibles dérivés du pétrole et entreprenait une recherche sur la compétitivité des combustibles fossiles canadiens; Wait s'occupait des dossiers des compagnies minières. Robinson, Buisson et Casey effectuaient également quelques travaux sur le terrain. On prépara un communiqué sur la production moyenne, l'importation, l'exportation et la consommation de 125 métaux et minéraux pour la période s'échelonnant de 1932 à 1936.

Pendant la guerre, une grande partie du travail de la division consistait à préparer des mémorandums d'information pour les diverses agences de guerre et les ministères touchés par l'effort de guerre; ceci incluait également la Commission de l'Impôt sur le revenu dans l'administration de la Loi de l'impôt sur le revenu en temps de guerre. Les informations traitant des minéraux et de la production minière avaient une diffusion restreinte; ces informations n'étaient divulguées qu'aux membres du gouvernement et de l'industrie qui avaient la permission d'y avoir accès. Du personnel fut détaché à diverses agences de guerre et trois fonctionnaires travaillaient sur les minéraux stratégiques dans le bureau du directeur.

Vers la fin de la guerre, on fit plusieurs études spéciales sur divers sujets: le déclin de l'industrie minière de l'or et ses effets sur l'emploi après la guerre, la taxation minière, l'éducation minière pour les forces armées, des projets d'emploi pour la période d'après-guerre, les réserves de métaux communs et les

possibilités minérales des régions longeant la route de l'Alaska. Certaines de ces études permirent de préparer des publications pour le bulletin de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie.

Monture resta au Contrôle des métaux jusqu'en 1944, date à laquelle il fut prêté au Conseil conjoint de la production et des ressources à Washington. Il revint au Bureau des Mines en 1946.

La première série de rapports et de cartes de la Direction des Mines avait commencé en 1903, et la série de photocopies en 1921; ces publications continuèrent de paraître régulièrement mais leur rythme de parution dut ralentir pendant la Deuxième guerre mondiale et quelque temps après. C'est ainsi qu'en 1939 on avait atteint le numéro 796 dans la série de rapports et de cartes, et qu'en 1959 on atteignait le numéro 865; dans la série des Mémoires, publication photocopiée, on atteignit le numéro 75 en 1939 et le numéro 137 en 1958, à l'interruption de la série. Les photocopies étaient des rapports d'intérêt général que le public pouvait obtenir rapidement et dont le coût de production était peu élevé.

Pendant la guerre, la plus grande proportion des travaux du Bureau était axée sur l'effort de guerre et les rapports ne paraissaient qu'en un petit nombre de copies pour une distribution restreinte qui ne pouvait pas subir de retard. Ces rapports à circulation limitée répondaient adéquatement aux besoins de communication rapide et les divisions conservèrent cette habitude après la guerre. Une partie des informations fut rassemblée et publiée dans la série de publications du Bureau (et plus tard de la Direction), mise sur pied dans le temps du Ministère des Mines et Relevés techniques.

On publia tout spécialement une carte minéralogique du Canada pour la foire mondiale de New York en 1939; c'était la première publication de ce genre, bien qu'on ait publié de temps en temps des revues de l'industrie minière canadienne, accompagnées de cartes minéralogiques régionales et d'une carte minéralogique générale du Canada.

La publication "Mineral industries of Canada" était la principale description annuelle et détaillée de ces industries canadiennes, présentée par minéral, de 1933 à 1956 sous l'égide de la Direction des Mines; pour cette raison, nous en présentons ici un bref historique. Comme nous l'avons mentionné au chapitre 3, cette série était publiée périodiquement pour distribution aux expositions mondiales et aux congrès de 1913 à 1933. De 1933 à 1938 la publication fut annuelle, puis interrompue pendant cinq ans durant la Deuxième guerre mondiale alors que paraissaient les rapports photocopiés limités aux personnes reliées à l'effort de guerre; en 1944 la publication redevint annuelle. Voici la liste chronologique de ces publications avec quelques détails, leur date et leur titre:

- 1913 "Les industries minières rentables du Canada", MB Rep 230 (Angl); 231 (Fr); préparé pour le Congrès international de géologie au Canada et l'exposition industrielle de Gand, en Belgique."
- 1914 "Les industries minières rentables du Canada", MB Rep 322; préparé pour l'exposition "Panama Pacific Exposition" à San Francisco en 1915.
- 1925 "Les industries minières du Canada", catalogué par A.H.A. Robinson; MB Rep 611 (Angl); MB Rap. 612 (Fr); préparé pour l'exposition de l'Empire britannique à Wembley, 1924-25.
- 1934 "Les industries minières du Canada, 1933" par A.H.A. Robinson; MB Rep 738 (Angl); MB Rap. 739 (Fr); 1934 "Les industries minières du Canada, 1933" par A.H.A. Robinson; édition abrégée. MB Rep 749 (Angl); MB Rap. 750 (Fr); 1934.
- 1935 à 1939 "L'industrie minière canadienne en 1934, 1935, 1936, 1937 et 1938"; MB Rep 760, 773, 786, 791, 804 respectivement.
- 1945 à 1955 "L'industrie minière canadienne en 1944, 1945, 1946, 1947, 1948 et 1949"; MB Rep 815, 820, 824, 827, 829, 830 respectivement. MB Rep 835, (Angl); 840 (Fr), 1950; 841 (Angl); 843 (Fr), 1951; 844, (Angl); 845 (Fr), 1952; 851 (Angl); 853 (Fr), 1953; Industrie minière canadienne (changement de nom) MB Rep 857, (Angl); 859 (Fr), 1954; et 862 (Angl); 863 (Fr), 1955. Le dernier volume comprenait également certaines marchandises non produites au Canada mais d'une certaine importance pour l'industrie.

Sous le titre "Les minéraux, le Canada et le monde" on publia, en 1957, un rapport spécial en deux volumes: MB Rep 860, contenant des cartes, des diagrammes et des graphiques, et 860S, contenant des statistiques. Ce rapport fut publié à l'occasion du Congrès des mines et de la métallurgie du Commonwealth, qui se tenait au Canada en 1957.

Lors du transfert de la Division des Ressources minérales aux quartiers généraux du Ministère en 1956, la série continua de paraître sous le même titre jusqu'en 1963; après cette date le titre devint "Annuaire des minéraux canadiens".

En 1939 on réalisa un film sonore "De l'or dans les graviers"; ce film ainsi qu'un film antérieur "Découverte d'un trésor au Canada" étaient très en demande auprès des groupes qui s'intéressaient à la montée de l'industrie minière de l'or au Canada. Les échantillons de minerais, provenant surtout des prospecteurs, étaient examinés et catalogués. Pendant les années de guerre, la Division s'occupa de la gestion des cartes d'identification des prospecteurs émises par les provinces, conformément aux règlements de guerre

sur l'emploi et le rationnement. On publia trois éditions du fascicule "Guide du prospecteur pour les minerais stratègiques au Canada".

Organisation de la Division des Ressources minérales

Après reconstitution de la Division des Minéraux industriels, la deuxième en 1950, la Division des Ressources minérales ne comprenait, en février 1951, plus que le personnel professionnel suivant:

Chef - G.C. Monture

Ingénieurs et chercheurs - E.S. Martindale, L.O. Thomas, W.M. Goodwin, R.E. Neelands, E.H. Wait, W.R. McClelland, R.J. Jones, H.A. Graves et E.A. Trevor

Statisticiens - D.D. Campbell, B.F. Burke

Bibliothécaire - Madeleine Saulter

La Division partageait alors ses locaux avec la Division des Minéraux industriels au numéro 40 de la rue Lydia.

Administration du Bureau des Mines (Direction des Mines)

Lorsque les Laboratoires de métallurgie physique furent terminés au 568 rue Booth, les quartiers généraux du Chef du Bureau des Mines y déménagèrent, quittant le 552 rue Booth. Parsons fut promu au poste de Chef en 1946 et devint Directeur de l'organisation qui reprit en janvier 1950 son ancien nom de "Direction des Mines"; il prit sa retraite en novembre 1951. En février 1950 voici quelle était l'organisation de l'administration du bureau:

Directeur - C.S. Parsons

Secrétaire - Nola Ferguson

Adjoint exécutif - W.H. Norrish

Agent d'administration en chef - T. Hartley Hawkins

Chef du personnel - J.E.H. Bowles

Documents secrets - H.N. Pickford

Chef mécanicien - S.J. Hayes

Ingénieur électricien - Chef, G.K. Brown

Entrepôt - W.A. Martineau

Affaires navales - V.A. McCourt

La Section des Affaires navales, sous la direction du commandant V.A. McCourt, dépendait directement du Chef du Bureau des Mines; cette section fut créée en 1948 lorsqu'elle fut rapatriée de Renfrew, où elle se trouvait pendant la guerre sous la direction de L.H. Cole avec un personnel plus important. La Section des Affaires navales fut installée aux Laboratoires de métallurgie physique pour y effectuer des travaux secrets de production et de réparation de matériel anti-sous-marin ainsi que des travaux de traitement de cristaux de quartz pour le contrôle des radifréquences. En 1965 ce groupe devint la Section de la Préparation et des Propriétés des matériaux, rattachée à la Division du Traitement des minéraux.

Il est bon de rappeler qu'avec sa modestie naturelle, Cole ne parlait jamais de l'importance de son travail durant la guerre ni de la décoration (M.B.E.) qu'il reçut du Roi en reconnaissance de sa contribution.

Changements dans l'infrastructure du Bureau des Mines, 1946-1950

La récapitulation suivante relate les différents changements qui affectèrent l'infrastructure du Bureau:

- 1946 - C.S. Parsons est nommé Chef du Bureau des Mines
- La Division des Minéraux métalliques devient la Division de la Préparation des minerais de métallurgie; R.J. Traill est chef de cette nouvelle Division, qui comprend trois sections:
 - Section de préparation des minerais de métallurgie extractive
 - Section de la céramique
 - Laboratoires de recherche en métallurgie physique, comprenant la Section de Métallurgie chimique.
- La Division de l'Économie devient la Division des Ressources minérales; G.C. Monture est chef de cette division qui comprend deux sections:
 - Section des Minéraux industriels (anciennement Division des Minéraux industriels)
 - Section de l'Économie
- 1948 - Le Groupe des minerais radioactifs devient la Division de la Radioactivité avec A. Thunæs comme chef
- La Division de la Préparation des minerais et de la Métallurgie change le nom de ses sections; ce sont les suivantes:
 - Section de la Préparation des minerais et des opérations métallurgiques
 - Le Laboratoire de spectrographie (considéré comme une section)
 - La Section de la céramique
 - Les Laboratoires de Recherche en métallurgie physique (le Dr John Convey est nommé Chef métallurgiste)
- 1949 - La Section de Métallurgie physique devient une Division avec John Convey comme chef
- La Division de la Préparation des minerais et de la Métallurgie devient la Division de la Préparation des minerais et des Opérations métallurgiques; R.J. Traill est Chef de cette Division qui comprend six sections:
 - Section de la Préparation des minerais
 - Section de la Métallurgie extractive
 - Section de la Métallurgie chimique
 - Section de la Céramique
 - Section de Chimie
 - Section de la Spectrographie
- 1950 - La Section des Minéraux industriels devient une Division avec M.F. Goudge comme Chef
- La Division de la Préparation des minerais et des Opérations métallurgiques change le nom de ses sections:

- Section de la Préparation des minerais
- Section de la Métallurgie extractive
- Section de la Métallurgie chimique
- Section de Chimie physique et de Chimie des cristaux
- Section d'Analyse chimique
- Section de Minérographie et de Spectrographie

Ces changements fréquents, en particulier dans l'ancienne Division des Minéraux métalliques, peuvent être interprétés comme une intention d'éviter de créer une lourde machine administrative, regroupant des scientifiques et des ingénieurs dans les différents secteurs de ce large domaine scientifique qu'est la métallurgie, qui avait fait de rapides progrès dans plusieurs directions pendant la période de guerre.

En effectuant des changements "à la base" pour maintenir une comptabilité interdisciplinaire entre les différents spécialistes on améliore souvent la productivité tout en évitant la prolifération inutile d'unités séparées. La sécurité était une préoccupation majeure dans la Division de la Radioactivité et, si l'on en juge par les résultats obtenus durant sa courte existence, c'était un groupe très productif. Quant à la Division des Minéraux industriels, il est difficile de comprendre ce qui motiva la décision de lui retirer son caractère distinctif pendant cinq ans, à moins que ce ne soit pour les deux raisons suivantes: reconstituer l'ancienne Division des Ressources minérales sous la direction de Monture qui avait une forte personnalité; d'autre part, permettre au groupe des minéraux industriels de partager l'important matériel du laboratoire de la Préparation du minerai dont le personnel, à la Division des Minéraux métalliques, avait une grande compétence dans le traitement de tous les minéraux non organiques. Il semblerait que les raisons qui justifiaient la création du Laboratoire des minéraux non-métalliques dans les années 20 et sa transformation en une division en 1936 s'appliquèrent de nouveau après la guerre lorsque la Division fut reconstituée en 1950.

CHARLES CAMSELL

On ne saurait terminer ce chapitre sans rendre hommage à Camsell, ainsi qu'aux hommes et aux femmes de professions et de métiers divers qui contribuèrent à un tel progrès des connaissances (depuis les cartes jusqu'aux produits miniers) durant la première moitié de ce siècle. Pendant 46 ans, Camsell travailla dans les ministères qui s'occupaient exclusivement des ressources non renouvelables; il avait acquis une profonde compréhension de ce qu'il appelait "le continuum des ressources", expression qui fut reprise plus tard par le Dr Jim Harrison, Sous-ministre adjoint, pour décrire comment les gouvernements doivent continuellement évaluer les ressources nationales pour en assurer l'utilisation profitable et responsable.

Ces travaux furent entrepris au siècle dernier par le service géologique et furent ardemment poursuivis depuis l'inauguration du Ministère des Mines. Le domaine visé recouvrait toute la gamme des ressources minérales et de leur conversion en métaux, produits non-métalliques et énergie; ce résultat fut atteint grâce à des études, des enquêtes scientifiques et des recherches ainsi qu'à des travaux de recherche et développement en métallurgie physique qui furent effectués sur une grande échelle pour contribuer sérieusement à l'effort de la Deuxième guerre mondiale.

Camsell était conscient du caractère non-renouvelable des ressources minérales. Il disait que le taux accéléré d'épuisement des ressources minérales des Etats-Unis favorisait les ressources canadiennes, presque vierges par comparaison, et augmentait l'importance des industries secondaires canadiennes dépendant des minéraux. Dans son rapport annuel pour l'exercice financier se terminant le 31 mars 1924, Camsell affirmait:

"Pour bien apprécier combien la civilisation moderne dépend de l'industrie minière, il n'y a qu'à envisager ce que le monde deviendrait si on arrêta la production du charbon, du pétrole, du fer et des autres métaux. Il suffit d'y penser un instant pour réaliser que l'industrie minière est le véritable fondement de la civilisation



C. Camsell, C.M.G., LL.D., F.R.S.C., portant la médaille de compagnon de l'Ordre de St-Michel et de St-George

moderne. C'est une industrie de base sans laquelle la plupart des autres industries ne pourraient fonctionner.

Ce n'est qu'après avoir pris conscience, d'une part, de l'importance de l'industrie minière dans la civilisation moderne et, d'autre part, de la très grande étendue de nos ressources minérales connues et potentielles, que nous comprenons combien la nature nous a avantagés, les responsabilités et les avantages qu'apporte cet héritage, et la place que nous devons finalement occuper parmi les nations de la terre.

Pourtant, la civilisation moderne épuise les réserves minérales à un rythme incroyable. Bien que l'opinion populaire ait tendance à croire le contraire, les réserves minérales sont limitées et une mine ne produit qu'une seule récolte. Les vieux pays épuisent graduellement ces réserves et doivent soit exploiter des gisements à plus faible teneur, soit s'approvisionner chez les pays jeunes, où les gisements à haute teneur ne sont pas encore épuisés. C'est là qu'apparaît la chance du Canada. Sa richesse connue en ressources minérales est grande, mais sa richesse potentielle est encore plus grande."

Dans son rapport annuel pour l'exercice financier se terminant le 31 mars 1925, Camsell parle d'abord de l'épuisement des ressources, puis expose l'importance des industries domestiques dépendant des minéraux:

"C'est surtout dans les nations occidentales que la consommation mondiale des minéraux a augmenté à un rythme beaucoup plus rapide que celui de la croissance de la population. Selon les meilleures évaluations, la population mondiale a augmenté d'environ 30% durant les dernières quarante ou quarante-cinq années. Durant cette même période, la production du charbon a augmenté d'environ 300%, celle de la fonte brute de près de 300%, celle du cuivre de plus de 1000% et celle du pétrole de plus de 2000%.

"Cet état de fait est important pour le Canada à cause de sa situation géographique par rapport au plus grand pays consommateur de minéraux au monde. On dit que les Etats-Unis, avec environ 5% de la population mondiale, consomment environ 42% de la production mondiale de charbon, 53% de celle du fer, 57% de celle de l'acier, 44% de celle du cuivre et 73% de celle du pétrole. Les Etats-Unis ont d'énormes ressources minérales, qui leur appartiennent, et disposent d'un surplus exportable dans plusieurs minéraux importants; il y a pourtant de fortes chances que leurs marchés en viendront tôt ou tard à accorder de l'importance à chaque gisement minéral de valeur au Canada, comme ce fut le cas pour certaines de nos autres ressources naturelles.

L'expansion de l'industrie minérale de fabrication est nécessairement un peu en retard par rapport à celle de l'industrie minérale de production, toutefois la position du Canada, pays jeune et en développement, a marqué et continue de marquer un important progrès dans ce domaine. Le nombre d'usines qui, en 1924, étaient en fonctionnement et qui fabriquaient des marchandises d'origine minérale atteignait 10 719. Ces usines représentaient un investissement en capital de \$1 550 000 000 et fabriquaient des marchandises d'une valeur de \$879 000 000. Le Ministère des Mines ne s'intéresse pas autant à ce type d'industries et de traitement ultérieur des minerais, mais la position de l'industrie minérale de fabrication est une indication de l'importance et de la valeur relatives de ces deux groupes d'industries pour le pays, ainsi que du besoins de développer ce secteur d'industrie de fabrication secondaire basée sur nos propres produits minéraux bruts."

Camsell se rendait parfaitement compte de la concurrence à laquelle les minerais et les produits minéraux canadiens devaient faire face sur les marchés mondiaux. Il suffit pour cela de constater avec quel dynamisme il s'efforça de développer les marchés britanniques et européens durant les années 20. Camsell manifestait son intérêt technique personnel dans les programmes du Ministère comme Sous-ministre et comme président du Conseil canadien des combustibles. Il était au courant des difficultés que le Canada avait connues dans le domaine des combustibles fossiles durant et après la Première guerre mondiale. Il cherchait des solutions de rechange, et voici, à ce sujet, un extrait de son rapport annuel pour l'exercice financier se terminant le 31 mars 1928:

"En automne 1927, le Sous-ministre accompagna le Ministre des Mines lors d'une visite à plusieurs centres européens où on effectuait des travaux expérimentaux dans le traitement des combustibles. L'itinéraire de ce voyage fut planifié en coopération avec le "British Fuel Research Board" et des organismes officiels allemands pour choisir les endroits où l'on effectuait les travaux les plus avancés dans ces deux pays. On fit l'inspection de quatre distilleries à basse température en Allemagne et huit usines en Angleterre, au sud du Pays de Galles, à Londres, dans les Midlands et en Ecosse. Ces investigations nous permirent d'obtenir de précieuses informations susceptibles de s'appliquer au traitement de certains types de combustibles canadiens dans les cas où ces développements pourront s'adapter aux conditions canadiennes. On étudia également plusieurs procédés conçus pour liquéfier le charbon ou convertir le charbon en pétrole. On put inspecter une petite unité utilisant le procédé Bergius à la Station britannique de recherche en

combustibles à Greenwich, et observer des essais pour mettre à l'épreuve le procédé Fischer à l'Institut de recherche sur le charbon "Kaiser Wilhelm" de Mülheim dans la Ruhr. On put également obtenir des informations sur un troisième procédé avec lequel on fait en ce moment des essais à Leuna en Allemagne. Les possibilités de ces différents développements sont particulièrement intéressantes pour le Canada à cause de ses grandes réserves de charbons de basse qualité. Bien que la liquéfaction du charbon en soit encore aux premiers stades de développement, d'importants progrès ont déjà été réalisés et il est hautement souhaitable de suivre de près les développements dans ce domaine. Pendant son voyage en Europe, le Sous-ministre participa à une réunion du conseil exécutif international de la Conférence mondiale de l'énergie qui se tenait à Cernobbio, près de Côme, en Italie, du 5 au 10 septembre, ainsi qu'à des réunions à Londres du Conseil consultatif de l'Institut impérial sur les minéraux."

Ce voyage d'études a sans doute joué un rôle dans l'engagement, en 1930, du Dr T.E. Warren qui commença le programme d'hydrogénation à la Direction des Mines, ainsi que dans l'important programme de carbonisation qui fut entrepris dans le nouvel édifice des combustibles, érigé en 1929. Il est bon de remarquer que, lors de certains de ses voyages en Europe où il participait à des rencontres de la Conférence mondiale de l'énergie, Camsell était accompagné par B.F. Haanel, chef des combustibles, qui présentait généralement une communication. Il ne fait aucun doute que, durant ces voyages, les discussions devaient porter sur des questions d'énergie concernant la Direction des Mines. Un tel contact étroit entre d'une part le Sous-ministre et d'autre part les programmes de recherche et de développement du Ministère, ne se répéta pas dans les années ultérieures.

On a dit que Camsell favorisait la Direction des Mines et le Bureau des Mines par rapport à la

Commission géologique, mais il ne semble pas en être ainsi lorsqu'on examine les répartitions budgétaires; il suffit de regarder les quelques exemples d'octrois durant la période du Ministère des Mines et de dépenses ordinaires durant la période du Ministère des Mines et des Ressources.

Il ne fait aucun doute que, durant la période où il exerçait ses fonctions, Camsell développa la Direction des Mines et le Bureau des Mines. Pendant la Deuxième guerre mondiale on avança des fonds spéciaux aux deux Bureaux pour des programmes reliés à l'effort de guerre, mais l'affectation était combinée pour la Direction des Mines et de la Géologie; c'est ainsi que les dépenses de guerre de la Direction s'élevèrent à \$1 388 926 durant l'exercice 1944-45 et il est fort possible que ce soit la métallurgie physique qui ait reçu une grande partie de l'affectation spéciale de temps de guerre.

Camsell jouissait de la confiance et du respect de l'industrie minière ainsi que des agences provinciales et autres, car il croyait à la coopération. On pouvait en voir les effets dans les relations cordiales qui existaient entre l'industrie et le personnel du Ministère. Cette politique de "porte ouverte" à l'industrie, débutée du temps du Dr Haanel, fut maintenue au bénéfice des deux parties dans l'échange de connaissances et d'informations; il n'y avait aucune restriction dans les visites aux concessions et aux usines. Cette situation favorisa le développement de plusieurs générations de spécialistes compétents dans le domaine des ressources.

Camsell dirigea le Ministère pendant les années difficiles, et bien différentes, de la dépression et de la guerre, s'efforçant d'éviter que les ressources humaines ne soient affectées par chacun de ces cataclysmes. Il jouissait de la confiance et du soutien des Ministres Crerar et Gordon, dirigeant les deux importants Ministères dont relevaient la Direction des Mines et la Commission géologique du Canada. Camsell, le "Fils du nord", a vraiment laissé sa marque dans la vie canadienne.

Comparaison entre les budgets de la Section et du Bureau des Mines et les budgets CGC (\$)

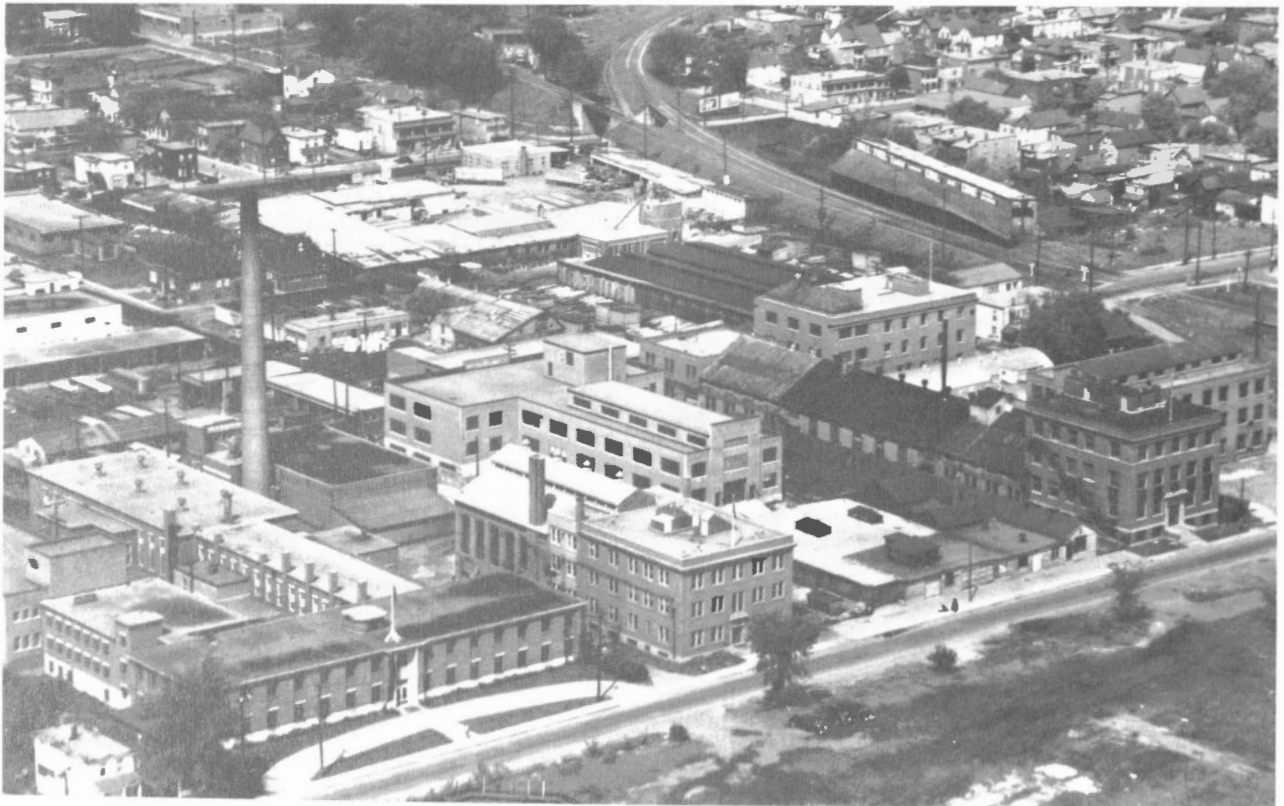
	Date de fin d'exercice financier	Direction des Mines/ Bureau des Mines	Commission Géologique
<u>Ministère des Mines</u>			
Octrois	31 mars 1924	422 619 (1)	645 419 (2)
Octrois	31 mars 1929	654 460 (1)	658 045 (2)
Octrois	31 mars 1933	467 990 (1)	515 928 (2)
Octrois	31 mars 1936	439 705 (1)	534 136 (2)
<u>Ministère des Mines et des Ressources</u>			
Dépenses ordinaires	31 mars 1940	455 568	740 165
Dépenses ordinaires	31 mars 1945	429 742	712 551

(1) Comprend les dépenses du Conseil canadien des combustibles

(2) Comprend les dépenses du Musée national

Jusqu'à la fin de la Deuxième guerre mondiale, le Canada tout entier pratiquait l'austérité, en particulier dans le secteur public. La population de cet immense pays était alors moins de la moitié de la population actuelle, durant la plus grande partie de la première moitié de ce siècle. A la fin de la Deuxième guerre mondiale, les fonctionnaires, à l'exception des directeurs, touchaient des salaires annuels qui se situaient entre \$1000 et \$4500, et pour la plupart en

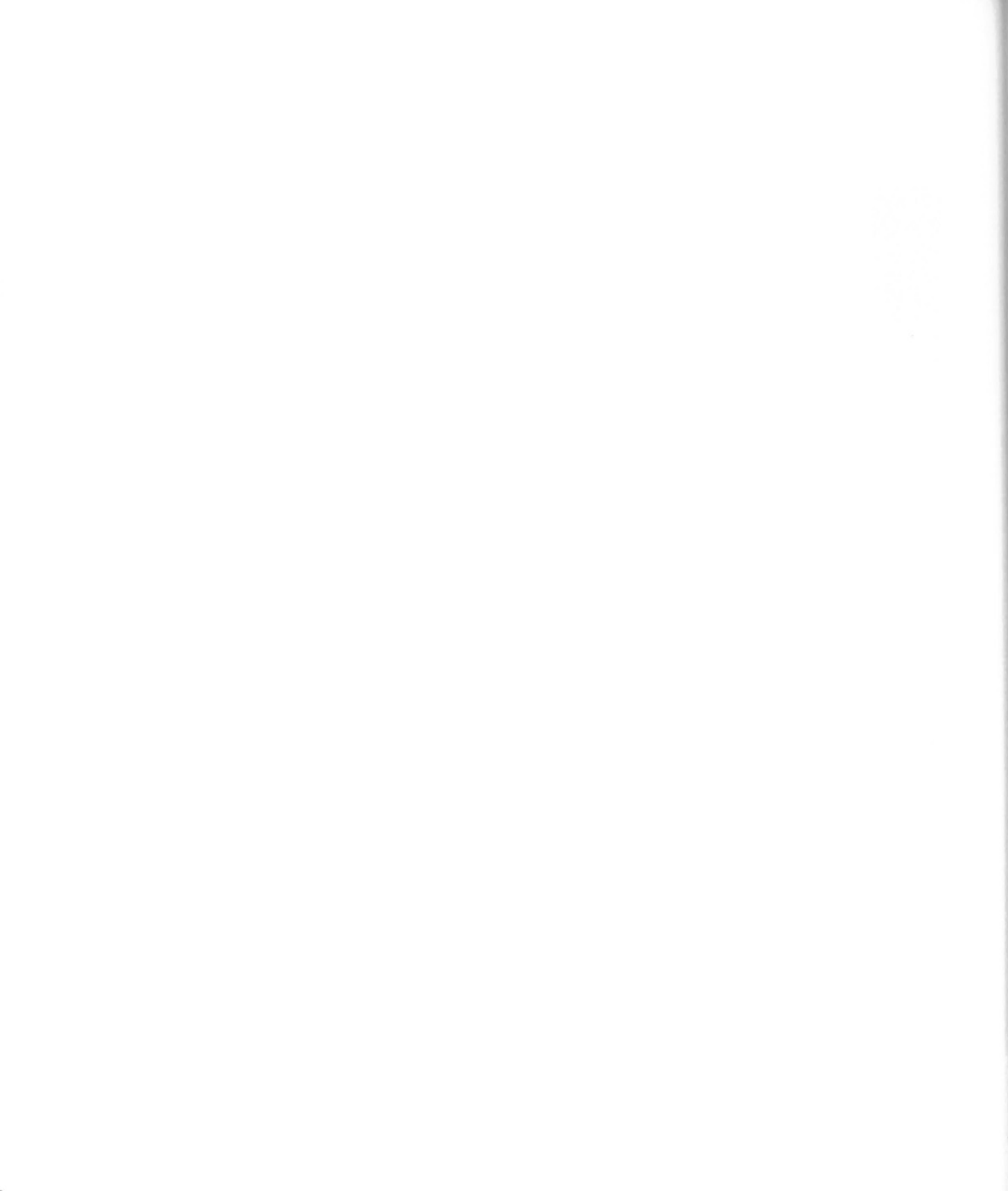
bas de cet intervalle. Il est juste de rendre hommage à ces durs travailleurs de la première moitié du siècle qui méritent les mêmes remarques que celles qui furent prononcées en l'honneur du Dr G.C. Monture en 1966, lorsqu'on lui remit la Médaille Vanier de l'Institut d'administration publique du Canada: "Slim Monture est un canadien qui a fait son apprentissage comme nous tous durant de longues et difficiles années d'austérité financière, d'ennui et de frustrations, et pourant il ne se découragea jamais ..."



Direction des Mines, rue Booth, au début des années 50



C.S. Parsons trouve le temps de discuter du programme des sables bitumineux, malgré sa participation à l'urgent programme d'énergie atomique en 1948. De gauche à droite: F.L. Booth, Dr T.E. Warren, C.S. Parsons, E.J. Burrough et R.E. Carson



CHAPITRE 6

LES ANNÉES DE CROISSANCE AU CANADA — PLACE À LA SCIENCE (1951-1966)

MINISTÈRE DES MINES ET RELEVÉS TECHNIQUES, 1949-1966

A l'aube de la deuxième moitié de notre siècle, l'industrie des minéraux au Canada connaissait une croissance prometteuse. La production minérale atteignait un sommet de \$567 millions en 1942, pour redescendre jusqu'en 1945, à un niveau de \$499 millions seulement. Elle reprit alors sa croissance, passant à \$645 millions en 1947, pour accélérer au cours des quatre années suivantes, et atteindre un volume double, \$1245 millions, en 1951. Au cours des neuf années suivantes, la valeur doubla de nouveau, passant à \$2495 millions en 1960; en 1966, elle atteignait \$3981 millions. Ainsi, depuis 1950 la valeur des minerais métalliques avait été multipliée par trois, celle des minéraux industriels par près de quatre, et celle des carburants par cinq. Ces valeurs ne tiennent pas compte de l'inflation, mais le taux de celle-ci était assez modeste jusqu'à 1964 environ.

Cette richesse minérale était suffisante non seulement pour satisfaire aux besoins d'une industrie manufacturière en expansion, mais également pour assurer un excédent d'environ 60% de la production totale, qui assurait un revenu d'exportation important. Les exportations de minéraux et de métaux croissaient de 1950 à 1967 au taux de 10,3% par an, à comparer à 7,8% par an pour l'ensemble des exportations de marchandises; leur valeur atteignit près \$3,5 milliards. Naturellement, ce chiffre incluait la valeur

ajoutée par le traitement, et représentait 31% de l'ensemble des exportations de marchandises. En 1967, les importations de minerais, de minéraux et de ferrailles représentaient un total de \$780 millions, dont \$521 millions étaient représentés par les importations de carburants - charbon et pétrole. C'était là une situation très satisfaisante par comparaison avec les temps passés; le pays avait presque atteint l'autonomie dans le domaine des minéraux. Les chiffres précédents sont données en dollars courant, les prix des métaux et autres minéraux faisant l'objet d'un contrôle international, et fluctuant dans des limites étroites. L'indice des prix de gros montait au taux d'environ 2% par an pendant cette période.

Certains des facteurs auxquels est due la prospérité de cette période peuvent se résumer comme suit: (1) Amélioration de la situation du Canada dans le domaine des hydrocarbures. La découverte de pétrole au puits Leduc No 1 en février 1947 marqua une étape importante dans la vague d'exploration à la recherche de pétrole et gaz naturel, qui en quelques années allait fournir des réserves suffisantes pour approvisionner les marchés intérieurs de l'ouest et s'étendre vers l'est jusqu'à Port Hope en Ontario, réduisant les importations de pétrole brut bon marché aux besoins des raffineries des Maritimes et de Montréal, qui desservaient les marchés des Maritimes, du Québec et de l'est de l'Ontario. Cette situation permettait des exportations de l'ouest du pays vers les Etats-Unis, d'un

niveau à peu près équivalent à la quantité de pétrole brut importée dans l'est du pays. (2) Réalisation de l'autonomie quant au minerai de fer intérieur, due à la production au Labrador et au Nouveau-Québec; celle-ci assurait un excédent important pour l'exportation, bien que l'on poursuivît certaines importations sélectives à partir des Etats-Unis. (3) Une forte demande étrangère sur le cuivre, le nickel, le zinc et l'amiante. (4) Il s'agissait d'une période de reconstruction en Europe et ailleurs après la guerre, et la concurrence du Tiers-Monde commençait à peine; par conséquent, la concurrence n'était pas aussi sérieuse que par la suite. (5) Le pays recevait des quantités importantes de capitaux, permettant d'importantes nouvelles entreprises de production, particulièrement les entreprises fondées sur les exploitations à ciel ouvert avec des machines de terrassement à forte capacité mises au point pendant la guerre, qui réduisaient énormément les coûts d'exploitation.

Il peut être intéressant de comparer le produit national brut, indice de l'économie canadienne, pour trois dates, savoir les années précédant et suivant immédiatement la guerre, et 1966; les valeurs sont données en dollars courants et en dollars constants 1949.

Produit national brut du Canada

Année	en millions de dollars courants	en millions de dollars constants (1949)
1939	5 636	9 536
1946	11 850	15 446
1966	58 120	36 028

Ces chiffres indiquent plus qu'un doublement du produit national brut du Canada au cours des vingt années suivant la guerre, soit une augmentation de 130% en dollars constants, alors que la population n'augmentait que d'environ 40%. Un aspect négatif de la situation était l'accélération du taux d'épuisement des minéraux. Ainsi, de 1947 à 1966 la valeur cumulée de la production minérale du Canada représentait \$41,4 milliards, alors qu'au cours de la période précédente de 61 ans, depuis le début des archives minérales du Canada (1886-1946), la valeur totale cumulée de la production minérale ne représentait que \$11,8 milliards. Tous ces chiffres sont présentés en dollars courants, pour une période où le taux d'inflation et les fluctuations des prix internationaux des métaux et minéraux présentaient des valeurs modestes. Par contre, au cours des dix années suivantes, de 1967 à 1976, la valeur de la production était de \$80,8 milliards, avec une augmentation considérable de l'inflation, particulièrement dans le domaine des carburants et des minéraux industriels.

Lors de la formation du ministère en 1949, George Prudham fut nommé ministre à part entière, le premier

de l'histoire de la Direction des Mines; il s'occupait uniquement des relevés techniques, des mines et des minéraux. Le rapport inaugural du ministère, pour l'année fiscale se terminant le 31 mars 1950 mentionnait spécifiquement ce fait, ainsi que les objectifs du nouveau ministère, come suit:

"Le Ministère a été créé à cause de l'opinion de plus en plus répandue, particulièrement chez les personnes intéressées à l'exploitation minière, que l'industrie minérale et les rapports du gouvernement avec cette industrie avaient revêtu une importance telle qu'il convenait de nommer un ministre de la Couronne, dont toute l'attention serait consacrée aux domaines des mines et de l'industrie minière."

"Dans l'organisation du ministère, le Gouvernement s'est rendu au désir de l'industrie en attribuant à d'autres ministères de l'administration des divisions de l'ancien ministère des Mines et Ressources comme les Affaires indiennes, le Service forestier et l'Immigration. Comme il est présentement constitué, le ministère des Mines et des Relevés techniques forme un organisme complet qui a pour fonction première d'apporter une aide technique à l'exploitation des ressources minérales du Canada au moyen d'études, d'investigations et de recherches dans le domaine de la géologie, de la préparation mécanique du minerai et de la métallurgie, ainsi que dans les relevés topographiques, géodésiques et autres. Bien que le Ministère n'eût fonctionné que depuis quelques mois à la fin de l'année financière, les articles de rédaction et autres commentaires dans les journaux techniques et miniers soulignaient que sa création avait été favorablement accueillie par les cercles miniers du Canada."

Cette attitude d'orientation vers les minéraux se poursuivait avec le Docteur G.S. Hume, Directeur général des Services scientifiques jusqu'en 1956, date à laquelle il donna sa démission pour assumer un poste dans l'industrie du pétrole et du gaz. Il fut remplacé par le docteur W.E. van Steenburgh, qui, tout en reconnaissant l'importance de l'industrie des minéraux, considérait le ministère comme un organisme scientifique à grande portée, s'occupant principalement de recherche à long terme sur les ressources naturelles, comme l'indiquent les déclarations suivantes des rapports annuels de 1958 et 1961: "En 1958, le Ministère a donné une ampleur toujours plus grande au développement de son programme de recherches fondamentales et appliquées. Comme dans le passé, il a fait une large place aux problèmes techniques immédiats qui confrontent l'industrie minière, mais beaucoup de travaux entrepris en 1958 trahissaient le besoin urgent d'études scientifiques fondamentales." "En 1961, le ministère des Mines et des Relevés techniques a entrepris de vastes travaux en laboratoire et sur le terrain; plusieurs sphères de l'économie canadienne en ont profité, et, dans le domaine scientifique, le pays a vu sa réputation s'affermir."

Au cours de cette période, il y eut d'autres déclarations de ce genre. On prit des mesures pour mettre en oeuvre ce changement de politique. Ainsi furent lancés en 1959 le projet du Plateau continental polaire et le programme de Recherches océanographiques. Ce dernier entraîna la formation en 1960 de la Division des Sciences de la Mer, dans la Direction des Levés et de la Cartographie. On constitua en 1961 une Direction des Sciences de la Mer distincte, et on établit en 1962 un centre de recherche océanographique composé d'un édifice de laboratoire connu sous le nom d'Institut Oceanographique de Bedford avec les navires océanographiques associés. L'accroissement des activités dans les sciences de la mer, y compris le Service hydrographique canadien, acquit un statut prioritaire dans le ministère, avec un budget passablement supérieur à ceux des autres directions. L'accent portant sur les sciences non minérales est illustré dans le tableau résumant les dépenses ordinaires des plus grosses directions du ministère au cours de la période 1959-1962.

Dépenses ordinaires - Ministère des Mines et
Relevés techniques (milliers de dollars)

Année	Levés et Cartographie	Commission géologique	Direction des Mines	Sciences de la Mer
1959	9 029*	3 367	3 690	-
1960	11 300*	4 133	4 258	-
1961	15 550*	5 346	4 837	-
1962	6 012	6 026	5 002	11 514

*Y compris Division de Recherche océanographique

La Direction des Sciences de la Mer ne resta pas longtemps associée aux ressources minérales (non renouvelables) et fut transférée en 1970 au ministère de l'Environnement, qui était responsable de toutes les ressources d'eau, à l'exception de leur utilisation énergétique.

Pour rendre justice au docteur van Steenburgh et au docteur Marc Boyer, sous-ministre, la recherche dans les sciences de la mer était une décision du Cabinet, qui est expliquée dans le paragraphe suivant du Rapport annuel de 1961:

"(L'étude de la plate-forme continentale polaire)... a été entreprise conformément à la décision du Cabinet fédéral, prise en 1958, de faire des levés et des recherches scientifiques dans la région générale constituée par la plate-forme continentale du Canada arctique. Cette décision découle surtout de l'un des voeux adoptés, la même année, lors de la Conférence internationale sur les lois de la mer, tenue à Genève, voeu selon lequel les richesses minérales et autres sous-jacentes à toute plate-forme continentale devraient être considérées comme appartenant au pays qui revendique le littoral avoisinant."

Par conséquent, dans une certaine mesure, le programme du Plateau continental arctique canadien revêtait une importance en rapport avec la souveraineté du Canada dans le nord.

Le docteur van Steenburgh, s'efforçant d'attirer des chercheurs de grand calibre pour tous ces programmes, considérait que la classification d'alors, avec les catégories Agent scientifique, Mines (3 niveaux) et Agent scientifique supérieur, Mines (3 niveaux) établie en 1954 pour remplacer la classification précédente du ministère des Mines et des Ressources, soit Chercheur, Mines ou Ingénieur, Mines, était inadéquate. Il prit des initiatives dans la mise au point d'un avancement continu de carrière pour les chercheurs scientifiques, selon lequel un chercheur scientifique entrant dans la Fonction publique pouvait envisager un avancement de carrière en fonction des preuves de productivité créatrice, évaluées chaque année par les Comités d'évaluation de la Direction et du Ministère. Cet avancement se faisait sous forme de trois niveaux - Chercheur scientifique (RS) 1 à 3, et dans les cas exceptionnels RS4. Des salaires très attrayants correspondaient à ces classifications. L'Institut professionnel de la Fonction publique reconnut les efforts de van Steenburgh en lui octroyant la médaille d'or de l'Institut pour son travail dans ce domaine. Les directions et les chercheurs supérieurs consacrèrent un temps considérable à la mise en oeuvre de ce nouveau système de classification.

Dans le cas de la Direction des Mines, on rencontra quelques difficultés. Ce système favorisait les chercheurs titulaires d'un doctorat, preuve formelle de leur formation à la recherche, qui continuaient au cours de leur carrière à publier des communications scientifiques. Dans la Direction des Mines, il y avait une forte proportion de travaux de génie, qui comportaient non seulement l'exploitation des installations industrielles à grande échelle, mais également leur conception, leur adaptation et leur montage, qui exigeaient des capacités créatrices que les laboratoires industriels considéraient d'ordinaire comme faisant partie du processus de recherche et développement. Toutefois, dans le système de classification proposé, ces aptitudes ne pouvaient être reconnues, et c'était là une des difficultés principales du système.

Une autre difficulté concernait les chimistes, qui devaient s'occuper de matériaux complexes exigeant la mise au point de procédures analytiques spéciales et de recherches particulières, qui ne pouvaient être standardisées que plus tard. Le Conseil du Trésor, qui établit les règles de classification, avait tendance à considérer la fonction de la plupart des chimistes comme ayant un caractère régulateur (contrôle de qualité). Finalement, une bonne partie des travaux de recherche et développement était effectuée par des groupes comportant une gamme collective étendue de qualifications scientifiques et de génie. Le directeur reconnaissait totalement l'importance des

activités d'équipe dans une organisation comme la Direction des Mines, et l'absence d'homogénéité des employés professionnels. Son critère de qualification pour la catégorie de chercheurs scientifiques était une aptitude à recherche démontrée au travail. Progressivement, le système d'évaluation de la Direction fut adopté, et dans l'ensemble accepté par le personnel. Il est dommage que le système d'avancement de carrière n'ait pu être appliqué de manière plus vaste dans la Fonction publique, pour encourager l'augmentation de la productivité.

Vers la fin de la période examinée, on vit apparaître dans le public, non seulement au Canada, mais à divers degrés dans l'ensemble du monde occidental, un certain nombre d'attitudes apparentées. Celles-ci peuvent se résumer comme suit:

- (1) accroissement de la conscience sociale,
- (2) méfiance envers l'énergie nucléaire et envers la participation des chercheurs scientifiques à une technologie "destructrice",
- (3) préoccupation concernant la pollution de l'environnement, et
- (4) préoccupation concernant l'épuisement des ressources.

L'effet d'ensemble de ces opinions sur les gouvernements fut d'accorder une priorité plus forte aux aspirations sociales et culturelles des populations, dans le cadre d'une idée plus vaste de la qualité de la vie. L'intérêt et la sympathie du public s'écartèrent des sciences physiques et de la technologie "de la croissance", pour se porter plus fortement vers les sciences de la vie, et particulièrement l'écologie. Le Canada a poursuivi cette orientation depuis la fin des années 60 jusqu'à l'heure actuelle.

Une autre tendance importante du gouvernement apparut vers la fin de cette période. Il s'agissait du système de planification et budget par programme, en grande partie adapté de la pratique des Etats-Unis. Ce système s'écartait du système plus ancien de financement par allocations, ministères et organismes, lui substituant le financement de programmes exigeant des chefs une justification détaillée de leur poursuite. L'évolution entraîna de la part des responsables de décisions une approche en termes de priorité, classant les programmes dans le but de réduire ou supprimer les fonds accordés aux programmes de faible priorité. Il ne fait pas de doute qu'en particulier pour la recherche bien définie à long terme le système institutionnel était plus approprié que le système par programme. Toutefois, à cette époque le gouvernement commençait à rejeter ce point de vue, et tendait à établir une équation entre les programmes de recherche et développement et les programmes de service au public bien définis. Les adaptations nécessaires de la part du ministère et des directions pour passer des programmes institutionnels aux programmes de recherche et développement formalisés absorbèrent une bonne partie du temps des

responsables supérieurs jusqu'au cours des années 1970. Il y a lieu de rendre justice aux chercheurs scientifiques que l'on a accusés de prolonger leurs projets indéfiniment; il ne fait pas de doute que peu d'entre eux désiraient poursuivre des routes non prometteuses, dans la mesure où ils cherchaient d'ordinaire à obtenir des résultats positifs dans leurs projets.

JOHN CONVEY, CINQUIÈME DIRECTEUR DE LA DIRECTION DES MINES

John Convey, que beaucoup de ses amis et associés appelaient "Dr. John", fut à la tête de la Direction des Mines plus longtemps qu'aucun de ses prédécesseurs - 22 ans - de novembre 1951 à novembre 1973. Il devint alors conseiller supérieur du ministère pour les mines et la métallurgie, prenant sa retraite en mars 1975 au bout de 27 années de service dans le ministère.

Convey était né en 1910 dans une famille de mineurs à Craighead, County Durham, Angleterre, où il obtint son éducation primaire et secondaire, avec beaucoup de succès. Il manifesta également son aptitude pour les sports, particulièrement en football association, mieux connu au Canada sous le nom de soccer, et



John Convey, cinquième directeur de la Direction des Mines (Photo - George Hunter)

accepta presque de devenir professionnel dans ce sport. Il arriva au Canada en 1929 avec sa famille, s'établissant à Clandonald en Alberta. Il fréquenta l'université de l'Alberta, obtenant en 1933 un baccalauréat spécialisé en physique, et y resta comme démonstrateur et chargé de cours en 1936 et 1937, pour obtenir une maîtrise en 1936 en Physique atomique, un diplôme d'enseignement secondaire et une bourse Henry Tory. En 1938, il obtint une bourse du Conseil national de recherches, et en 1939 une bourse d'étudiant, qui lui permirent d'achever ses études supérieures à l'université de Toronto, où il obtint un doctorat en Physique atomique en 1940.

Convey s'engagea dans la RCNVR en mars 1940; après avoir reçu son grade d'officier, il se rendit immédiatement en Grande-Bretagne, détaché à la Royal Navy. Après Dunkerque, son poste était à terre, et il resta quelque temps à Portsmouth; toutefois, il passa la plus grande partie de son temps aux Sheffield Laboratories du Département de Recherche scientifique de la Royal Navy, travaillant à la recherche opérationnelle en métallurgie en relation avec l'effort de guerre. Il coopéra étroitement avec les universités et les laboratoires industriels britanniques. En 1942, le British Institute of Physics le nomma Fellow, et lui attribua le Prix Sorby pour originalité dans la recherche. En 1944 et 1945, il assuma aux Etats-Unis et au Canada des fonctions spéciales, au cours desquelles il effectua des visites aux laboratoires de l'industrie et du gouvernement; au début de 1946, il assumait la tête d'un groupe britannique de renseignement, effectuant les interviews des chercheurs scientifiques en physique des métaux et physique nucléaire en Allemagne.

Après sa démobilisation en 1946, il fut nommé professeur agrégé à l'université de Toronto, où il organisa l'extension du département de Physique à Ajax, pour un effectif d'étudiants d'après-guerre comportant 400 étudiants du premier cycle et 12 étudiants des cycles supérieurs, avec un personnel de 12 professionnels.

En 1948, Convey accepta le poste de métallurgiste en chef des laboratoires de métallurgie physique, et fut nommé chef de la division de Métallurgie physique à sa formation en 1949. On se rappellera que le docteur G.S. Farnham était chercheur en chef aux LRMP jusqu'en 1946, date à laquelle il accepta un poste à l'International Nickel Company of Canada, Ltd. La même année, Parsons fut nommé chef du Bureau des Mines, et pendant deux ans rechercha un chercheur scientifique possédant de l'expérience dans la physique nucléaire et la physique des métaux, car il reconnaissait l'importance et la complexité de l'énergie atomique. Les réalisations académiques et de recherche de Convey, sur une période de 15 ans depuis son baccalauréat, l'impressionnèrent, et menèrent à sa nomination de Directeur de la Direction des Mines à la retraite de Parsons en 1951.

Tout en conservant son intérêt particulier en

métallurgie physique, il élargit la portée de ses études dans les sciences appliquées aux ressources minérales, devenant bientôt un des porte-paroles principaux du Canada pour la recherche et le développement dans le domaine des minéraux et des métaux. La lucidité de son style dans ses cours et ses communications attira l'attention tant au Canada que sur la scène internationale, et entraîna une demande considérable de la part de diverses organisations scientifiques et autres. Les universités et autres organisations demandaient ses conseils. C'est ainsi qu'il fut fait membre de commissions ou comités consultatifs des Facultés de Sciences appliquées aux universités d'Ottawa et McMaster, du comité métallurgique du projet de l'Energie atomique, du comité britannique de recherche sur les métaux non ferreux, et du Conseil d'administration du Canadian Welding Bureau. Il était également conseiller en métallurgie pour le Comité de recherches pour la défense, et Président du Comité canadien de la Recherche sur le magnésium. Toutes ces nominations eurent lieu pendant la première période de sa carrière dans la Direction des Mines. Pour éviter de devenir "un homme de comité", il invita des associés de la Direction à prendre sa place dans les réunions, et en général délégua ses responsabilités à son personnel. En plus du respect qu'on lui portait, démontré par les demandes de conseils, un certain nombre de distinctions manifestèrent la reconnaissance de ses réalisations en une brève période de temps; la médaille Blaylock de l'Institut canadien des Mines et de la Métallurgie en 1956, pour sa contribution au développement de l'énergie atomique l'utilisation contrôlée de Canada, ainsi que des doctorats honorifiques en sciences de l'université McMaster en 1959 et de l'université de Windsor en 1965. Il trouva le temps d'enseigner un cours de physique et de mécanique à l'université d'Ottawa le samedi, pour se maintenir "en forme" en répondant à des questions pertinentes de la part de ses étudiants à l'esprit incisif.

Par la suite, la reconnaissance des contributions de Convey à la métallurgie en particulier, et plus généralement aux activités de recherche et développement dans les sciences appliquées, connut son point culminant dans les nominations suivantes: en 1962-63, Membre du Conseil national de la Productivité et Président du sous-comité sur la Recherche appliquée; en 1962-63 élection au Comité exécutif pour sept ans, et à la présidence pour 1966 et 1967, et en 1970 nomination de Fellow de l'American Society for Metals, la plus grande association professionnelle de métallurgistes au monde; nomination à la présidence du Comité technique et à la présidence générale de deux Congrès des mines et de la métallurgie du Commonwealth - le 6ième en 1957 et le 10ième en 1974-présidence de deux ans de l'Association canadienne de normalisation en 1974. Il ne s'agit pas là d'une liste complète des nominations et récompenses reçues par Convey pendant sa carrière.

Pendant la période de fonction de Convey, la Direction des Mines se développa et prospéra, en partie

en raison de la prospérité générale du Canada pendant les quinze premières années de la deuxième moitié du siècle. Le financement gouvernemental était généreux, passant d'environ \$2 millions en 1952 à près de \$4 million en 1960 et près de \$6 millions en 1965. Par la suite, le taux d'augmentation fut plus faible, dans la mesure où d'autres parties du ministère recevaient des allocations plus importantes. Le personnel augmenta de 40%, passant de 500 environ à 700 au cours des quatorze années 1952-1965.

A la démission de George Hume en 1956, avec la nomination de van Steenburgh au poste de Directeur général des Services scientifiques, l'orientation scientifique du ministère notée dans le préambule de ce chapitre produisit une situation quelque peu ironique. On avait à la tête de la Direction des Mines un homme de grande valeur académique et de recherche, sans doute le meilleur dans les niveaux supérieurs du ministère à l'époque, qui sans aucun doute aurait pu entraîner la Direction dans un rôle très scientifique ou même académique, l'écartant ainsi de son objectif historique d'aider l'industrie à optimiser la récupération des ressources minérales de la nation. Il faut porter au crédit de Convey le fait qu'il ne se laissa pas entraîner dans ce sens alors favorisé. La Direction effectuait des recherches scientifiques fondamentales, mais Convey reconnaissait que la recherche scientifique en général doit pouvoir passer le seuil et se traduire en technologie. Le domaine du traitement constitue un bon exemple, où il fallait un mélange de science et de génie, dans un travail d'équipe.

La direction de Convey se poursuivit pendant l'ère du ministère actuel de l'Energie, des Mines et des Ressources, formé en 1966. Par la loi sur les Ressources et les Relevés techniques, le ministère, par l'intermédiaire de son ministre, reçut un mandat important de décision politique dans le domaine des minéraux, de l'énergie et des eaux; ceci entraîna l'organisation d'un niveau intermédiaire de conseillers de politique auprès du ministre et des cadres supérieurs, réduisant ainsi le rôle consultatif des directions opérationnelles, riches de connaissances détaillées dans les diverses sciences et technologies. Convey était fier des divers spécialistes de la Direction des Mines, dont beaucoup possédaient une connaissance pratique de l'économie de leur domaine particulier; il considérait que ce changement de politique du ministère créait un niveau supplémentaire de bureaucratie. D'autre part, les cadres supérieurs n'aimaient beaucoup son attitude de nonchalance envers le ministère, ce qui entraînait une certaine isolation pour la Direction.

Le style de Convey dans ses relations avec le personnel et les gens en général était très informel et détendu. La porte de son bureau était toujours ouverte à tous. Il accordait une autonomie considérable aux chefs de division et au personnel supérieur dans la Direction. En fait, il menait les affaires de la Direction dans la tradition de libéralisme de l'université.

Il encourageait ceux qui désiraient des qualifications académiques supérieures à entreprendre des études académiques supplémentaires dans leur temps libre. Les membres du personnel qui n'aimaient pas leur travail étaient mutés à des tâches qui leur convenaient mieux. Ceci était particulièrement apprécié par ceux qui pouvaient ainsi améliorer et développer leur carrière. Toutefois, certains critiquaient Convey, le jugeant trop indulgent avec les personnes faibles ou improductives. Il n'aimait pas les systèmes administratifs et les procédures formalisées, crédo du bureaucrate, et ceci entraînait une certaine friction avec l'administration du ministère.

Convey et la Direction avaient hérité l'esprit de corps présent dès le début de la Direction, probablement en raison du degré élevé de travail d'équipe nécessaire dans la plupart de ses activités. Convey améliora encore cette situation, dans le contexte d'une communauté beaucoup plus vaste. C'est sans doute par son humanisme que les générations passées et actuelles du personnel de la Direction des Mines se rappelleront tout particulièrement le docteur Convey.

Construction et Décentralisation

Pendant l'existence du ministère des Mines et Relevés techniques, les installations du ministère, tant de laboratoires que de bureaux, furent considérablement agrandies. On disposait de ressources, tant de personnel que financières. L'esprit de frugalité si manifeste auparavant diminua, dans la mesure où la prospérité du Canada augmentait. La plupart des fonctionnaires considérèrent comme une très grande amélioration l'installation d'un plus grand nombre de téléphones; jusque-là, il n'y avait souvent en qu'un seul téléphone partagé par plusieurs employés situés dans des pièces différentes.

Au début de la période en question, le quartier général du ministère était situé au 70 rue Lyon, puis par la suite au 294 rue Albert, avant de déménager en 1960 dans le nouveau bâtiment du 588 rue Booth, au coin de l'avenue Carling. L'édifice de la Commission géologique fut achevé en 1959, et l'édifice des Levés et de la Cartographie en 1961.

Le programme de construction de la Direction des Mines commença en 1950, avec l'édifice d'ateliers et d'entretien au 556 rue Booth, entre l'édifice de préparation des minéraux et de métallurgie des procédés au 552 rue Booth et la Division des carburants au 562 rue Booth. Cette même année, on ajouta deux étages à l'un des édifices des laboratoires de métallurgie physique.

En 1955, on lança la construction d'un édifice de quatre étages et sous-sol entre la rue Booth et la rue Lebreton; il s'agissait du premier édifice construit à l'est de la rue Booth. Le nouvel édifice était situé presque en face du 552 rue Booth, site de l'édifice original Peat construit en 1910, qui était le premier



Vue aérienne du complexe de la Direction des Mines sur la rue Booth au début des années 60.

situé dans le quartier. L'édifice en forme de U, avec façades sur la rue Booth (no. 555) et sur la rue Lebreton (no. 300) et une cour intérieure avec entrée par la rue Elizabeth, était le plus important construit pour la Direction des Mines. L'ouverture officielle en 1957 par le ministre Paul Comtois coïncida avec la célébration officielle du cinquantième anniversaire de la Direction des Mines, pendant le 61^{ème} Congrès des Mines et de la Métallurgie du Commonwealth; il y eut une participation importante, non seulement du personnel, mais également de représentants de l'industrie et de la presse. En raison de difficultés avec les entrepreneurs, qui durent être résolues par Prince, agent responsable, l'édifice ne fut terminé qu'en 1958, date à laquelle il fut occupé par des groupes techniques provenant principalement de la division de la Préparation des Minéraux et du Traitement Métallurgique, ainsi que de la division de la Radioactivité. De plus, l'administration de la Direction fut transférée de l'édifice de la division de Métallurgie physique, 568 rue Booth, et la bibliothèque fut transférée du 40 rue Lydia. Il y avait un espace prévu pour les Inspecteurs des explosifs.

En 1956, à la suggestion du Conseil de Recherche de l'Alberta, le petit groupe qui travaillait à la préparation et à la concentration du charbon à Calgary fut transféré aux nouveaux édifices du Conseil de la Recherche sur le campus de l'université de l'Alberta, pour déménager de nouveau en 1966 dans les laboratoires d'extension du Conseil, destinés aux travaux expérimentaux à grande échelle, à Clover Bar dans les faubourgs est d'Edmonton; ce petit groupe subsiste encore à l'heure actuelle, sous forme d'une unité plus importante connue sous le nom de Laboratoire régional de l'ouest. Les premiers travaux de terrain en recherche minière furent lancés en 1951 en deux emplacements de la région de Crowsnest en Alberta et Colombie britannique. En 1953, en raison d'une baisse de l'industrie charbonnière de l'ouest, H. Zorychta, établi à Fernie, Colombie britannique, fut transféré à Springhill, Nouvelle Ecosse, avec un bureau dans l'édifice de la Poste de Springhill. Cochrane, Grant et Richards revinrent à Ottawa à des dates échelonnées jusqu'au début des années 60. A une époque plus récente, ils avaient une base au 501 du Public Building à Calgary, qui était le poste de Pickford dans la fin des années



Vue aérienne du complexe de la Direction des Mines à Bells Corners au début des années 70.

50, en capacité double d'agent administratif et de receveur des échantillons de terrain pour le pétrole et le gaz naturel. Le développement suivant dans les activités de recherche minière fut l'établissement d'un laboratoire de recherche minière à Elliot Lake, Ontario, en 1964, dans des locaux loués à la compagnie Rio Algom à la Mine Nordic, où l'exploitation avait été arrêtée. Les laboratoires principaux étaient dans un édifice qui avait précédemment servi de cafétéria pour un complexe de dortoirs de mineurs célibataires. Ce laboratoire existe toujours, après plusieurs renouvellements de l'accord de location.

À l'achèvement du programme de construction du ministère sur la rue Booth et à Dartmouth, Nouvelle Ecosse, on examina une proposition de transférer l'ensemble de la Direction des Mines dans la région de la Ceinture verte, dans les faubourgs ouest d'Ottawa. Le site qui fut finalement choisi était situé sur le chemin Corkstown près de Bells Corners. On consacra un temps considérable à surmonter les objections du Conseil du Trésor sur l'augmentation des coûts, à

défricher le site, et à concevoir les édifices et les services pour la phase I, qui ne concernait que la Division des Carburants et de la Pratique minière, en raison des dangers reconnus dans beaucoup de ses activités. On prit des dispositions pour transférer le laboratoire des explosifs, construit après la guerre à Uplands, au complexe de Bells Corners, étant donné que ce laboratoire avait été annexé à la Direction des Mines le 1er avril 1959.

Pour assurer un niveau élevé de sécurité, on construisit 16 édifices fonctionnels d'acier et béton sur une superficie d'environ 135 acres, et la "région de protection" assurant la sécurité du public étendait la superficie totale à près de 1000 acres. Seul l'édifice principal de laboratoires et de bureaux comportait trois étages et un sous-sol, alors que les autres n'avaient qu'un étage, pour des laboratoires et des bureaux associés d'ordinaire avec les salles d'usine-pilote. Les architectes tendaient à concevoir des édifices appropriés à des recherches autres que les recherches en chimie; la superficie des fenêtres et les

installations de ventilation artificielle étaient inadéquates. Il y eut diverses autres difficultés, en particulier quant aux services, en raison de l'éparpillement des édifices. Les soucis causés par ces difficultés et leur résolution furent assumés principalement par le docteur D.S. Montgomery, R.E. Carson et H.P. Hudson. La construction fut lancée en 1966 et achevée en 1968; le déménagement et le remontage des installations à grande échelle occupèrent deux années supplémentaires. Il s'agissait d'une opération majeure, en raison de la grande quantité d'équipement délicats et de grande taille qu'il fallait déménager et réinstaller. Les employés n'étaient pas tous satisfaits de ce déménagement, mais tous s'exécutèrent de bonne grâce. On perdit remarquablement peu de temps, dans les laboratoires qui connaissaient des situations d'urgence particulière. Le coût des nouvelles installations atteignit presque trois fois le devis d'origine d'environ \$4.5 millions. La phase II, qui devait déménager la Division de Traitement des Minéraux, avec une installation d'usine prévue de grande capacité et des systèmes adéquats de rejet de rebuts et d'effluent liquide fit l'objet d'examen pendant quelques années, mais on n'y donna pas suite.

Organisation et Personnel de la Direction des Mines

Il n'y eut pas de changement de l'infrastructure de la Direction des Mines à la suite de la nomination du Docteur Convey au poste de directeur le 15 novembre 1951, et jusqu'en 1959, à l'exception du transfert de la Division des Ressources minérales qui devint une unité du quartier général en 1956 après la démission de G.C. Monture. Convey fut remplacé comme chef de la Division de Métallurgie physique en 1951 par N.C. MacPhee. Norm mourut en 1957, et beaucoup regrettèrent ce bon fondeur, homme bon et avisé. Il avait été à la Direction des Mines de 1941 à 1957. MacPhee fut remplacé par S.L. Gertsman, qui était entré à la Direction en 1946 et fut chef de la Division de Métallurgie physique pendant 18 ans. Deux chefs de division prirent leur retraite après de longues années de service dans la Direction des Mines: R.E. Gilmore en 1954 avec plus de 36 ans, et R.J. Traill en 1955 avec près de 40 ans; ils furent remplacés respectivement par Alex Ignatieff et le docteur K.W. Downes, ancien combattant de la RCAF. Le docteur D.S. Montgomery devint chercheur supérieur de la Division des Carburants, L.E. Djingheuzian devint ingénieur supérieur, et le docteur Alan Prince, chercheur supérieur de la Division de Préparation des Minéraux et du Traitement Métallurgique.

En 1959, à la suite de l'achèvement du grand édifice au 555 rue Booth - 300 Lebreton, il y eut une réorganisation qui mit fin aux divisions de la Radioactivité et des Minéraux industriels; le personnel fut regroupé en trois divisions nouvelles: Traitement des Minéraux, avec centre au 552 rue Booth, dirigé par L.E. Djingheuzian; Métallurgie extractive, dans le nouvel édifice, dirigé par K.W. Downes; Division des

Sciences minérales, également située au 555 rue Booth, dirigée par A.T. Prince. Les divisions de Métallurgie physique et des Carburants ne furent pas affectées si ce n'est le changement de nom de cette dernière, qui devint Division des Carburants et de la Pratique minière. La section d'Entretien accéda au statut de division, dirigée par S.J. Hayes.

Cette infrastructure fut maintenue jusqu'à la formation du Centre canadien de Technologie des Minéraux et de l'Energie (CANMET) en 1975. Il y eut quelques changements de noms vers la fin de la présente histoire.

Dans les six années qui suivirent la fin de la deuxième guerre mondiale en 1946, on vit accélérer la conversion de postes de temps de guerre en postes classés permanents, particulièrement dans la division de Métallurgie physique. Il n'y a pas de données précises jusqu'en 1952, une année après l'entrée en fonction de Convey, mais un estimé raisonnable pour la fin des années 40 place l'effectif à 400 personnes. On se rappellera qu'en plus du personnel important des laboratoires de métallurgie physique, il y eut création de la division de Radioactivité et d'un autre groupe spécial de métallurgie physique au projet de l'énergie de Chalk River. En tout cas, le chiffre de 1952 était de près de deux fois et demie celui de 1946, 215 postes classifiés. Ce total se distribue comme suit:

Personnel de la Direction des Mines, 1952

Personnel professionnel et scientifique	202
Techniciens spécialisés	142
Ateliers (taux en vigueur)	88
Personnel de bureau	80
	<u>512</u>

L'année suivante, 1953, l'effectif était passé à 563, et en 1958 à 588. On se rappellera qu'environ 20 personnes du projet de l'Energie atomique démissionnèrent ou furent transférées de la Direction des Mines à la compagnie Atomic Energy of Canada Limited. L'effectif dépassa 600 en 1959, et en 1961 l'effectif, y compris le personnel associé non employé par le gouvernement, était de 655, avec 37 postes saisonniers. En 1965, les chiffres correspondants étaient de 664 et 41, sans compter personnel associé. La composition détaillée de la Direction des Mines au 1er avril 1965 était celle du tableau ci-dessous.

Les données indiquent qu'au cours des 14 années 1952-1955, la croissance moyenne était d'environ 2% par an, alors qu'au cours de 15 années suivantes, il n'y eut pas de croissance. Ainsi, l'effectif du personnel en 1975, date de la fin de ce récit, était de 655.

La liste suivante donne l'infrastructure de la Direction des Mines au 1er avril 1965, par divisions,

Composition de la Direction des Mines, 1er avril 1965

Division	Professionnels	Non	
		professionnels	Total
Administration	9	26	35
Métallurgie physique	61	82	143
Carburants et Pratiques Minières	62	62	124
Traitement des minéraux	46	72	118
Métallurgie extractive	43	41	84
Sciences minérales	43	38	81
Services techniques	3	76	79
Total	267	397	664
Personnel saisonnier			41
Total général			705

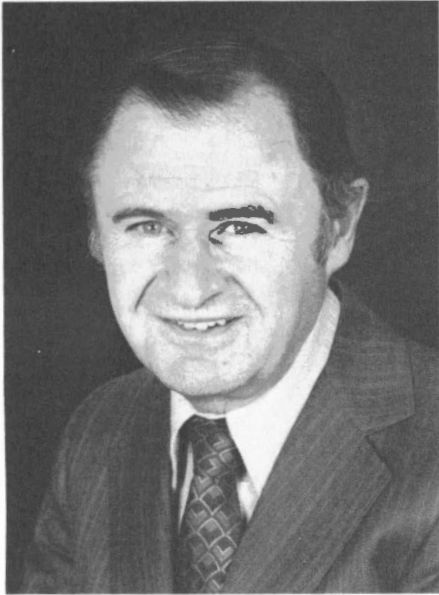
sous-divisions, sections et groupes. En raison de la limitation d'espace, on ne mentionne que les chefs, agents d'administration et chefs des sous-groupes, avec une liste complète du personnel du bureau du Directeur, des spécialistes des ressources (conseillers) et des chefs de section de la division des Services techniques, qui étaient tous au service de l'ensemble de la Direction. On trouvera en appendice la liste des autres membres du personnel qui ont été employés au minimum 10 ans pendant la période 1901-1975. L'année 1965 peut être prise comme représentant le développement maximum de la Direction des Mines, à titre purement institutionnel, pendant la période de croissance économique accélérée du Canada. Par la suite s'ouvrit l'ère des programmes, avec évaluation plus stricte des priorités,



Introduction de la sécurité médicale: Premier rang: C.R. (Claude) Lalonde, Bernadette (Bunny) Davis O'Driscoll, John Convey, C.H. (Charlie) Claude, Dr. W.J. Wrazej

Rang du milieu - J.F. (Jim) Fydell, M. (Mike) Gadbois, R.B. (Rob) Huot

Dernier rang - Dorothy Lazuk, C.A. (Charlie) Derry, H.W. (Harold) Armstrong, J.A. (John) Herbert

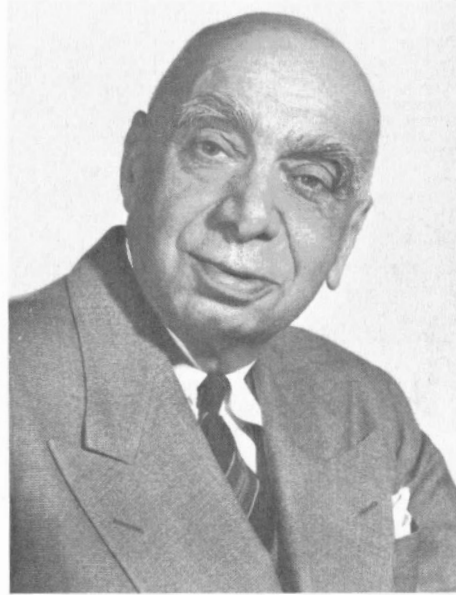


S.L. Gertsman

et un ralentissement de la croissance nationale. On rappelle aux lecteurs que dans les cas où une seule date est mentionnée entre parenthèses à la suite du nom du titulaire d'un poste, ceci signifie que la personne en question était encore à l'emploi de la Direction en 1975.



H.M. Woodroffe



L.E. Djingheuzian (Photo - Newton)

Bureau du Directeur et Administration, 555 rue Booth:

Directeur - Docteur John Convey (1948-1973)
 Secrétaire - Nola Ferguson (1948-)
 Assistant exécutif - F.T. Rabbitts (1946-1953 et 1961-1974)
 Projets spéciaux - Docteur T.W. Wlodek (1942-1970)
 Services spéciaux - Patricia Stevenson (1949-1975)
 Editeur - P.E. Shannon (1929-1972)
 Reproduction des rapports - Marion Thompson (1955-1967)
 Agent d'administration supérieur - T.H. Hawkins (1951-1970)
 Agent d'administration adjoint et agent des finances - D.M. Livie (1947-1974)
 Agent de la Sûreté - P.E. Hughes (1958-1975)
 Personnel - Betty Hutchings (1937-1972)
 Bibliothèque - Marjorie Rice (1940-1968); Gloria Peckham (1963-);
 Bibliothèque annexe de la Division Métallurgie physique - Beatrice C. Cain (1953-1973)

Division de Métallurgie physique, 568 rue Booth:

Chef - S.L. Gertsman (1946-)
 Secrétaire - Betty Brabazon (1965-1975)
 Chercheur principal - Docteur R.L. Cunningham (1945-)
 Métallurgiste principal - J.W. Meier (1941-1970)
 Agent d'administration - M.J.B. Bradley (1949-)
 Corrosion - Docteur G.J. Biefer (1960-)
 Génie physique - R.C.A. Thurston (1946-1975)
 Métaux ferreux - Docteur G.P. Contractor (1957-1972)
 Fonderie - R.K. Buhr (1953-)
 Essais mécaniques - P.J. Todkill (1949-)



K.W. Downes (Photo - NFB)

Formage des métaux - J.A. Perry (1945-1975)
 Physique des métaux - Docteur F. Weinberg (1951-1967)
 Métaux non ferreux - J.O. Edwards (1948-)
 Métallurgie nucléaire et des poudres - N.S. Spence
 (1953-1975)
 Essais non destructifs - W.E. Havercroft (1947-1975)



V.A. Haw



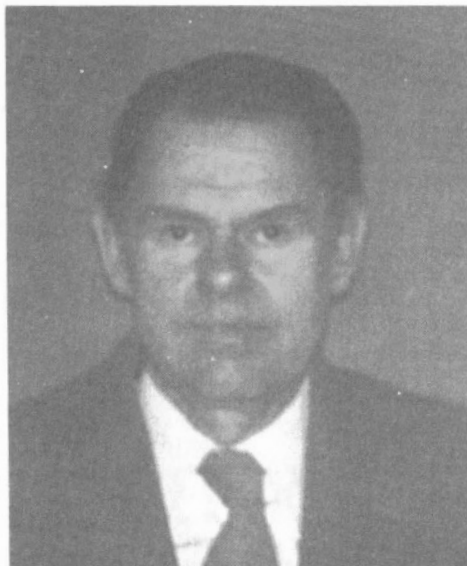
A. Ignatieff (Photo - NFB)

Métaux réfractaires - H.V. Kinsey (1942-)
 Soudure - Docteur K. Winterton (1958-)
 Laboratoire photographique - Agnes Kosowan (1953-1970)
 Souffleur de verre - P. Hernandez (1948-)

Division du Traitement des Minéraux,
 40 rue Lydia et 552 rue Booth
 Chef - H.M. Woodrooffe (1946-1974),
 - L.E. Djinghezian (1948-1966)
 Secrétaire - Lila Handford (1955-1965)
 Administration - Madeleine Kane (1946-1967)
 Subdivision des minéraux métalliques - D.E. Pickett
 (1948-1949); (1954-1974);
 Laboratoire de recherche sur les minéraux métalliques -
 L.L. Sirois (1961-)
 Minéraux métalliques, contremaître d'usine - A.J.
 Boissonnault, (1948-)
 Minéraux non ferreux - R.W. Bruce (1948-)
 Subdivision des Minéraux industriels - H.M. Woodrooffe
 Céramiques - J.G. Brady (1952-)
 Céramiques spéciales, 555 rue Booth - I.F. Wright
 (1948-1974)
 Matériaux de construction - N.G. Zoldners (1957-1974)
 Usinage des matériaux industriels - R.A. Wyman (1954-)
 Eaux industrielles - J.F.J. Thomas (1947-1966)
 Minéraux non métalliques (Spécialistes des ressources)
 - R.K. Collings (1952-), J.E. Reeves (1956-1969),
 C.M. Bartley (1957-1974), J.S. Ross (1957-1965),
 A.A. Winer (1962-)
 Minéralogie des minerais - R.M. Buchanan (1955-)
 Préparation et propriétés des matériaux (Section
 navale) 568 rue Booth - V.A. McCourt (1947-1972)



S.J. Hayes



E.K. Swimmings

Division de Métallurgie extractive - 300 rue Lebreton

Chef - Docteur K.W. Downes (1947-1974)
 Secrétaire - Muriel MacCormack (1949-)
 Projets de division - H.W. Smith (1945-1974)
 Liaison industrielle - C.S. Stevens (1964-1972)
 Administration - G.W. Nolan (1948-1971)
 Hydrométallurgie - W.A. Gow (1946-)
 Contremaître d'usine - E.H. Devine (1948-1969)
 Pyrométallurgie et Corrosion, 552 rue Booth - Docteur
 R.R. Rogers (1944-1969)
 Recherche - Docteur T.R. Ingraham (1953-1972)
 Analyse chimique - J.C. Ingles (1949-1951)
 Minéralogie - S. Kaiman (1946-)

Division des Sciences minérales, 555 rue Booth:

Chef - V.A. Haw (1950-1959) et (1961-)
 Secrétaire - Victoria Nash
 Administration - J.A. Hughes, Norah Doyle (1945-1972)
 Minéralogie - Docteur M.H. Haycock (1931-1965)
 Chimie physique - Docteur N.F.H. Bright (1953-1974)
 Physique des minéraux - Docteur J.D. Keys (1958-1967)
 Groupe Physique et Électronique - Docteur J.L. Horwood
 (1947-)
 Groupe Chimie des surfaces - Docteur C.M. Lapointe
 (1945-1971)
 Laboratoires de Chimie analytique - W.R. Inman
 (1946-1969)
 Analyse et recherche spéciale - G.H. Faye (1950-)
 Spectrographie - Docteur A.H. Gillieson (1959-1975)
 Analyse des métaux et minéraux - W.L. Chase (1942-1966)

Division des Carburants et de Pratique minière

Chef - A. Ignatieff (1947-1972)

Chercheur principal - Docteur D.S. Montgomery (1948-)
 Agent d'administration - A.J. Reynolds (1953-1971)
 Archives techniques - W.H. Harper (1927-1969)
 Comptabilité - Betty Routliffe (1957-), Phyllis Hughes
 (1960-)
 Carburants et Energie - C.E. Baltzer (1923-1965)
 Projets spéciaux (Bitume et Huiles lourdes) - K.W.
 Bowles (1931-1971), Docteur W.A.O. Gerrmann
 (1956-)
 Conseiller du directeur pour les mines - M.A. Twidale
 (1958-1971)
 Information et échanges avec l'étranger - Docteur H.
 Frisch (1960-1970)
 Préparation et levés, charbon et tourbe - T.E. Tibbetts
 (1952-)
 Laboratoire d'Edmonton - Docteur J. Visman (1951-)
 Laboratoire des Carburants solides - W.J. Montgomery
 (1948-)
 Carbonisation - J.C. Botham (1948-)
 Génie des Carburants métallurgiques - Docteur J.H.
 Walsh (1955-1974)
 Construction et équipement - H.P. Hudson (1921-1969)
 Génie des réservoirs de pétrole - Docteur R.P.
 Charbonnier (1954-)
 Laboratoire du pétrole et du gaz - R.G. Draper (1949-)
 Recherche sur les substances bitumineuses - Docteur
 D.S. Montgomery (1948-)
 Génie du traitement du pétrole - F.L. Booth (1945-1975)
 Chimie des hautes pressions - W.H. Merrill (1947-)
 Catalyse - Docteur B.I. Parsons (1955-)
 Conception de génie - R.E. Carson (1948-)
 Contremaître d'usine (Hydrogénation et équipements
 apparentés) - L. Labelle (1925-1965)

Laboratoire du Génie de la combustion, 30 rue Lydia - E.R. Mitchell (1949-)
 Laboratoire de certification des équipements électriques, 554 rue Booth - G.K. Brown (1948-)
 Laboratoire de recherche sur les explosifs (Uplands) - D.A.B. Stevenson (1951-1967)
 Physique - 552 rue Booth (surtout mécanique des roches) - Docteur W.M. Gray (1953-)
 Laboratoire de Recherche d'Ottawa - 30 rue Lydia - Docteur D.F. Coates (Chef, Laboratoire de Recherche minière) (1963-)
 Laboratoire d'Elliot Lake - T.S. Cochrane (1951-)
 Bureau de terrain de Glace Bay, Nova Scotia - H. Zorychta (1951-1972)

Division des Services techniques, 556 rue Booth:

Chef - S.J. Hayes (1941-1969)
 Agent d'administration - H.W. Armstrong (1936-1972)
 Ingénieur électrique - E.K. Swimmings (1953-)
 Ingénieur mécanique - D.M. Norman (1961-)
 Chef électricien - P. Ferrigan (1943-1969)
 Contremaître d'atelier - W.G. Robertson (1953-1972)
 Contremaître d'atelier de menuiserie - M. Gadbois (1947-1972)
 Magasins - W.A. Martineau (1946-1970)
 Contremaître des transports - L. Fleury (1953-1971)

Ressources financières

Le tableau des dépenses annuelles pour la période concernée indique les fonds mis à la disposition de la Direction des Mines.

Dépenses d'exploitation et d'équipement

Année fiscale se terminant le 31 mars	Montant
1952	\$ 2 221 755
1953	2 460 977
1954	2 622 474
1955	2 974 426
1956	3 024 814
1957	3 243 827
<u>Année civile</u>	
1958	3 540 522
1959	3 690 292
1960	4 258 200
1961	4 836 584
1962	5 001 824
<u>Année fiscale se terminant le 31 mars</u>	
1964	5 290 065
1964	5 677 414

On se rappellera qu'à la fin de la dernière période (Chapitre 5) il y eut une augmentation rapide des ressources financières. Ainsi, de 1948 à 1951, les dépenses passèrent de \$0,7 millions à \$2 millions; le tableau ci-dessus indique une croissance un peu plus lente, à l'exception des augmentations 1960 et 1961 représentant un total de près de \$1,2 million, concernant en grande partie les équipements supplémentaires

acquis pour le nouvel édifice du 555 rue Booth. Par la suite, le taux d'augmentation ralentit, si l'on tient compte de l'accélération de l'inflation. De plus, d'autres directions, en particulier celles des Sciences de la Mer, à l'exception du Service hydrographique canadien, devaient partir de zéro. La Commission géologique était en retard sur la Direction des Mines pour le financement; ainsi en 1952, ses dépenses étaient de \$1437 millions. En 1958, elles étaient passées à \$3077 millions, en 1962 à \$6026 millions, et pour l'année fiscale 1964-65 à \$6955 millions.

Publications

On a indiqué au Chapitre 5 l'établissement d'un nouvel ensemble de publications, pour remplacer la série d'origine des rapports de la Direction des Mines qui remontait à 1902, et la série des mémorandums, qui remontait à 1921.

Les remarques suivantes permettront d'éviter la confusion dans les références du texte.

On procéda à une élimination progressive des rapports annuels et semi-annuels de recherche sous forme composée, comme suit: Ressources minérales et mines, R735-1932; Céramique et Matériaux routiers, R726-1930/1; Carburants et essais de carburants R737-1932; Préparation des minerais et métallurgie R797-juillet/décembre 1938. Il n'y eut plus par la suite de publication de rapports numérotés dans l'ordre chronologique, avec état d'avancement, sur les divers projets des divisions. Il y eut publication de rapports sur les projets de recherche terminés, à intervalles irréguliers, soit dans la série d'origine, soit dans la série des Monographies, qui s'acheva avec le numéro 874 en 1965, soit encore sous forme mimeographiée dans la série des Mémorandums, qui s'acheva avec le numéro 137 en 1958.

Au cours de la guerre et pendant un certain temps par la suite (dans le cas de l'uranium jusqu'à la Conférence des Nations Unies sur les utilisations pacifiques de l'énergie atomique en 1955) une forte proportion des rapports de recherche et développement était classifiés, à divers degrés, et un petit nombre d'exemplaires dactylographiés était publié, le reste étant classé au niveau de la division. Il existait par ailleurs un accord tacite, datant du début de la Direction, selon lequel les renseignements d'ordre industriel concernant les travaux au niveau de la division ne seraient pas publiés sans l'accord de l'entreprise concernée; cet accord était d'ordinaire accordé au bout d'un certain temps.

On lança en 1953 une série de documents techniques, qui était restreinte aux rapports concernant les méthodes et résultats de recherches effectuées dans les laboratoires de la Direction des Mines. Un certain nombre de ces rapports décrivaient des méthodes d'analyse pour les minerais radioactifs. Ces rapports

étaient reproduits en offset; il en eut dix-sept entre 1953 et 1957.

Un série de circulaires d'information (MR) fut lancée en 1954, pour permettre des publications de la division des Ressources minérales concernant les denrées minérales importantes; 26 rapports parurent entre 1954 et 1957. Ces rapports se poursuivirent sous la forme des bulletins d'information minérale lorsque la division devint une unité du quartier général. Les listes d'exploitants de mines, d'usines de traitement primaire et d'usines secondaires, inaugurées au cours des années 20 dans la Direction des Mines, furent également transférées, en même temps que la division.

Pour assurer la clarté, on présente ci-dessous les anciennes et nouvelles séries; les abréviations sont celles utilisées dans les références:

Séries de publications de la Direction des Mines
Anciennes séries

Publication	Durée	Dernier numéro paru	Référence dans le texte
Rapports et cartes (y compris les Monographies)	1902 à 1959	865	MB Rap
Bulletins	1909 à 1921	33	
Série des mémorandums	1921 à 1958	137	
Documents techniques	1953 à 1957	17	MB TP
Circulaires d'information*	1954 à 1957	26	MB MR
Circulaires d'information**	1955 à 1956	3	MB IM

* Division des Ressources minérales

**Division des Minéraux industriels

Nouvelles séries

Publication	Date de début	Premier numéro	Dernier numéro	Référence Date
Monographies	1959	866	883	1974 MB Rap
Rapports de recherche	1958	1	282	1974 MB RR
Bulletins techniques	1959	1	196	1974 MB TB
Circulaires d'information	1958	104	316	1974 MB IC
Série de réimpressions	1965	1	132	1974 MB RS

Tous les documents mentionnés ci-dessus ont été catalogués par la bibliothèque, et sont inclus dans le catalogue de section du gouvernement, numéro 12, 1967. Le dernier des catalogues de l'ancienne série de la Direction des Mines fut publié en 1946 (MB Rep 818). Comme au temps de Haanel, les monographies assuraient un traitement assez complet d'un sujet. Les rapports

de recherche comportaient une proportion importante de travaux originaux, au niveau fondamental ou appliqué. Les bulletins techniques étaient consacrés en grande partie à la technologie. Les circulaires d'information concernaient des sujets techniques ou économiques et des compte-rendus de recherche qui n'impliquaient pas de description de travaux de recherche et développement de la Direction des Mines. On lança également en 1959 une série de la Direction des Mines non cataloguée: Rapports d'étude (Investigation Reports) désignés MB IR, avec année et numéro du rapport, dont la circulation était limitée, car la série s'occupait en grande partie de projets industriels.

Les rapports internes ou de recherche, également désignés par les initiales IR et l'année, y compris les rapports semi-annuels au Directeur, étaient destinés à une circulation limitée, sous la responsabilité des divisions. La Division de Métallurgie physique publiait des compte-rendus annuels à diffusion restreinte sur des projets de recherche spéciaux. Les rapports d'analyses et de tests se faisaient au niveau de la division. Les rapports de division n'ont pas été catalogués par la bibliothèque.

Les rapports annuels du ministère sur les activités du quartier général et des Directions pendant les années fiscales se terminant le 31 mars de chaque année devinrent plus impersonnels et abrégés à partir de 1938. On abandonna la pratique de nommer les employés techniques engagés dans les recherches et études, ce qui se faisait jusque là. La section du rapport annuel concernant la Commission géologique continua à nommer les chefs d'équipes de terrain et de projets jusqu'en 1957. Pendant la période initiale du nouveau ministère, de 1950 à 1956, les rapports annuels étaient complétés par des rapports ministériels intitulés: "Résumé des activités pour l'année civile". A partir de 1957, les rapports annuels furent publiés par année civile, et illustrés. Vers la fin de la période, de 1963 à 1965, les rapports furent très condensés. Le premier rapport annuel du Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources pour l'année fiscale 1966-67 fut publié en 1968.

En 1961, Convey lança un rapport annuel intitulé "Mines Memo" qui donnait des détails considérables sur les recherches effectuées au cours d'une année fiscale, ainsi que des renseignements utiles sur le personnel, les publications préparées, les participations aux comités, etc. Pour les années 1961, 62 et 63, les dates coïncidaient avec l'année et le titre, mais les retards de publication firent que la date du titre dans les numéros suivants désignait l'année précédente - ainsi "Mines Memo 1963" concernait les activités de 1963, alors que "Mines Memo 1965" concernait les activités 64. Il n'y eut pas de numéro 1964.

La qualité de l'édition des publications se détériora au cours du temps. Comme le ministère prenait une taille croissante, son service d'édition ne pouvait

se maintenir au courant du débit toujours croissant des Directions. Il devint nécessaire de compter sur les ressources propres de la direction pour le traitement de la plupart des rapports, seules les monographies étant traitées par l'équipe d'édition du quartier général, qui comportait des agents comme D.R. Shenstone et V. McBride vers la fin de la période. P.E. Shannon (1929-1972) venant de l'administration de la Direction, fut le seul éditeur à plein temps, mais ne pouvait faire face au grand nombre de publications de la Direction. Une certaine proportion des rapports les plus urgents revenait aux assistants exécutifs du directeur, W.H. Norrish (1936-62) et F.T. Rabbitts, qui revint de la compagnie Eldorado en 1961, pour rester dans le bureau du directeur jusqu'en 1972. Ces agents étaient consciencieux, et Rabbitts avait l'avantage supplémentaire de posséder un esprit scientifique formé; toutefois Norrish et Rabbitts avaient tous deux d'autres responsabilités. A quelques exceptions près, les rapports de division étaient préparés au niveau de la division. La dactylographie des rapports pour reproduction en offset constituait une difficulté supplémentaire, en raison de la pénurie de personnel qualifié.

Priorités

Dans la période initiale, alors que la Direction des Mines était l'organisme fédéral principal occupé de recherche et développement sur l'amélioration des méthodes d'analyse et de traitement des minerais radioactifs, et apportait également une contribution importante à la métallurgie physique des matériaux destinés aux réacteurs atomiques, les divisions de radioactivité et de métallurgie physique étaient en général considérées comme prioritaires, bien que l'on n'ignorât pas les autres divisions. Après la fin de la guerre de Corée et le transfert des travaux de métallurgie de Chalk River à la compagnie Atomic Energy of Canada Limited, la portée des programmes devint plus générale. La complexité des problèmes pour lesquels l'industrie demandait des solutions augmenta progressivement, au fur et à mesure que furent ouverts des gisements importants à faible teneur, et que l'on cherchait à améliorer la récupération des métaux et minéraux. L'expérience acquise sur les méthodes hydro-métallurgiques pour le traitement des minerais radioactifs fut en partie à l'origine de la formation de la division de Métallurgie extractive. Dans celle-ci, après un certain pré-traitement physique, le traitement chimique était la norme pour divers minerais radioactifs, essentiellement pour effectuer une récupération économique. Il devint également nécessaire d'effectuer l'enrichissement de nombreux minerais maigres de fer, dans la mesure où le Canada non seulement pouvait satisfaire aux besoins domestiques, mais disposait également d'un excédent important pour l'exportation.

La baisse de l'industrie du charbon s'accéléra après 1950, mais en raison de la politique du directeur et de l'appui du Dominion Coal Board, on obtint des

ressources financières pour poursuivre les activités de recherche et développement sur le charbon dans la division des Carburants. Le charbon reçut une proportion plus forte de personnel que le groupe du pétrole, qui s'occupait non seulement de recherches scientifiques importantes mais également de concevoir et de construire des appareillages complexes à l'échelle de laboratoire et à grande échelle. On proposa des ressources supplémentaires, mais elles ne se matérialisèrent pas avant la "Crise de l'Energie" des années 70.

Le directeur accordait une grande priorité à la recherche minière, sans doute sous l'influence des conclusions d'un rapport qu'il avait préparé en collaboration avec V.A. Haw pour le Conseil national de la Productivité; il y était indiqué que l'industrie n'allouait à la recherche minière que 3% des dépenses de recherche et développement, sur un total de \$12,6 millions par an, et que le pourcentage dans les organismes du gouvernement n'était que de 2% sur un total de \$7,5 millions par an en 1961 (95). Dans les cinq ou six premières années, la plus grande partie des études en recherche minière concernaient les phénomènes de relaxation violente des contraintes dans les mines de charbon; toutefois, la division des Carburants élargit de manière importante la portée de ses travaux par des recherches sur les activités minières dans les roches dures, notamment dans la mine de fer sous-marine de Wabana à Terre-Neuve. Cette division fut rebaptisée "Division des Carburants et de Pratique minière" en 1959. Cette tendance fut fortement encouragée par l'ouverture du laboratoire de recherche minière à Elliot Lake en 1964.

Les minéraux industriels reçurent l'attention du directeur en raison de la croissance de cette partie de l'industrie des minéraux après la guerre. Ainsi, en 1947 la valeur des minéraux industriels était de \$140 millions, et passa à \$855 millions, soit une multiplication par six. Malgré la cessation d'une division séparée des minéraux industriels en 1959, H.M. Woodroffe, qui avait été chef de la section des Minéraux non métalliques de cette division, prit la responsabilité de la sub-division des Minéraux non métalliques d'une division rebaptisée "Traitement des Minéraux" avec un effectif professionnel près de trois fois supérieur à celui qu'avait compté la sub-division des minéraux métalliques. Ceci se comprenait dans la mesure où les minerais métalliques étaient sous la responsabilité de la Division du Traitement des Minéraux, quant à la concentration physique, et que la division de Métallurgie extractive était responsable des travaux de recherche et développement en hydrométallurgie sur les minerais métalliques, avec une technologie plus coûteuse et plus complexe.

Il faut insister sur le fait qu'à l'exception d'un ou deux minéraux, comme l'amiante et la potasse, qui connaissaient un commerce d'exportation important, la plupart des minéraux industriels était exploités par des compagnies canadiennes relativement petites, qui ne

possédaient pas les ressources de recherche et développement des grandes compagnies multinationales. Leurs marchés étaient spécialisés, et ces minéraux bon marché exigeaient divers degrés de purification, à un coût minimum. Il n'est par conséquent pas surprenant que ces compagnies se soient adressées à des centres comme la Direction des Mines pour obtenir des conseils sur leurs problèmes de traitement.

Solution de problèmes

Au cours de son histoire, la Direction des Mines a toujours dû trouver des solutions à des problèmes de tous ordres. La plupart des grands problèmes concernaient des programmes d'origine interne, pour trouver des solutions de rechange à l'importation de ressources minérales de grande qualité comme le charbon et certains minéraux industriels, en encourageant l'utilisation des ressources du pays. Ceci avait pour but de développer les procédés d'amélioration économiques pour les rendre plus aptes à faire concurrence aux importations. Les petits problèmes provenaient des questions posées par l'industrie ou les usagers concernant des difficultés d'analyse, les déficiences de la récupération au cours du traitement, les impuretés dans les produits, les ruptures de métaux, etc. On a entendu l'opinion erronée, même tout récemment, selon laquelle le Canada, ayant un niveau de vie élevé, dispose de toutes les aptitudes nécessaires pour assurer la prospérité économique. Ceci n'est malheureusement pas le cas: il y a beaucoup d'aptitudes, mais il y a aussi beaucoup de manques. De nombreux conseillers privés offrent des services spécialisés, mais la plupart d'entre eux ne peuvent entretenir des laboratoires de recherche. Il y a peu de laboratoires commerciaux capables d'entreprendre des recherches de l'importance de celles effectuées par des organismes comme l'Institut Battelle ou les nombreuses fondations de recherche et développement associées aux universités américaines. Les universités canadiennes effectuent également des recherches considérables, mais il est nécessaire d'intégrer ces projets dans les études avancées. Par contre, le traitement des minéraux au Canada recevait un meilleur service de la part des laboratoires commerciaux. Jusqu'à "la crise de l'énergie" de 1973, les carburants fossiles ne bénéficiaient pas de service d'aussi grande qualité. Les universités offraient très peu de formation systématique ou de recherche, et il y avait un nombre très limité de spécialistes et laboratoires indépendants s'occupant des carburants fossiles et de l'énergie en général, à l'extérieur du gouvernement et des laboratoires des services publics. Il y avait des compagnies pétrolières et des fabricants d'équipement thermique qui tiraient une bonne partie de l'expertise nécessaire de leurs organisations-mères à l'étranger.

Etant donné le nouveau programme d'évaluation de performance des chercheurs, certains des employés de la Direction des Mines que l'industrie et les usagers reconnaissaient comme les plus avertis dans leur

domaine se trouvaient dans la situation difficile d'avoir à justifier le temps qu'ils consacraient à la solution de problèmes, qui était à l'avantage de l'ensemble de l'industrie canadienne.

Le domaine de la métallurgie physique présentait un bon exemple de "dépannage", dont une bonne partie s'adressait aux services de défense, qui étaient parmi les plus importants soutiens et usagers des installations et des connaissances de la division de Métallurgie physique.

La situation prioritaire atteinte par la division de Métallurgie physique dans la Direction des Mines après la guerre est en grande partie due à l'expérience et aux connaissances variées acquises par ce groupe, alors relativement restreint pour la taille du pays, mais vigoureux, de chercheurs et d'ingénieurs. Il leur fallait satisfaire à des exigences rigoureuses, non seulement pour les propriétés des métaux et alliages, mais également pour l'utilisation d'une grande variété de techniques de fabrication, pour répondre à des conditions de guerre sévères sur terre, sur mer et dans les airs. Il n'est pas surprenant que cette division ait accumulé beaucoup de connaissances classifiées au cours de la guerre, et par conséquent les employés de cette division furent inévitablement engagés pour la solution de problèmes. Il se peut que la situation ne soit plus tout à fait la même aujourd'hui, car beaucoup d'industries, et les usagers eux-mêmes, sont beaucoup mieux informés. Les exemples suivants sont typiques des études effectuées par la division de Métallurgie physique dans les dix premières années qui suivirent sa formation en 1949:

- (a) Tolérances maximum de divers éléments parasites dans les ferrailles, déterminées pour servir de guide à l'industrie de l'acier, par exemple: une concentration d'étain supérieure à 0.05% avait des effets négatifs sur les propriétés des aciers forgés ou moulés.
- (b) Etude sur l'extrusion des obus par impact à chaud: ce procédé pouvait assurer des économies substantielles d'acier, alors peu abondant.
- (c) En connexion avec les constructions navales d'après-guerre, la division recommanda des procédures pour la production du premier rotor de turbine à vapeur navale forgé au Canada, et en supervisa l'inspection et l'essai.
- (d) On étudia deux argiles canadiennes pour déterminer la possibilité de les utiliser comme agents de liaison dans les sables de moulage de fonderie; ces deux argiles s'avèrent plus appropriées que les variétés importées; une étude semblable comportait des essais des rebuts de liqueur de sulfite comme agent de liaison de noyau, et permit de déterminer les meilleurs mélanges pour les noyaux.
- (e) Une insuffisance de ductilité des aciers au carbone, des aciers à faible teneur d'alliage et des aciers austénitiques au manganèse pour

- moulage présentait un problème constant pour les fondeurs d'acier; en 1953, la division étudia onze cas de ce genre pour l'industrie canadienne, et ses recommandations permirent au producteur de satisfaire aux exigences de ductilité spécifiées.
- (f) On effectua une étude à la demande de l'industrie sur la fonte obtenue par traitement électrique à partir de rebuts de pyrrhotite de la mine Sullivan en Colombie britannique; cette étude démontra que l'acier produit à partir de cette fonte soutenait favorablement la comparaison pour les propriétés mécaniques avec les bons aciers structuraux de qualité commerciale, ce qui mena à la construction d'un four de fonte.
- (g) On étudia l'effet des additions de bore et de terres rares sur les propriétés mécaniques d'un acier de moulage à faible teneur en carbone originalement mis au point au Royaume Uni pour des produits de forge. L'addition de bore augmentait la résistance à rupture d'environ 50% sans diminution de ductilité. Les additions de terres rares n'avaient pas d'effet sur les propriétés en

tension de l'acier, mais rétablissaient en partie les valeurs de résistance à l'impact qui étaient réduites par les additions de bore.

- (h) On effectua un certain nombre d'analyses de contraintes dans des conditions statiques et dynamiques. On étudia, entre autres, une grande rampe de chargement en alliage de magnésium, une unité thérapeutique au "cobalt 60" et un camion militaire de 2 1/2 tonnes. On détermina les contraintes principales dans les conditions de fonctionnement réel; ces contraintes s'avérèrent excessives, et on recommanda des changements de conception pour corriger ces défauts.
- (i) La direction fut consultée par la Commission de la Voie maritime du St-Laurent quant au soudage, au moulage, à la mise en forme et à la conception de divers appareils, comme les portes d'écluse, les butées d'arrêt, les bômes de levage, les poutrelles d'acier moulées en segments et les aciers pour les péniches. On visita les usines fabriquant certaines de ces unités, et on donna des conseils quant aux problèmes de production.



Récipiendaires de la Médaille du Couronnement (SM Reine Elizabeth II) en 1954; n'apparaissent pas sur la photo le capitaine W.R. Inman, RCNR et le Commandant V.A. McCourt, RCNR, qui traversèrent l'Atlantique sur le navire HMS Magnificent pour cette occasion, ainsi que le Docteur Maurice Lavigne (Chef du Laboratoire de Recherche minière, Chalk River).

Assis: Emile Chartrand (1913-1956), M.S. Ralph (1919-1956) (Direction des explosifs et des Mines) Archie Rogers (1924-1956)

Debout: - Lawrence Lutes (1916-1967), Walter Kritsch (1913-1956), George Renaud (1914-1956), Wilbert Norrish (1912-1962) (Min. de l'Intérieur et Direction des Mines), Hector Picher (1917-1954), Norm MacPhee (1941-1957), Cam Fresque (1912-1960)

- (j) Le ministère de la Défense nationale reçut de l'aide pour déterminer l'efficacité des joints d'étanchéité pour certaines pièces spéciales de bronze destinées à la fabrication d'hélices d'avion.
- (k) Les ingénieurs de la division de Métallurgie

physique effectuèrent pour les chemins de fer canadiens une comparaison critique entre l'acier produit par le procédé à l'oxygène basique et celui produit par le procédé à sole ouverte; les résultats démontrèrent que ces aciers étaient de qualité égale.



Organisation de coopération économique européenne (prédécesseur de l'OCDE) 1952

Premier rang - (g. à d.): J. Fischer (France); D.T. Flood (Irlande); G. Heberlein (Suisse); John Convey (Mines et Relevés techniques); G.R. Delbart (France); J. Knox (Grande-Bretagne); F. Savioli (Italie); R.A. Bowman (Etats-Unis)

Zième rang - (g. à d.): R.E. Gilmore (Mines et Relevés techniques); N.C. MacPhee (Mines et Relevés techniques); C.F. Kearton (Grande-Bretagne); J. Hennenhoffer (Allemagne); R. Gadeau (France); A. Thunaes (Mines et Relevés techniques); H. Speicher (Allemagne); R. Major (Norvège); M.F. Goudge (Mines et Relevés techniques); K. Zierold (Allemagne); R.J. Traill (Mines et Relevés techniques); M. Prettre (France).

LES METAUX

Au cours des années 50, la Direction des Mines accorda la priorité à trois métaux: l'uranium, le titane et le fer. La production d'uranium et de fer connut une croissance exponentielle, à partir de niveaux de production faibles, malgré les problèmes posés par le traitement du minerai. Par contre, on ne réussit pas à atteindre l'objectif de production de titane métallique au Canada.

L'uranium

Le défi

La réussite de la recherche pour faire passer la métallurgie extractive de l'uranium du niveau de laboratoire à l'échelle industrielle constitue une histoire d'entreprise canadienne, dans laquelle participèrent à la fois le secteur public et privé de l'économie des minéraux. Cette histoire se distingue par les efforts de coordination et d'exécution, qui démontrèrent une fois de plus que les êtres humains peuvent relever un défi quand il s'agit d'atteindre un objectif bien défini.

L'histoire commence à la découverte d'uraninite en Ontario en 1929, suivie de la découverte en 1930 de pechblende de haute qualité dans les Territoires du Nord-Ouest par Gilbert Labine; son point culminant fut le programme "d'urgence" entre 1948 et 1957. Au cours de cette période de dix ans, on vit se développer à partir de presque zéro une industrie majeure de l'uranium au Canada, grâce à une poignée de personnes dévouées qui mirent au point des méthodes pratiques à l'échelle industrielle pour l'analyse et le traitement d'un groupe de ressources minérales complexe et dangereux. Le programme en question chevauche les périodes de direction de Parsons et Convey. Pendant la période de Parsons, comme on l'a mentionné au Chapitre 5, ce programme était couvert par les exigences de la sécurité nationale, et les seuls rapports techniques publiés concernaient les méthodes d'analyse, à partir du premier rapport annuel du ministère des Mines et Relevés techniques pour l'année fiscale se terminant le 31 mars 1950.

On se rappellera l'association de la Direction des Mines avec Eldorado Gold Mines Limited mentionnée au Chapitre 4. Les minerais de la mine de Port Radium avaient une haute teneur en pechblende-argent-plomb, la proportion d'oxyde d'uranium (U_3O_8) allant de 30 à 55%, et la teneur en argent étant de 4 à 360 onces par tonne. Le traitement fut lancé en 1933, produisant un concentré par gravité de pechblende et argent. Le concentré était alors expédié à la raffinerie de Port Hope en Ontario, pour permettre la récupération du radium et de l'argent. La mine ferma en 1941, pour rouvrir l'année suivante, devenant le seul producteur canadien d'uranium, qui était l'élément radioactif

"parent" pour le projet "Manhattan".

La compagnie Eldorado devint une société de la Couronne, sous le nom d'Eldorado Mining and Refining Company (1944) Limited, puis Eldorado Nuclear Limited en 1966. En 1948, cette Société de la Couronne reçut la responsabilité d'assurer à la raffinerie de Port Hope, établie par la compagnie privée, le raffinage de tous les concentrés d'oxyde d'uranium produits au Canada; cette politique est toujours en vigueur.

L'association de la Direction des Mines avec la compagnie privée Eldorado se poursuivit pendant toute la période précédant la deuxième guerre mondiale, principalement sous forme de visites de la raffinerie de Port Hope, où s'effectuait le traitement chimique du produit de mine concentré par gravité, selon les travaux de recherche en hydrométallurgie effectués par Traill au début des années 30 à la Direction des Mines. Au cours de cette période, on poursuivait les recherches pour améliorer la récupération du radium.

Après la reprise de la compagnie privée Eldorado par la Société de la Couronne, cette association se resserra encore. Les premières tâches entreprises par le groupe formé par Parsons en 1945, connu sous le nom de "Groupe Eldorado" jusqu'à la formation de la Division de la Radioactivité en 1948 (voir Chapitre 5), étaient de trouver une solution au problème tenace que constituait le faible pourcentage global de récupération de l'uranium à Port Radium, et d'améliorer les méthodes analytiques, physiques et chimiques, pour déterminer précisément la proportion d'uranium dans les minerais et concentrés à faible teneur. La Commission géologique du Canada joua un rôle important en établissant des venues de minerais radioactifs. Sur ce point, on se rappellera que les enquêtes sur les eaux minérales effectuées par Satterly et Elworthy au début de la première guerre mondiale (Chapitre 3) avaient permis de détecter la radioactivité dans les eaux. En 1953, E.A. Brown présenta une communication sur les activités de la Division de la Radioactivité à l'Assemblée générale annuelle de l'Institut canadien des Mines et de la Métallurgie à Edmonton.

Dans sa contribution à cette communication, Parsons traita de la question de savoir s'il aurait été possible d'utiliser des méthodes physiques pour améliorer le circuit de gravité à la mine Eldorado. Il donna à J.S. Godard, qui fit partie du personnel de Traitement de Minerais de la Division des Mines de 1922 à 1931, et à W.T. Turrall qui était à la Division des Minéraux industriels de 1941 à 1949, la tâche de déterminer définitivement, par une étude approfondie de la nature physique du minerai, s'il était possible d'améliorer la récupération par concentration physique. Ces chercheurs conclurent que les moyens physiques n'offraient pas beaucoup d'espoir. Parsons indiqua dans

sa communication qu'il s'était déjà convaincu que seule une méthode de lixiviation chimique pourrait atteindre l'objectif d'une récupération optimale, et attribua à "l'enthousiasme" du professeur Gaudin les premiers progrès réels réalisés. Tant Parsons que Brown mentionnaient les difficultés des analyses physiques et chimiques, qui devinrent particulièrement importantes après que le gouvernement eut décidé en 1948 que l'industrie privée devrait reprendre des activités importantes d'exploration et de développement des gisements de minerais d'uranium. Il y avait à l'époque peu de chimistes et essayeurs informés sur les minerais radioactifs. Il fallait des travaux de recherche et développement considérables et persévérants pour mettre au point des méthodes analytiques, particulièrement en chimie, pour l'analyse des minerais à faible teneur. Il était nécessaire d'adapter les procédures d'analyse de contrôle pour diverses étapes de procédés et divers produits. La reconnaissance des efforts canadiens entraîna un accroissement de la coordination avec les travaux des organismes américains et britanniques. Une fois qu'une méthode était considérée comme fiable, la division la publiait sous forme d'un rapport ou d'une communication scientifique. La Direction des Mines assurait également la formation du personnel de l'industrie dans les laboratoires, et parfois sur place.

Dans sa communication au CIM, Brown donnait la distribution du personnel de la Division de la Radioactivité par sections en 1953, comme suit: Minéralogie, 3 personnes; Chimie analytique, 24; Physique et électronique, 9; Traitement des Minerais, 18; Supervision et Administration, 6; au total 60, dont 33 s'occupaient d'analyse (96). En 1954-55, lorsque les activités de la division étaient à leur maximum, l'effectif du personnel était de 65, associé à environ 30 personnes d'Eldorado et de l'industrie privée.

Le premier projet important entrepris par la Division en 1948, en conjonction avec la compagnie Eldorado, fut la mise au point d'un procédé à lixiviation acide pour le minerai complexe de la mine de Port Radium. Les recherches préliminaires en minéralogie et en chimie furent suivies d'une étude en usine-pilote à Ottawa, puis d'une installation expérimentale à grande échelle à Port Radium en 1950, avec participation du personnel de la Direction des Mines. En 1951, l'ancienne usine de concentration par gravité brûla, et on en construisit immédiatement une nouvelle, qui comportait les modifications du schéma de traitement suggérées par le personnel de la Direction des Mines. Une installation de lixiviation acide fut mise en fonction en mai 1952, et peu de temps après, la récupération d' U_3O_8 augmenta d'environ 30%. Cette installation servit également au traitement des anciens rejets. La communication "Development of the Port Radium leaching process for recovery of uranium", (MB TP 13), fut préparée par le personnel de la division de la Radioactivité en 1955, et réimprimée en 1956. Arvid Thunaes, chef de la division de la Radioactivité, considérait l'installa-

tion de lixiviation acide de Port Radium comme une étape d'innovation importante dans le traitement canadien des minerais d'uranium, dans la mesure où les diverses étapes de procédés et les équipements servirent de modèles pour la plupart des installations suivantes (97). La récupération de l'uranium à partir de la solution, ou liqueur féconde, s'effectuait par réduction par la poudre d'aluminium, dans laquelle l'uranium tétravalent se combinait avec les arsénates et les phosphates lixiviés du minerai, entraînant une précipitation de composés d'uranium insolubles; ces composés étaient alors transformés en trioxyde d'uranium à la raffinerie de Port Hope.

On découvrit des minerais de pechblende de concentration inférieure à ceux de Port Radium dans le nord de la Saskatchewan, près de la frontière des Territoires du Nord-Ouest, dans la région du Lac Athabasca. En 1951, on lança le deuxième grand projet de recherche et de développement sur les minerais provenant de cette région, dont un provenant de la concession Ace; il s'agissait d'une pechblende associée à des minéraux carbonatés présents sur les concessions d'Eldorado de la région de Beaverlodge; l'autre minerai provenait d'un environnement granitique de la région du lac Charlebois. Après essai initial de lixiviation acide du minerai d'Eldorado Ace, on passa à une lixiviation au carbonate de sodium, étant donné la forte consommation d'acide due aux minéraux carbonatés. On mit au point pour ce minerai des méthodes de lixiviation alcaline tant sous pression qu'à la pression atmosphérique. Les premiers essais en usine-pilote furent effectués à la rue Booth, par lixiviation sous pression. Simultanément, on installait à Beaverlodge une installation à grande échelle, d'une capacité de 500 tonnes par jour, équipée d'autoclaves. Le personnel recruté par Eldorado pour l'usine de Beaverlodge reçut une formation de plusieurs mois à la Direction des Mines. L'installation de Beaverlodge entra en production en 1953, et cette même année Eldorado construisit une installation expérimentale de plus grande dimension pour la lixiviation à la pression atmosphérique, dans des locaux loués sur l'avenue Carling; la compagnie fit des essais d'environ cinq mois, en coopération avec la division de la Radioactivité. Le résultat de ces travaux fut un deuxième circuit de lixiviation à l'usine de Beaverlodge, où l'on utilisait au lieu des autoclaves des réservoirs pachuka de 34 pieds de haut; ceci fit passer la capacité de l'usine à 750 tonnes par jour. A l'époque, Eldorado assurait un service à la demande pour le traitement des minerais provenant de petites mines privées du voisinage. En 1955, Eldorado décida d'agrandir l'usine de Beaverlodge, pour faire passer sa capacité à 2000 tonnes par jour; on utilisa le cycle de lixiviation au carbonate de sodium sous pression atmosphérique, qui permit de traiter également le minerai provenant de la nouvelle mine Verna.

En 1953, Thunaes accepta un poste de gérant de la division de Recherche et Développement d'Eldorado Mining and Refining Company, et Rabbitts se joignit à

lui dans le groupe de Recherche et Développement nouvellement établi. E. Brown devint chef de la Division de la Radioactivité, assisté de H.W. Smith. J.C. Ingles remplaça Rabbitts comme chimiste en chef. La relation cordiale se maintint entre la Direction des Mines et la compagnie Eldorado; toutefois, dans la mesure où celle-ci développait sa propre organisation de recherche, la Direction des Mines fut en mesure de faire face aux demandes croissantes de l'industrie privée.

En 1953, la première compagnie privée - Gunnar Mines Limited - qui possédait une concession sur le lac Athabasca dans le nord-ouest de la Saskatchewan, à proximité de la frontière du Territoire du Nord-Ouest et de l'Alberta, fit une demande d'étude préliminaire complète en minéralogie, en chimie et en traitement physique, suivie d'une étude en usine pilote. Le minerai était moins complexe que celui de Port Radium, et on recommanda une lixiviation acide suivie d'une récupération d' U_3O_8 par échange d'ions. L'étude fut effectuée entre août et octobre 1953, date à laquelle commençaient les études de conception de l'usine, ainsi que les commandes d'équipement, tout ceci achevé en un an. L'usine fut mise en fonction en 1955 (98).

L'étude Gunnar fut suivie d'une période d'études intensives pour un grand nombre de projets de mine dans les régions de Blind River - Elliot Lake et de Bancroft en Ontario. Cette activité eut pour résultat une augmentation substantielle des réserves de minerais d'uranium canadiens; toutefois ces minerais étaient à faible teneur. Ils se prêtaient tous à la lixiviation acide et à la récupération d' U_3O_8 par échange d'ions.

La Direction des Mines mit au point une procédure standard, comportant des analyses minéralogiques et chimiques, et une évaluation des échantillons par un procédé de lixiviation acide à l'échelle du laboratoire. Cette procédure permettait de déterminer les variables de procédé, comme la taille de broyage, les besoins en acide et en oxydant, la température, le temps de contact, l'acidité - toutes ces données servaient de guide pour la conception de la première usine-pilote. On introduisait par la suite, selon les besoins, des modifications des variables de procédés dans les opérations d'usine-pilote suivantes. La liqueur féconde était alors traitée dans des colonnes d'échange d'ions, puis par élution et précipitation, pour produire le concentré d'uranium solide.

Le premier minerai de l'est étudié provenait de Pronto Uranium Mines Limited, de Blind River. On effectua en tout huit études de lixiviation acide et sept études d'échange d'ions en usine-pilote, avec rapports appropriés au cours de 1954. De plus, on prépara 17 rapports - minéralogie, essais à petite échelle, essais de précipitation et rapports sommaires - au cours de la période 1953-1955, ainsi qu'un total de 32 rapports spéciaux dans la série classée.

Les participants principaux à ces travaux de recherche et développement et à ces rapports étaient: en Minéralogie - S. Kaiman (1946-); pour les tests préliminaires en laboratoire et les études de lixiviation - R.P. Ehrlich, R.M. Ennis, J. Brannen (1948-1962), E.G. Joe (1952-1955 et 1972-), et H.H. McCreedy (1954-); pour l'extraction de l'uranium à partir de la liqueur de lixiviation - V.F. Harrison (1947-1978), R. Simard (1948-1962), A.J. Gilmore (1948-), et K.D. Hester (1949-1954).

On notera qu'Ehrlich et Ennis venaient de Mine Consultants Limited de Toronto. Ennis devint surintendant d'usine à Pronto, et Ehrlich et Hester entrèrent tous deux à l'équipe de gestion de Rio Tinto pendant le développement des concessions de cette compagnie dans la région d'Elliot Lake (99). Peu de temps après la fermeture de Pronto à la fin de son contrat de vente d'uranium, Ennis entra à la Direction des Mines comme conseiller industriel dans la division de Métallurgie extractive nouvellement créée en 1959. Il mourut subitement en 1963. La responsabilité et la direction d'ensemble étaient assurées par E. Brown, chef de la division (1948-1958), son assistant H. Smith (1945-1974), et W. Gow (1946-), chef de la Section de Traitement des Minerais. Etaient également actifs D.K. Presgrave et A.D. Smith, détachés du CSIRO en Australie, comme l'avait été Kelsall auparavant. L'usine Pronto fut mise en service en octobre 1955. Il y a lieu de citer un extrait d'un discours prononcé par F.B. Joubin, directeur administratif de Pronto, à l'occasion de la mise en service de l'usine:

"Je prends grand plaisir à apporter quelques observations et à ajouter quelques noms à l'histoire de réussite de la mine Pronto ...



E. Brown

"Mais avant de pouvoir lancer une usine, avant même de savoir si notre uranium se prêtait à des activités commerciales d'extraction, il nous fallait en comprendre la métallurgie. Pour cette tâche, nous avons choisi Reini Ehrlich. Ses seules qualifications pour la tâche étaient qu'il était jeune et ambitieux et qu'il n'avait pas froid aux yeux. Cette dernière qualification était très importante, dans la mesure où le minerai de Pronto était un minéral d'uranium appelé brannerite, qui jusque-là n'avait jamais au monde fait l'objet d'exploitation commerciale. Ehrlich choisit une petite équipe de chercheurs capables et ambitieux, dont Ron Ennis, Ken Hester et d'autres. Grâce au talent et à la coopération de certains des subordonnés du docteur John Convey à Ottawa, dont le docteur Ernie Brown, H.W. Smith et Sol Kaiman, Ehrlich et son équipe mirent au point une technique très efficace, qui pourrait maintenant se répandre partout pour le traitement des minerais de brannerite."

Le premier des minerais de la région d'Elliot Lake à faire l'objet d'une évaluation provenait de la mine Quirke de Rio Algom; il exigea 23 rapports spéciaux dans la série classifiée au cours de la période 1954-1955. Les auteurs étaient les suivants: W.R. Bull, (1952-1956), R.M. Ennis, A.J. Gilmore, V.F. Harrison, K.D. Hester, W.R. Honeywell (1948-1973); M.R. Hughson (1952-), E.G. Joe, (1952-1955, 1972-) G.D. Lutwick (1954-1956), V.M. McNamara (1954-), J.A. Poulin (1949-) et R. Simard (1958-1962). Les minerais suivants n'exigèrent pas d'études aussi longues, en raison de leur ressemblance au premier, particulièrement en ce qui concerne ceux des régions de Blind River et Elliot Lake, et aussi parce que le personnel acquit de l'expérience qui leur permettait de faire des prédictions. En 1956, la mine Algom Quirke, avec une capacité nominale de 3000 tonnes de jour, devint le premier producteur de la région d'Elliot Lake; c'était à l'époque le plus gros producteur du Canada; Bancroft devint le premier producteur de la région de Bancroft avec une capacité de 1200 tonnes par jour. En 1956, la production journalière de minerai d'uranium au Canada atteignait près de 7500 tonnes. Le numéro de juin de 1956 de Canadian Mining Journal publia un compte rendu complet sur l'état de l'industrie de l'uranium au Canada, portant sur la géologie, l'extraction et le traitement; dans ce compte-rendu, D. Keyes, chef d'AECL, rédigea un article spécial, "Our future sources of power" (100).

On effectua à Elliot Lake pour plusieurs compagnies des études considérables en laboratoire sur des carottes de forage de petit diamètre de manière à obtenir des données pour la conception des usines; ceci permettait de lancer la construction des usines de manière qu'elle soit prête à recevoir le minerai lorsque le puits de mine atteignait les gisements à 2000 pieds de profondeur ou plus. Dans ce groupe de compagnies, on note Northspan Uranium, Can Met Exploration, Milliken Lake, Stanleigh et Stanrock. En 1957 eut lieu le lancement de la production aux installations

suivantes: Consolidated Denison, la mine Nordic de la compagnie Algom, Northspan (mines Buckles et Lacnor) et Can Met Exploration à Elliot Lake, Faraday dans la région de Bancroft, Lorado dans la région de Beaverlodge et Rayrock dans les Territoires du Nord-Ouest. Chacune de ces compagnies faisait usage des méthodes par lixiviation acide et échange d'ions lancées par la Direction des Mines, qui faisait l'objet de cinq brevets. Les noms mentionnés précédemment ne constituent pas une liste complète des mines dont les minerais firent l'objet d'une première évaluation à la Direction des Mines. En 1958, environ 19 mines d'uranium produisaient au Canada environ 40 000 tonnes de minerai par jour, dont environ 75% dans la région de Blind River-Elliot Lake, 10% dans la région de Bancroft et 15% de Beaverlodge et les Territoires du Nord-Ouest. Dans la plupart des usines, un ou plusieurs employés avaient reçu une formation dans les laboratoires de la Direction des Mines.

Les métallurgistes travaillant dans l'industrie apportèrent plusieurs améliorations, tant dans les procédés eux-mêmes que dans l'équipement des usines, introduisant des flocculants de meilleur rendement pour la sédimentation et le filtrage de la pâte de lixiviation, ainsi que des autoclaves, des échangeurs de chaleur améliorés et des équipements de traitement résistants à la corrosion. Une des retombées de l'industrie de l'uranium fut l'introduction beaucoup plus intense d'instruments de contrôle de précision dans les circuits de cyanuration et de lixiviation d'autres mines métalliques. Il ne fait pas de doute que l'ensemble des activités de récupération des métaux à partir des minerais à faible teneur bénéficiera des travaux de recherche et développement ainsi que de l'expérience d'exploitation des années 50 sur les minerais d'uranium du Canada et d'autres pays producteurs d'uranium.

Il y a lieu à ce point de donner une brève description de la nature complexe des minerais et des actions chimiques impliquées dans l'extraction de l'uranium.

Analyse minéralogique

L'évaluation minéralogique constituait un outil important en raison de la variété des minéraux associés aux minerais d'uranium. Bien que principalement d'origine ignée, l'uranium apparaissait en grande partie sous forme de minerai provenant d'émanations magmatiques ou d'intrusions dans divers environnements rocheux récepteurs. Les plus grosses réserves canadiennes étaient, et restent à la date de rédaction, situées dans la région de Blind River-Elliot Lake. Plus récemment se sont ajoutées à celles-ci des minerais de la région d'Agnew Lake à l'est de la précédente. Les gisements se trouvent dans un environnement sédimentaire - il s'agit d'un conglomérat de galets de quartz pyritique ressemblant au "Banket" du Witwatersrand - la

source principale d'uranium est un titanate d'uranium ou brannerite, une certaine quantité d'uraninite, ainsi que de petites quantités de thorite. Les minerais de Bancroft se présentent sous forme de dykes de pegmatite dans des roches métamorphiques, les minéraux principaux étant l'uraninite et l'uranothorite, avec une proportion de thorium beaucoup plus élevée que dans la plupart des autres minerais canadiens. La plupart des autres minerais des premiers temps des années 50 comportaient les minerais du nord à Beaverlodge en Saskatchewan et dans les Territoires du Nord-Ouest. Ces minerais étaient sous forme de veines que l'on peut décrire dans l'ensemble comme étant d'origine hydrothermique, et le minerai principal d'uranium était la pechblende, avec peu ou pas de thorium. On identifia à la mine Gunnar un minéral oxydé secondaire, l'uranophane. Une grande proportion, et particulièrement les minerais de l'est, avaient une faible teneur - moins d'1% d' U_3O_8 - et étaient associés à de nombreux minéraux indésirables, y compris des traces métalliques, qu'il était nécessaire d'extraire pour satisfaire aux exigences de pureté pour l'alimination des raffineries.

Traitement chimique

À l'exception des minerais associés aux minéraux basiques comme la calcite dans la région de Beaverlodge, qui consommaient de grandes quantités d'acide, la plupart des minéraux d'uranium canadiens de l'époque se dissolvaient facilement dans une solution d'acide relativement faible à une température ordinaire; toutefois la brannerite exigeait des solutions plus fortes et plus chaudes.

La récupération de l' U_3O_8 par échange d'ions à partir de la liqueur féconde s'effectuait par adsorption préférentielle des ions d'uranium sur un lit de résines à échange d'ions, ce qui évitait la précipitation simultanée des impuretés indésirables comme le fer. Un avantage supplémentaire de ce procédé était d'exiger un volume de solution d'élution inférieur au volume original de la liqueur féconde, pour récupérer l' U_3O_8 par adsorption préférentielle. La solution d'élution était composée d'acide sulfurique et de sel ordinaire, et on en précipitait l' U_3O_8 avec de la magnésie. Plus tard, certaines installations industrielles adoptèrent pour l'élution une solution d'acide sulfurique et de nitrate d'ammonium, et une précipitation à deux étapes, d'abord avec de la chaux, puis avec de la soude, pour produire un concentré à plus forte teneur.

Les concentrés séchés étaient envoyés à la raffinerie d'Eldorado à Port Hope, et la purification consistait en une digestion dans l'acide nitrique suivie de l'extraction par solvant au moyen d'une solution faible d'un organophosphate (phosphate tri-butyle) dans le kérosène. On passait ensuite à l'extraction du solvant pour obtenir l'uranium sous forme de nitrate

d'uranyle. On produisait ensuite par évaporation et dénitrification un trioxyde d'uranium de qualité appropriée pour les réacteurs. Ce procédé, introduit à Port Hope en 1955, permettait de récupérer tout le nitrate sous forme solide ou vapeur.

Dans la période d'urgence initiale, 1948-1955, on s'aperçut que la concentration par échange d'ions était appropriée à la majorité des mines, sans pré-concentration primaire par gravité. C'était particulièrement le cas pour la plupart des mines de la région de Blind River-Elliott Lake. Ce procédé était raisonnablement bon marché, et de plus la raffinerie d'Eldorado acceptait des concentrés avec un pourcentage d' U_3O_8 allant de 50 à 85%, avec des limitations spécifiques sur les impuretés.

Dans l'extraction par solvant, la résine à échange d'ions qui capte préférentiellement les ions d'uranium était remplacée par un solvant organique présentant une propriété de sélectivité semblable. La liqueur riche devait être "déchargée" des ions d'uranium, qui étaient alors précipités pour la récupération finale du produit concentré.

En 1955, sans doute en rapport avec la décision prise par Eldorado d'installer une usine d'extraction par solvant à Port Radium, on lança une étude sur l'évaluation des organophosphates et des amines comme solvants ainsi que des agents de décharge. Ces études furent effectuées par R. Simard et A. Bellingham (CSIRO, Australie), qui en 1956 passèrent un temps considérable à Port Radium pour aider à l'établissement et à l'exploitation d'une usine-pilote. En 1958 fut mise en service une usine d'extraction par solvant à grande échelle, la première au Canada. En général, les amines tertiaires assuraient les meilleurs résultats d'extraction. Les études furent poursuivies jusqu'en 1957, et portèrent entre autres sur l'utilisation du magnésium pour la décharge du solvant aminé chargé de radium; toutefois les résultats ne furent pas très satisfaisants, en raison de pertes dans les agents de réaction organiques.

Ces études d'extraction par solvant, et d'autres qui suivirent plus tard en 1958-59, menèrent à l'idée de traiter les produits d'élution des opérations d'échange d'ions à l'usine primaire, pour obtenir des produits d'uranium à forte teneur, tant pour les réacteurs que pour la fabrication d'isotopes. Simard, Gilmore, McNamara et plus tard H.W. Parsons (1959-) et H.W. Smith participèrent à ces travaux et publièrent plusieurs rapports internes avant de préparer une publication finale en 1961 (101).

Etant donné qu'une quantité importante de thorium provenant des usines de Bancroft était perdue, on entreprit en 1957 des études pour étudier la possibilité de récupérer le thorium par extraction par solvant. Des études préliminaires des solutions d'échange d'ions provenant des usines de Bicroft et

Faraday furent effectuées à Ottawa, puis on mit en service une usine-pilote à Faraday, qui traita 10 à 15 tonnes de solution par jour. Le solvant était une amine dans le kérosène, et on utilisait pour la décharge tant le carbonate de sodium que le chlorure de sodium. Le produit final était constitué de 98% d'oxyde de thorium pur. Simard fut aidé par les techniciens A. Poulin et R. Warner de la Direction des Mines (102).

L'année d'activité maximum de la Division de la Radioactivité fut 1955. On se fera une idée de l'importance de ses activités à partir des statistiques pour l'année fiscale se terminant le 31 mars 1956: 35 examens minéralogiques; 96 traitements d'échantillons dont 38 de l'Ontario, 35 de la Saskatchewan, 9 des Territoires du Nord-Ouest, 9 du Québec, 2 de la Colombie Britannique et 3 de l'Australie; il y eut 18 149 dosages, sur 13 053 échantillons, exigeant 22 591 déterminations. Etant donné les conditions de surpeuplement dans les baraques Quonset, tant pour les humains que pour l'équipement, ceci représentait une réalisation remarquable - manifestement, le personnel ne faisait pas attention à l'heure! Et pourtant, il n'y eut pas d'accidents. Les essais sur installation pilote duraient plusieurs semaines, sept jours par semaine, vingt-quatre heures par jour; toutefois, personne ne fut affecté par le rayonnement.

Le programme de l'uranium démontra que, dans la mesure où l'échantillon était représentatif du minerai, on pouvait compter sur un très grand facteur d'échelle entre l'installation pilote et l'installation industrielle, dans le cas des traitements chimiques. L'installation traitait environ une demi-tonne par jour, alors qu'une installation industrielle traitait un millier de tonnes ou plus; toutefois, les données de fonctionnement des usines, après mise en fonction, correspondaient étroitement aux données obtenues sur l'installation pilote. Ainsi, on pouvait utiliser les estimés de coût fondés sur les données expérimentales avec un degré élevé de confiance pour la conception de l'installation à grande échelle (103).

Une caractéristique frappante du programme fut la rapidité de son exécution; ce fut sans doute le plus rapide dans l'histoire des mines canadiennes. Toute la partie critique de l'opération pouvait s'achever en une période de deux à trois ans à partir du moment où une entreprise privée décidait de lancer une mine à l'étape de la prospection. Cette opération comportait l'essai des échantillons pour évaluation préliminaire et évaluation sur installation pilote, la conception de l'installation, l'acquisition de l'équipement et la construction et la mise en fonction de l'usine. Cette performance indique sans aucun doute un degré élevé de coopération et de travail d'équipe.

Il y avait beaucoup d'activités de liaison et d'échange d'information, ainsi que de visites dans des établissements de recherche et de développement aux États-Unis et ailleurs. Trois universités canadiennes

participaient au programme de recherche - l'Université de Colombie-Britannique en particulier, avec la méthode de lixiviation sous pression du professeur Forward, en relation avec la mine Rexpar en Colombie-Britannique, l'Université d'Alberta et l'Université Queen - qui avaient toutes des subventions de recherche de la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

Analyse chimique

On ne saurait trop insister sur l'importance de l'analyse, tant pour les besoins du dosage que pour les besoins du contrôle, comme on a pu le voir plus tôt par l'évolution des besoins de personnel et le volume de travail, du début en 1946 jusqu'à la pointe de 1955. Les activités de recherche et d'analyse étaient continues, en raison des besoins de précision dans le traitement de volumes croissants non seulement de minerais d'uranium complexes et de basse qualité (Chapitre 5) mais également des concentrés d'uranium. On mit au point deux nouvelles méthodes d'analyse des concentrés: une méthode fluorométrique, qui échappait presque entièrement à l'interférence des autres éléments mais qui était limitée par sa précision de base - "The determination of uranium in concentrates by the fluorophotometric method" par J.B. Zimmerman, F.T. Rabbits et E.D. Kornelsen (MB TP 6, 1953) et une méthode colorimétrique qui souffrait parfois d'interférence, mais présentait une précision inhérente supérieure "The determination of uranium in uranium concentrates using ethyl acetate" par R.J. Guest et Z.B. Zimmerman (MB TB 8, 1954.)

Dans la période initiale, jusqu'en 1955, la préoccupation principale consistait à mettre au point des méthodes analytiques pour assurer une analyse quantitative précise du grand nombre de composés métalliques associés avec les minerais d'uranium et de thorium, comme le cuivre, l'aluminium, le molybdène, le niobium, le tantale, etc. Ainsi, deux méthodes analytiques pour le cuivre et l'aluminium firent l'objet de rapports en 1953 - "The colorimetric determination of copper with 2,2-diquinolyl in minerals and ores" par R.J. Guest (MB TP 3, 1953); et "The determination of aluminum by the fluorophotometric method" par J.B. Zimmerman (MP TP 4, 1953).

Après 1957 et le début de 1958, une fois achevée la mise en fonction de toutes les usines, on accorda plus d'attention à des méthodes nouvelles d'analyse pour l'uranium et le thorium, qui seraient applicables en usine. La recherche sur les méthodes d'extraction par solvant pour la récupération de l'uranium mettait l'accent sur la nécessité de meilleures méthodes pour la détection de traces de produits chimiques en solution. On connut des réussites considérables dans la mise au point de méthodes de récupération pour tous les solvants et tous les produits de dilution inertes utilisés dans ces travaux. La Section d'Analyse chimique coopéra dans des projets de recherche avec les agents du groupe de traitement des minerais.

Plusieurs rapports furent publiés dans la nouvelle série de rapports de recherche, comme suit:

- "Effect on reagent consumption of recycling solutions in the weak acid leaching of a uranium ore" par V.M. McNamara et W.A. Gow (MB RR 28, 1958);
- "Some solubility studies in the system: thorium carbonate-sodium carbonate-sodium bicarbonate-sodium sulphate-water" par J.C. Ingles et F.J. Kelly (MB RR 32, 1958);
- "Recovery of uranium from an acid leach liquor, using an ion exchange resin and sodium carbonate and bicarbonate as eluting agents" par E. Kornelsen, V.M. McNamara et J.C. Ingles (MB RR 33, 1959);
- "'Thorin' colorimetric method for thorium determination: effect of some common ions and methods for overcoming interferences" par J.A.F. Bouvier et R.J. Guest (MB RR 34, 1958);
- "Elution with carbonate solution of an ion exchange resin loaded with uranyl sulphate" par V.M. McNamara et W.A. Gow (MB RR 43, 1959);
- "Some analytical applications of solvent extraction from sulphate solution with long chain alkyl amines" par R.J. Guest et J.A.F. Bouvier (MB RR 43, 1959).

Un appareillage de test pour la durée de vie des résines fut mis au point pour évaluer les résines d'échange d'ions, et une recherche fut entreprise sur la séparation des terres rares à partir des minéraux de thorium; ces recherches firent l'objet du rapport "Studies in the separation of the rare earths from thorium in sulphate solutions using cation exchange resins" par D.C. Lewis (1957-58) et J.C. Ingles (MB RR 31, 1958).

Les exigences de précision dans l'analyse de la gamme complexe et étendue de teneurs de minerais et de concentrés furent satisfaites avec succès et contribuèrent certainement à l'avancement des connaissances et des attitudes en chimie analytique.

Le laboratoire de chimie de la Division de la radioactivité servit d'arbitre entre Eldorado et les compagnies privées pour les concentrés livrés à Port Hope en vue du raffinage.

Pendant toute cette période, il y eut des activités considérables de formation de personnel externe, ainsi que de visites d'échange entre l'industrie et la Direction des Mines. La coopération était très étroite avec l'industrie, jusqu'au point où la Direction établit des activités d'analyse fluorométrique dans les laboratoires industriels. Ingles prépara un manuel complet de contrôle analytique des procédés de traitement industriel de l'uranium, en trois parties sous reliure mobile, qui fut catalogué dans la série du Monographie en 1959 (104).

Physique et électronique

Cette section était responsable de tous les

dosages radiométriques des minerais, non seulement au laboratoire mais également dans les essais de terrain. L'activité maximum fut atteinte dans l'année fiscale se terminant le 31 mars 1951, au cours de laquelle il y eut 2 433 dosages. De plus, un effort considérable de recherche et de développement fut consacré à la conception d'appareils de détection et de surveillance du rayonnement, ainsi que d'ensembles complets d'instruments comportant des circuits électroniques complexes.

Le Docteur C.M. Lapointe (1945-1971), professeur à Laval, fut engagé dans le "Groupe Eldorado" pour commencer les mesures de radioactivité des minerais d'uranium. Le docteur F.E. Senftle fut chef de la section pendant les deux premières années, puis fut suivi par R.D. Wilmot (1947 - 1952), comme chef intérimaire jusqu'au moment où le docteur G.G. Eichholz (1948 - 1963) prit la charge de la section en 1951.

Lapointe devint physicien en résidence à Port Radium de 1946 à 1953, avec responsabilité de tous les dosages radiométriques et des améliorations de méthodes. On notera que les minerais d'uranium et thorium émettent trois types de rayonnement - alpha, bêta et gamma. Au cours de la première période, on utilisait des compteurs Geiger et des compteurs à ionisation simples pour doser les minerais par rayonnement bêta. Il devint clair qu'il y avait des pertes de rayonnement. Certains des éléments radioactifs "successeurs" dans la série de l'uranium s'échappaient dans le traitement physique, comme la pulvérisation et la concentration par gravité, avec réduction du comptage et altération de la distribution des émissions alpha, bêta, et gamma. La présence simultanée des séries uranium et thorium présentait également un problème dans l'estimation du pourcentage d'uranium par comptage radiométrique. En 1948, Lapointe et W.B. Williamson d'Eldorado proposèrent une méthode de dosage bêta-gamma sous le nom de méthode d'équilibre: "The use of Geiger-Mueller tubes for the determination of the state of equilibrium of the radioelements in uranium ore" (Radioactivity Division Topical Report 2, 1948, version déclassifiée 1952). Eichholz, assisté de C. McMahon et de J.W. Hilborne, étudiant, améliorèrent la sensibilité de la méthode au rayonnement gamma en utilisant un détecteur à scintillation comme détecteur de rayonnement gamma pour améliorer la précision dans les dosages de minerais d'uranium à faible teneur. La plupart des mines du Canada ainsi que celles d'Afrique du Sud et d'Australie adoptèrent le système de la Direction des Mines décrit dans un rapport publié au début de 1953 - "The equilibrium counter assembly" par G.G. Eichholz (Radioactivity Division Topical Report, 107-53).

D'autres méthodes de dosage radiométrique firent l'objet d'études, y compris une méthode utilisant un détecteur à scintillation, considérée comme rapide et fiable pour les dosages radiométriques des minerais de thorium: "Measurement of thorium in ores by the thorium emanation method" par J.B. Zimmerman et J.A.F. Bouvier (1951-) (MB TP 14, 1955).

Le compteur à scintillation fut découvert en 1947, et ouvrit tout un domaine d'application pour la détection des rayonnements alpha, bêta et gamma au moyen de substances fluorescentes connues sous le nom de scintillateurs ou 'phosphores'. Une étude fut effectuée de 1951 à 1953 sur des mélanges de liquides organiques utilisables comme détecteurs en vrac. Une étude parallèle porta sur le développement de scintillateurs plastiques contenant un mélange de composés organiques dans une matrice de polystyrène. On mit au point et on breveta une procédure pour le moulage sous pression de ces scintillateurs, qui fit l'objet d'une description dans "Preparation of plastic scintillation phosphors" par G.G. Eichholz et J.L. Horwood (Rev. Sci. Instr. vol 23, p. 305; 1952).

Une autre activité d'analyse entreprise par le Laboratoire du rayonnement porta sur le dosage par activation et travaux apparentés. Cette méthode utilise une source de neutrons. Une source au radium-béryllium fut prêtée par le CNR, permettant au laboratoire, dans ses premiers essais, d'effectuer le dosage de minerais de tantale en présence du niobium, sans avoir à effectuer une séparation chimique d'ordinaire difficile. Cette opération fut décrite dans "Activation assaying for tantalum ores" par G.G. Eichholz (Nucleonics; volume 10, No 12; 1952). D'autres études de dosage par activation portaient sur le calcium, le cuivre et l'indium. On effectua des travaux considérables sur les minerais de tungstène, mais on obtint certaines interférences inexplicables.

Un sous-produit de ce travail de recherche fut la détermination précise des demi-vies - durées nécessaires pour atteindre une intensité de rayonnement égale à la moitié de l'intensité initiale - pour certains isotopes pour lesquels les données dans divers rapports ne s'accordaient pas. Les isotopes étudiés étaient le tantale-182, décrit dans "The half-life of tantalum-182" par G.G. Eichholz and L.A. Ficko (Phys. Rev; vol. 86, pp 794-795; 1952); le tungstène-187, dans "The half-life of W-187" par G.G. Eichholz (Phys. Rev.; vol. 89, pp 525-526; 1953) et le mercure-203 dans "The half life of mercury-203" par G.G. Eichholz et J.V. Krzyzewski (Can. Phys; vol. 34, pp 1167-1168; 1956). On installa un spectromètre à rayons gamma, et on entreprit certains travaux d'identification d'impuretés à l'état de trace dans des échantillons de métal activé.

Une autre fonction de recherche et de développement de cette section consista à mettre au point des équipements spécialisés pour les mines et les usines de traitement de minerai, faisant usage des propriétés de rayonnement des minerais d'uranium et de thorium. Ainsi, Lapointe inventa le convoyeur à ramassage électronique pour produire un pré-concentré de haute qualité. Le convoyeur de ramassage se composait de plusieurs tubes Geiger montés sur un tapis de transport, et qui mettait en action un béliet pneumatique de manière à éjecter du tapis les morceaux de minerai à

haute teneur, laissant sur le tapis les déchets. Le rapport couvrant ce développement fut "Electronic concentration of radioactive ores with the Lapointe Picker Belt" par C.M. Lapointe et R.D. Wilmot (MB Memorandum Series 123, 1952). Cet appareil fit l'objet d'un brevet, mais comme son usage se limitait aux minerais à haute teneur, un nouveau système fut mis au point avec un détecteur plus sensible à scintillation situé sous le tapis transporteur et une porte basculante au lieu d'un béliet. Cet équipement fut utilisé pour les minerais beaucoup moins riches de Beaverlodge et Blind River, et fit l'objet d'une description dans "Electronic concentration of low grade ores with the Lapointe Picker" par A.H. Bettens et C.M. Lapointe (MB TP 10, 1955). Les appareils de triage ne furent pas utilisés très largement, étant donné leur faible capacité et leur limitation aux tailles grossières dépassant un pouce et demi.

Des appareils de surveillance furent mis au point pour diverses utilisations à l'usine et dans la mine, en particulier pour la compagnie Eldorado. Entre autres, un détecteur Geiger suspendu au-dessus d'un tapis de triage pour vérifier la radioactivité des morceaux de minerai douteux sélectionnés à la main, des appareils de surveillance pour enregistrer les qualités des alimentations et des rebuts d'usine, et un appareil spécial pour situer les minerais au fond du grand lac de l'Ours.

Une réalisation importante porta sur des compteurs compacts, transistorisés, portatifs et directionnels pour les dosages souterrains, que décrit "Portable directional Geiger counters" par A.H. Bettens, C.M. Lapointe et G.G. Eichholz (Radioactivity Division Topical Report 122; 1954).

Tous ces développements eurent lieu au début de ce qu'on appelle l'ère électronique, et furent faits grâce à des personnes qualifiées capables de concevoir des circuits électroniques et de construire toute une variété d'instruments. Par la suite, on vit apparaître une grande demande, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la Direction, pour un service de "dépannage et conseil". Eichholz reconnut les contributions du personnel technique supérieur, dont certains étaient co-auteurs de rapports. Ceux qui restent au service de la Direction sont: W.E. Havercroft (1947 - 1975), P.E. Bélanger (1949-), L.A. Ficko (1948 - 1960 et 1967-) J.M. Lefebvre (1950-); G.E. Alexander (1951-); A.H. Bettens (1951-); J.A.F. Bouvier (1951-); J.V. Krzyzewski (1945-).

L'utilisation de traceurs radioactifs dans l'industrie constituait un développement naturel des opérations de détection et de mesure de radioactivité au moyen d'isotopes radioactifs. Un laboratoire fut établi au 558 rue Booth, en attendant de nouveaux locaux au 555. L'application des traceurs dans la préparation des minerais et des opérations hydrométallurgiques firent l'objet de démonstrations. On effectua

une série de tests pour examiner les divers aspects du mouvement de particules minérales et d'agents de réaction dans le circuit de flottation, à l'installation des sulfures métalliques mixtes de la Quemont Mining Corporation Limited de Noranda. Ces essais firent l'objet d'un rapport: "Radioactive trace investigations in the flotation circuit" par G.G. Eichholz et W.B. Muir, Division de la Radioactivité, et M.J.S. Bennett, J.D. Wild, C. Lawton et S. Mostowy de Quemont (Trans CIM; vol. 60. pp. 63-69; 1957).

On effectua des tests sur les durées de contact dans les agitateurs des installations pilotes de lixiviation acide (Radioactivity Division Topical Report 24, 1954, par J.C. Turgeon) et sur les durées de séjour des boues dans un bassin aérateur (MB RR 18, par E.C. Gibson et G.G. Eichholz, 1958). On effectua également une détermination des pertes de kérosène dans l'extraction par solvant d'une liqueur de lixiviation (MB RR 25, par C.M. Lapointe, 1958).

En pyrométallurgie, on effectua des tests par traceurs radioactifs pendant un essai pilote de four à arc (Division Internal Report 58-127, par G.G. Eichholz; 1958). On effectua également des tests sur la mesure des durées de séjour dans les fours au moyen de traceurs radioactifs (Division Internal Report 59-25, par G.G. Eichholz; 1959).

En métallurgie physique, les essais au moyen de traceurs commencèrent par des expériences sur la ségrégation des billettes d'alliage de zirconium en 1954. La section prêta assistance au docteur Hurwitz de la Division de la Métallurgie physique dans les essais d'étalonnage effectués pour comparer les sensibilités relatives des émulsions photographiques utilisées en autoradiographie. On étudia des problèmes plus fondamentaux de métallurgie physique, qui semblaient traitables au moyen d'isotopes radioactifs utilisés comme marqueurs ou traceurs. Parmi ces problèmes, notons l'oxydation du titane métallique (Division Internal Report 59-10, par J.C. Turgeon; 1956; révision 1957) et des études sur la cinétique des échanges de surface entre cobalt, zirconium, zinc et argent métalliques ainsi que leurs sels en solution. On étudia les effets des limites de grains, et on effectua certaines mesures de diffusion. Un autre effet inhabituel étudié fut "l'effet Haeffner", dans lequel on observa certaines ségrégations d'isotopes dans des métaux purs à l'état liquide soumis à l'action d'un courant électrique. Cet effet fut publié sous le titre "The Haeffner effect in mercury" par G.G. Eichholz (Résumé dans Phys Rev; vol. 99, page 1635; 1955).

On peut mentionner d'autres utilisations d'isotopes radioactifs: marquage de la dynamite pour détecter les longs feux; conception d'un système permettant l'inspection automatique des amorces de munitions; marquage des cadrans d'un appareil de navigation aérienne pour permettre la photographie aérienne automatique en des emplacements pré-déterminés.

La fonction du Laboratoire du rayonnement pendant la période 1947 - 1959 a fait l'objet d'une description par Eichholz (105).

Organisation de la Division de la Radioactivité, 1959

Ernie Brown mourut subitement en 1958. Ce fut une grande perte pour son équipe et pour la Direction, car, en plus d'être un chercheur très capable, il possédait la rare qualité de savoir guider les autres de manière discrète et utile, en un temps où lui-même et son équipe étaient soumis à des pressions considérables pour "montrer des résultats", ce qu'ils firent sans que leurs efforts soient reconnus. Son successeur fut Harold Smith, qui fut chef intérimaire jusqu'en 1959, époque à laquelle les sections de chimie et de traitement des minéraux de la Division de la Radioactivité furent regroupées dans la nouvelle division de Métallurgie extractive sous la direction de K.W. Downes, tandis que la Section de Physique et Électronique passait dans la Division des Sciences minérales sous la direction d'A.T. Prince.

L'aspect humain de cette histoire des premières années d'efforts et de réussites est rapporté dans "Quonset huts gave birth to uranium industry" par Patricia Stevenson (1949 - 1975), agent d'information de la Direction des Mines (Canadian Nuclear Technology, Numéro du printemps 1962).

Les membres principaux du personnel de la Division de la Radioactivité, immédiatement avant sa fusion avec la division de Métallurgie extractive et de Sciences minérales sont les suivants:

Chef intérimaire - H.W. Smith
 Secrétaire - Norah Doyle
 Administration - G. Meihm
 Minéralogie - S. Kaiman, M.R. Hughson
 Traitement des minéraux - W.A. Gow, R. Simard, V.F. Harrison, W.R. Honeywell, A.J. Gilmore, V.M. McNamara, H.H. McGreedy, E.H. Devine
 Chimie analytique - J.C. Ingles, F.P. Roloson, J.B. Zimmerman (nommé agent de sécurité pour le rayonnement en 1957), R.J. Guest, A. Hitchen, G.A. Hunt, E.D. Kornelsen
 Physique et Electronique - Dr G.G. Eichholz, Dr C.M. Lapointe, Dr J.L. Horwood, Dr J.D. Keys, Dr H.P. Dibbs, A.H. Bettens, J.M. Lefebvre, C.A. Josling, G.E. Alexander, A.F. Seeley, J.V. Krzyzewski

Avant de reprendre le récit sur l'uranium au cours de la période de 1959 à 1966, il y a lieu de faire quelques remarques sur les changements d'organisation qui se produisirent en 1959, au moment de l'achèvement du nouvel édifice du 555 rue Booth. Au moment de la planification, cet édifice était prévu, avec raison, pour servir à l'administration et à la Division de la Radioactivité ainsi qu'aux principaux laboratoires de chimie de la Direction, car ces deux groupes techniques avaient jusque là les locaux les

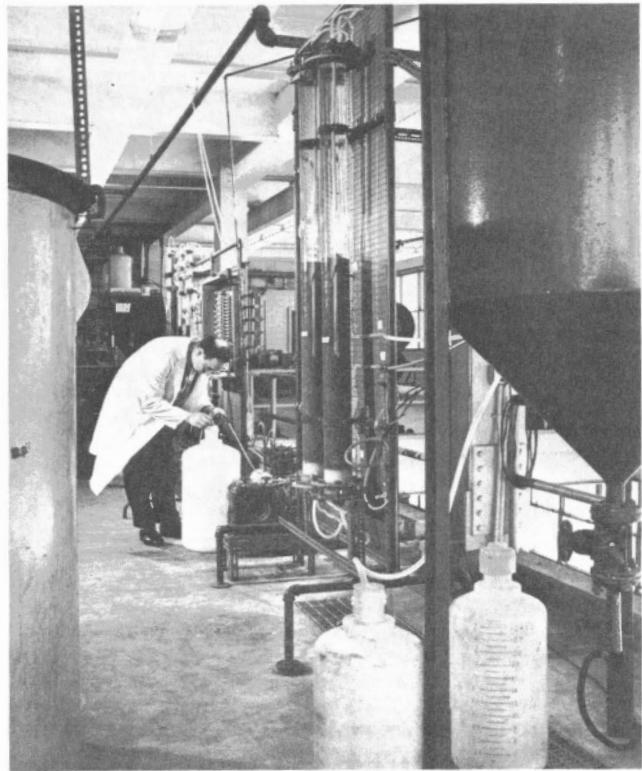
moins adéquats.

La baisse abrupte de l'industrie de l'uranium fut une des causes de la réorganisation. Il ne fait aucun doute que l'expertise développée dans la Division de la Radioactivité constitua un stimulant substantiel pour l'hydrométallurgie en général, et la Division de la Métallurgie extractive constituait un successeur logique pour une application très large qui s'est accrue, et va continuer à croître proportionnellement à la nécessité d'exploiter des minéraux métalliques à faible teneur. La Division des Minéraux industriels représentait l'activité d'amélioration des minéraux en vrac au coût le plus faible possible, c'est-à-dire par moyens physiques, y compris la flottation.

La Division des Sciences minérales fut formée, apparemment, pour appliquer l'approche de la "science des matériaux" dans l'étude de minéraux de constitution variable. Cette conception fut probablement inspirée par les études de physique des métaux sur les propriétés fondamentales de métaux dont la structure était plus homogène que celles des minéraux d'occurrence naturelle. De plus, l'opinion générale de l'époque était en faveur de la dépense de fonds de recherche en science fondamentale.

Le "boom" de l'uranium fut bref; le gouvernement annonça que les demandes de contrat à prix spéciaux prendraient fin le 31 mars 1956. La prospection, qui avait été très active pendant près de dix ans, avec des découvertes dans tout le Canada, particulièrement dans le Nord, diminua cette année-là. La valeur totale des contrats d'origine, qui devaient prendre fin avant 1963, était de 1,7 milliards de dollars, sans compter le contrat du Royaume-Uni de 1962 pour 12 000 tonnes et les contrats de réserve du gouvernement canadien. Pour éviter une récession plus sérieuse dans l'industrie, le gouvernement négocia un programme d'extension avec les États-Unis et le Royaume-Uni. En 1959, les 19 usines de traitement de minéral mentionnées ci-dessus avaient une capacité de production de 45 200 tonnes par jour, certaines des mines augmentant leurs capacités d'usine. La plus grosse mine était Denison, avec 6000 tonnes par jour. A la fin de 1961, seules Nordic, Denison, Milliken Lake et Stanrock fonctionnaient dans la région d'Elliot Lake, Bicroft et Faraday dans la région de Bancroft, et Eldorado et Gunnar dans la région de Beaverlodge. La fameuse mine Eldorado de Port Radium ferma en septembre 1960 (106).

Pendant la dernière période de deux ans de la Division de la Radioactivité et la première année de la Division de la Métallurgie extractive, les travaux de recherche et de développement s'occupaient surtout d'étudier les possibilités d'amélioration et de réduction de coûts de divers aspects du traitement des minerais d'uranium. La Direction des Mines maintint le contact avec l'industrie par l'intermédiaire du Comité métallurgique des producteurs canadiens d'uranium, qui comportait des représentants d'Eldorado et de la



L. Shaheen dans l'installation pilote d'échange d'ions de la Division de Métallurgie extractive (Anciennement Division de la Radioactivité rue Lebreton Photo - George Hunter)

Direction des Mines.

Comme on l'a noté ci-dessus, la plupart des mines du Canada n'effectuaient pas de pré-concentration de l'alimentation pour la lixiviation acide; toutefois, les silicates solubles dans l'acide comme la chlorite et la serpentine consommaient une grande part de l'acide, qui constituait un article de coût principal. Des études de flottation furent effectuées avec des acides gras sélectifs, indiquant une possibilité de réduire substantiellement la consommation d'acide sulfurique pour les minerais d'Elliot Lake. Ceci fit l'objet d'un rapport dans "Flotation of uranium ores from the Elliot Lake area, Ontario" par W.R. Honeywell (MB TB 2, 1959). Lorsque cette technique fut appliquée aux minerais de Bancroft, les économies d'acide sulfurique furent bien plus faibles. Par contre, si l'on effectuait une deuxième flottation des minéraux d'uranium, à la suite d'une première flottation des minéraux consommant l'acide, on obtenait une réduction d'ensemble de l'acide sulfurique presque équivalente à celle des minerais



Personnel de la Division de la Radioactivité, Septembre 1958

Premier rang, de gauche à droite - Steve Sandor (PDF), Charlie McMahon, Elwood Murray, Bernie Zimmerman, Gerry Murphy, Dave King, Paul Bélanger, Don Kelly, John Lefebvre, Gary Meihm, Al Gilmore, Jack Ingles;

Deuxième rang - Doreen McConnel (plus tard Vézina), Harold Smith, Norah Doyle, Geoff Eichholz, Evelyn Waterman;

Dernier rang - Hauldain "Moose" Boyer, Dale Wyatt, Jack Brannen, Bob Warner, Dave Sheldrick, Louis Shaheen, John Keys, George Shanks, Art coote, Barbara Moore (plus tard Owens), Jack Horwood, Claude Lalonde, Arsène Bettens, Bob Lachaine, Vern McNamara, Chris Lapointe, Mickey Devine (E.H.), Bill Honeywell, Sol Kaiman, Joe Krzyzewski, Al Hitchen, Gordon Alexander, Gerry Hunt, Leo Desjardins, Vic Harrison, Jim Atkinson, Romeo Pugliese, Orville O'Hara, Dave Lister, Neil Roberts, Bob Guest, Al Seeley, Florent Bouvier, Cliff Josling, Jim Quinn, Ernie Kornelsen

d'Elliot Lake. En fait, l'uranothorite pulvérisée était facile à séparer par flottation.

Une autre méthode de réduction de la consommation d'acide sulfurique dans les opérations de lixiviation était l'étude de la lixiviation sous pression fondée sur le soufre des minéraux sulfurés associés. Dans cette technique, le minerai pulvérisé mélangé à de l'eau, à une proportion de 60 à 70% de solides, était chauffé jusqu'à 150°C dans une enceinte sous pression, et de l'air était insufflé dans le mélange à une pression d'environ 200 livres par pouce carré. Les sulfures métalliques étaient oxydés en sulfates, produisant de l'acide sulfurique. On obtenait une extraction de 95%

de l'uranium dans le minerai en six heures au maximum, à comparer aux 70 heures nécessaires pour les techniques de lixiviation conventionnelle à l'acide sulfurique (107).

Après 1960, les travaux sur l'uranium furent suspendus jusqu'à 1966 environ, date à laquelle les perspectives d'utilisation d'uranium dans l'industrie de l'énergie s'améliorèrent, dans la mesure où on commença à noter que l'énergie atomique pourrait devenir concurrentielle avec les carburants fossiles.

Pendant la période de 1955 à 1959, le groupe de chimie physique, sous la direction d'A.T. Prince de la

Division de la Préparation des Minéraux et de la Métallurgie des procédés, élaborera une méthode pour préparer des agglomérés de dioxyde d'uranium fritté comme carburant pour les réacteurs atomiques. Ces travaux furent transmis aux laboratoires de Chalk River de l'Atomic Energy of Canada Limited en 1959 (108). Le procédé fut adopté pour tous les réacteurs faisant usage de carburants céramiques, et reste en usage à l'heure actuelle.

Le docteur R.R. Rogers, chef de la Section de la Pyrométallurgie et de la Corrosion de la Division de Métallurgie extractive, et I.I. Tingley de la Division de Métallurgie physique effectuèrent une étude de la corrosion dans le traitement des minerais d'uranium, qui fut rapportée dans "Corrosion study in processing uranium ore" par I.I. Tingley et R.R. Rogers (MB RR 65, 1960).

Subdivision de la Physique et des Traceurs radioactifs de la Division des Sciences minérales

En 1959, lors de la formation de la Division des Sciences minérales, l'ancien groupe de physique et d'électronique fut transféré dans son ensemble à la nouvelle division, qui était composée des groupes suivants, avec leurs agents principaux:

Chef - Docteur A.T. Prince

Minéralogie, chef - M.H. Haycock, anciennement Division de Préparation des Minéraux et Métallurgie des procédés
Chimie physique, chef - N.F.H. Bright, anciennement Division de Préparation des Minéraux et Métallurgie des procédés

Chimie analytique, chef - W.R. Inman, anciennement Division de Préparation des minéraux et Métallurgie des procédés



A.T. Prince (Photo NFB)

Physique et Traceurs radioactifs, chef - G.G. Eichholz, anciennement Division de la Radioactivité; cette subdivision était composée de deux sections: Physique et Électronique - J.D. Keys (1958 - 1967) Traceurs radioactifs - C.M. Lapointe.

Pendant la période où Eichholz était responsable de la subdivision, les activités peuvent se résumer comme suit: recherche et développement en radiométrie, recherche radiochimique avec traceurs radioactifs en relation avec la chimie analytique et des surfaces, mise au point de traceurs radioactifs dans l'industrie, et mise au point d'instruments de contrôle.

Un projet conjoint important lancé en 1959 fut mené à bien par le docteur J.L. Horwood et le docteur A.F. Gregory de la Commission géologique; il concernait la dégradation et les changements observés dans les spectres de rayonnement gamma au cours du passage dans l'air. Les essais de terrain furent exécutés sur un pylône radio de 200 pieds de haut, avec un ascenseur permettant de déplacer un détecteur et un "kick sorter" (analyseur de hauteur d'impulsion). Les sources de rayonnement étaient des concentrés de pechblende et de thorium. Une étude de laboratoire fut également effectuée sur des minerais "synthétiques" pour obtenir des données sur l'auto-absorption et sur les paramètres du détecteur. Les résultats furent publiés dans "A laboratory study of gamma-ray spectra at the surface of rocks" par A.F. Gregory et J.L. Horwood (MB RR 85, 1961). L'étude de terrain constituait une étude approfondie des résultats de levés aériens, selon la description contenue dans "A spectrometric study of the attenuation in air of gamma rays from mineral sources" par A.F. Gregory et J.L. Horwood; (MB RR 110, 1963).

Le groupe d'Eichholz participa activement aux travaux de recherches et de développement en radiométrie, par acquisition, installation et essai inaugural d'appareils comme un système d'activation aux rayons gamma pour les minerais de béryllium. Cet appareil se composait de deux unités employant une source au strontium-124 pour l'analyse d'échantillons grossiers et pulvérulents de minerais et de concentrés au béryllium; il fut installé en 1961. Le rapport pertinent est "Determination of beryllium by gamma-ray activation" par H.P. Dibbs (MB TB 33, 1962). La Division s'occupa également de l'analyse de l'uranium dans les alliages métalliques y compris les déterminations d'impuretés à l'état de traces, auxquelles on fera référence plus tard dans la section sur les alliages d'uranium.

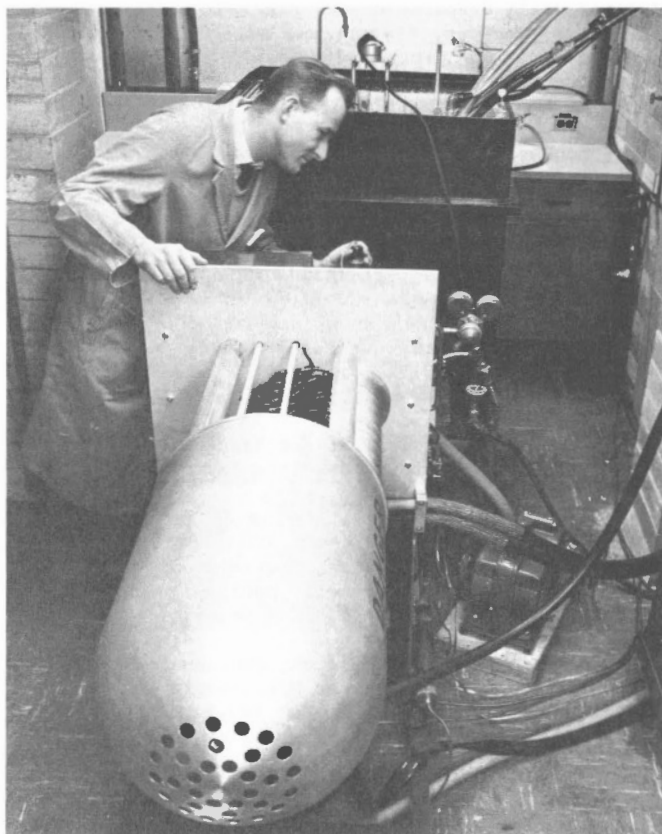
On acheta également en 1961 un générateur de la Texas Neutron Corporation pour analyse par activation, qui fut installé dans le sous-sol avec un blindage spécial conçu par le groupe. Ce générateur s'avéra être un outil de recherche utile pour une détermination rapide et précise de nombreux éléments présents à l'état de traces; il fut particulièrement utile dans la détermination de petites quantités d'oxygène dans les minéraux et les métaux, comme le décrit le rapport

"Activation analysis with a neutron generator" par H.P. Dibbs (MB RR 155, 1965).

Les travaux de radiochimie portaient sur l'utilisation de traceurs radioactifs pour indiquer l'importance et la nature de l'adsorption de surface, ainsi que sur leur utilisation en chimie analytique pour donner des indications quantitatives du rendement et du taux d'extraction dans les procédés de séparation. Pour traiter d'abord de la chimie des surfaces, l'application la plus simple des traceurs consistait à mesurer des superficies de particules fines de métal et de minéraux, par exemple les poudres de magnésium décrites dans "Surface area determination of magnesium powder with chromium-51 tracer solution" par H.P. Dibbs (Journal Appl Chem; vol. 10, pages 372-377; 1960). Un programme fut exécuté par le docteur J.E. Sandor, Fellow du CNR, sur la cinématique de l'adsorption des ions en solution sur les surfaces métalliques. Deux rapports furent publiés - "Exchange reactions between zinc and its ions" (MB RR 58, 1959), et "Surface exchange reactions of silver and its ions" (MB RR 62, 1960), tous deux par J.E. Sandor.

L'adsorption des agents de flottation sur les minéraux constituait un aspect intéressant pour l'industrie minière. Etant donné les difficultés rencontrées dans la séparation de l'hématite et du quartz par flottation, la recherche se concentra sur l'adsorption d'acide oléique sur ces deux minéraux. Elle fut publiée dans "Competitive adsorption of C^{14} -labelled oleic acid by quartz and hematite in flotation processes" par G.M. Lapointe (MB RR 108, 1963). Un projet de chimie de surface qui ne faisait pas intervenir de traceur concernant la catalyse fut entrepris par le docteur M. Donato, autre Fellow du CNR, qui étudia l'effet d'irradiation par neutrons de catalyseurs à l'oxyde de zinc et à l'oxyde de chrome dans la dissociation thermique de l'alcool éthylique. Ces travaux sont décrits dans "Radiation effect on p- and n-type catalysts used in the thermal dissociation of ethyl alcohol" par M. Donato (MB RR 105, 1962). Eichholtz était enthousiasmé par l'emploi de Fellow post doctoraux du CNR et d'étudiants d'été, qui jouissaient d'une liberté considérable dans la sélection de projets de recherche. Tout en reconnaissant qu'une partie de cette recherche n'avait que des relations marginales avec les programmes de la subdivision, il considérait qu'il y avait avantage mutuel à élargir les horizons, par de nouvelles idées et de nouvelles méthodes scientifiques.

Eichholz était convaincu qu'il était possible d'appliquer de manière plus large des moyens améliorés pour le contrôle et la mesure des variables des procédés dans l'industrie minière, mais peu d'instruments avaient été mis au point commercialement. Par conséquent, son groupe consacra un certain effort à la mise au point d'appareils de surveillance et de sondes qui pourraient être utilisés par l'industrie. Un des instruments des plus importants mis au point comportait



H.P. Dibbs vérifie l'installation du générateur de neutrons dans son enceinte blindée (Photo-George Hunter)

une sonde de conductivité robuste, pour les mélanges acides et alcalins avec boues denses et particules abrasives; cet instrument est décrit dans "Conductimetric measurement and control of acid concentration in leach pulps" par G.G. Eichholz et A.H. Bettens; tiré à part de Trans CIM, 63, pp. 626-632; 1960 (MB TB 17 1960) et dans "Conductimetric control of alkaline leach liquors" par G.G. Eichholz et T.R. Flint (MB TB 27; 1961).

Eichholz était sensible aux observations de son personnel. Un exemple de cette sensibilité fut le rapport "Some findings on the fluorescence of anion exchange resins under ultraviolet light at various anion loadings" par A.J. Gilmore (Extraction Met Div Rep EMT 60-8, 1960). Ce rapport fut suivi d'une étude sur les phénomènes de fluorescence dans les résines à

échange d'ions, qui démontra que pour certains ions l'observation d'une émission fluorescente était en relation étroite avec la charge et l'élu-tion, ce qui fournissait peut-être une base pour un contrôle automatique rapide, particulièrement dans le cycle d'élu-tion. Un rapport sur ce sujet fut publié sous le titre "Fluorescence effects in ion exchange resins" par T.R. Flint et G.G. Eichholz (MB RR 91; 1961).

Eichholz encouragea l'utilisation de traceurs dans l'industrie en général - "Industrial tracer techniques in Canada" par G.G. Eichholz (Nucleonics; vol. 18, no 10; 1960). Un grand nombre d'essais de traceurs pendant la période 1959 - 1963 concernait la durée de séjour des matériaux au cours des grillages ou des frittages dans les fours, tant dans l'industrie (par exemple, test dans le four de Quebec Iron & Titanium Corporation, Sorel, Québec) que dans les travaux de la Direction des Mines sur des projets industriels.

Une autre application des traceurs concernait l'étiquetage d'un acier utilisé pour le moulage de galets de broyage, décrit dans "Radioactive marking of steel balls for grinding tests" par G.G. Eichholz (MB TB 12, 1959). L'objectif était de tester les diverses propriétés d'usure relative des galets dans des conditions de fonctionnement réelles, comme l'indique "Measurement of the wear rate of cast grinding balls using radioactive tracers" par J.D. Keys et G.G. Eichholz (MB TB 18, 1960).

Un projet intéressant, qui exigea un effort considérable, fut le traçage des infiltrations d'eau souterraine aux mines de fer de Steep Rock à Atikokan en Ontario. Il fallait traiter un grand nombre d'échantillons, et étant donné les faibles concentrations, il fallait mettre au point des méthodes spéciales de pré-concentration et de comptage des traceurs. Les résultats furent publiés dans "Use of tritium to trace underground water" par C.M. Lapointe (Trans of the Canadian Nuclear Assoc Conf on Heavy Water, vol. 1, no 4, 1962).

Avant sa démission en 1963, Eichholz prépara un livret pour accompagner celui publié en 1959 (109).

Alliages d'uranium

En rapport avec la réduction de la production d'uranium au Canada, un programme fut lancé conjointement avec la Direction des Mines par Eldorado à partir de 1959 et la Fondation canadienne de recherche sur l'uranium à partir de 1961, pour découvrir des possibilités d'utiliser l'uranium dans la métallurgie, tant des métaux ferreux que des métaux non ferreux.

On examina tout d'abord les aciers au carbone, parce que leur usage répandu offrait les meilleures possibilités de consommation d'uranium dans la métallurgie des métaux ferreux. Les premiers résultats indi-

quèrent une amélioration des propriétés de corrosion et de fatigue, ainsi que des propriétés à haute température des aciers ferritiques; des brevets furent obtenus pour ces découvertes au Canada et dans d'autres pays. D'autres brevets furent obtenus au fur et à mesure de l'avancement des études. Un rapport intérimaire fut publié en 1962 sous le titre "Influence of uranium additions to ferrous alloys: an interim review" édité par R.F. Knight et D.K. Faurschou (MB RR 95; 1962).

Le programme se transforma en un effort majeur, faisant intervenir divers types d'acier, avec des études sur la distribution de l'uranium entre les phases oxyde, carbure et intermétallique, ainsi que sur les propriétés de corrosion, de soudage et mécaniques.

On étudia également l'addition d'uranium aux métaux et alliages non ferreux. Le cuivre et le nickel font l'objet d'études dans "Uranium in non-ferrous metals" par R. Thomson et J.O. Edwards (MB RR 97; 1962).

Vers la fin de 1963, on avait identifié comme suit certaines applications où l'uranium pourrait présenter des résultats avantageux dans la métallurgie des métaux ferreux: (1) modification de la phase sulfure, pour assurer une amélioration de la ductilité transversale, (2) amélioration des caractéristiques de corrosion sous contrainte des aciers (3) effet avantageux sur la fatigue statique des aciers faiblement alliés; et (4) extraction des impuretés de l'acier.

Dans le domaine des métaux non ferreux, on découvrit que l'addition au laiton d'uranium, généralement contaminé de traces de plomb, améliorerait de manière importante les propriétés de laminage à chaud de l'alliage.

En ce qui concerne les aciers inoxydables, les études confirmèrent certains des résultats ci-dessus. Ainsi, le comportement en corrosion des aciers type 416 et 430F (acier inoxydable au chrome re-sulfuré) montrèrent que la résistance à la corrosion était très élevée pour l'acide nitrique, mais non pour l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique ou le chlorure ferrique. Ceci fit l'objet du rapport "Corrosion behaviour of uranium-bearing resulfurized chromium stainless steels" par G.J. Biefer et W.M. Crawford (MB RR 166; 1965). Une étude parallèle de la ductilité transversale et de la malléabilité à froid des mêmes aciers présentèrent une amélioration de ces caractéristiques. Les tests de forgeabilité ne furent pas concluants. L'étude confirma que les additions d'uranium produisaient des sulfures globulaires plutôt que des sulfures fibreux. Il s'agit là d'un résultat significatif pour l'amélioration de la ductilité transversale des aciers additionnés d'uranium.

Les premières études sur les aciers au carbone simple avaient été rapides, et essentiellement orientées vers la découverte de gros effets produits

par de petites additions d'uranium, dans le but d'éviter de trop augmenter le coût des aciers, étant donné le prix de l'uranium. Les études n'étaient pas prévues pour découvrir des effets marginaux, et, comme le dit D.K. Faurischou (1951-), auteur tant des premières études que de l'étude plus récente, "...Le sort capricieux mit à l'épreuve notre étude, en nous donnant des résultats prometteurs au départ". Ces premières études "ad hoc" de l'addition d'uranium à la série des aciers au carbone furent complétées et clarifiées par des essais qui firent l'objet de conception et d'analyse statistiques. Les résultats indiquèrent que l'uranium présentait une utilité limitée comme élément d'alliage en métallurgie ferreuse, mais présentait plus de potentiel comme récupérateur et "formeur" des sulfures. Ces résultats furent expliqués dans "Study of as-rolled carbon steels over ranges of uranium, sulphur and carbon contents" par D.K. Faurischou (MB RR 1978, 1966).

C.E. Makepeace d'Eldorado effectua une étude de conception statistique sur les plaques d'alliage d'acier à haute résistance et les feuilles d'acier durcissable à faible alliage, dont les résultats indiquèrent qu'une addition de moins d'1/2% d'uranium réduisait la susceptibilité au fissurage à chaud dans les tôles d'alliage d'acier: "Uranium in alloy steels" par C.E. Makepeace (MB RR 129; 1964).

Des études de corrosion furent également menées sur des aciers inoxydables au chrome de série 430 à faible teneur en soufre, avec addition d'uranium: "The effect of uranium additions on the corrosion behaviour of AISI 430 stainless steel" par G.J. Bieffer (MB TB 58, 1964) suivies d'une étude parallèle pour comparaison avec additions alternées d'uranium et de molybdène. Cette dernière étude montra que pour obtenir le maximum de résistance à la corrosion par les acides, le pourcentage d'uranium devrait être de 0,5% ou moins, alors que le molybdène assurait une meilleure résistance à la corrosion, mais avec un pourcentage qui devrait être supérieur, 1,02%: "Comparison of the effects of uranium and molybdenum alloying additions on the corrosion resistance of AISI Type 430 stainless steel" par G.J. Bieffer et J.G. Garrison (MB TB 74, 1965).

En ce qui concerne les procédures d'analyse et de radiométrie, l'équipe reçut l'assistance des divisions des Sciences minérales et de la Métallurgie extractive. Les méthodes furent décrites dans deux publications: "Radiometric analysis of uranium-bearing steels" par J.L. Horwood (MB TB 25, 1961) et "Analytical determination of uranium in iron and steel alloys" par J.C. Ingles, J.B. Zimmerman et J.L. Horwood (MB IC 134, 1961).

Les précautions nécessaires dans la manutention des alliages à l'uranium furent indiquées dans une publication par Eichholz en 1961: "Notes on the safe handling of uranium alloys in industry" par G.G. Eichholz (MB IC 125, 1961).

Division des Sciences minérales

On reprend ici le récit des activités de cette division, étant donné le rôle particulier qu'elle joua dans la minéralogie, la chimie et la physique des minéraux et métaux radioactifs, depuis sa formation en 1959, à la suite de la dissolution de la division de la Radioactivité. Cette division avait une orientation de discipline et non de denrée. Il pourrait paraître au premier abord que cette division avait été formée uniquement pour servir d'appui de recherche et de développement aux autres divisions, mais il s'agissait en fait d'un centre de recherche en physique et en chimie, qui constituent les sciences fondamentales de la technologie des minéraux. Prince fut le représentant de la Direction dans le Comité de planification, pour la conception et la construction de l'édifice au contenu hétéroclite du 555 rue Booth et du 300 rue Lebreton.

À la fin des années 50, il était évident pour la plupart des ingénieurs et chercheurs dans le domaine des ressources minérales qu'il serait nécessaire de dériver une partie importante des richesses minérales nationales de ressources à faible teneur. L'expérience acquise sur les minéraux radioactifs à faible teneur au cours des années 50 augmenta la confiance dans les méthodes chimiques d'extraction, et montra qu'elles étaient réalisables techniquement, et dans bien des cas économiquement aussi. Toutefois, l'obstacle principal à l'exploitation économique des minéraux à faible teneur proviendrait d'une association complexe des minéraux économiques avec des impuretés indésirables, souvent dans une matrice interstitielle de gangue (minéraux rocheux). Il serait nécessaire de mieux comprendre la constitution et les propriétés des minéraux d'occurrence naturelle, pour permettre une séparation appropriée et un traitement de concentration donnant les résultats optimaux. En tout cas, l'approche scientifique était en accord avec la politique en cours d'élaboration à l'époque, selon laquelle le Ministère devait devenir une institution scientifique. Downes, qui était un partisan principal de cette politique d'encourager des recherches scientifiques bien conçues, forma un groupe de recherche spéciale dans sa propre division de Métallurgie extractive, sous la direction du docteur T.R. Ingraham.

Lorsque fut adoptée, à la fin de la période examinée, la classification de 'chercheur scientifique' pour le personnel professionnel, tout le personnel de recherche scientifique de la direction bénéficia des critères de cette classification, pourvu qu'ils puissent présenter la preuve de publications dans des périodiques extérieurs. On observa très clairement à l'époque l'application de l'expression commune "Publier ou périr", souvent utilisée dans les cercles scientifiques du monde. De ce point de vue, les scientifiques professionnels de la Division des Sciences minérales, à l'exception des chimistes analytiques des minéraux et des métaux, étaient classés comme chercheurs scientifi-

ques. Les chimistes analystes, très occupés par leur charge de travail énorme, ou les ingénieurs qui s'occupaient de conception et de construction d'équipement ou de solution de problèmes industriels, ne furent dans l'ensemble pas aussi chanceux quant à l'avancement de carrière qu'ils méritaient. Le Directeur et certains de ses associés, qui étaient d'accord sur l'opportunité d'une interprétation plus vaste des critères de cette classification dans les institutions interdisciplinaires, fondée sur une démonstration "sur le tas" des qualités créatrices, eurent un certain succès dans leurs plaidoyers aux sessions d'évaluation du Ministère.

L'importance de cette division en chimie était illustrée par le fait qu'environ 80% du personnel professionnel était constitué de chimistes.

Chimie analytique

La subdivision de Chimie analytique était composée de trois sections - Analyse des minéraux et métaux: W.L. Chase (1942 - 1966); Spectrographie: Docteur A.H. Gillieson (1959 - 1975); Analyses et Recherches spéciales: G.H. Faye (1950-). Le chef du groupe était W.R. Inman (1946 - 1969).

Ces laboratoires s'occupaient de toute une variété de matériaux et utilisaient toutes sortes de méthodes, humides, spectroscopiques, de flamme, d'essai spectrophotométrique et d'essai au feu; les matériaux traités étaient des minéraux, minerais et concentrés métalliques et non métalliques, des produits de fourneau, des métaux et alliages ferreux et non ferreux, y compris les métaux précieux. On accordait une importance considérable aux essais des métaux précieux du groupe du platine. Les combustibles fossiles étaient exclus, dans la mesure où ce groupe de minéraux faisait l'objet d'analyses dans la division des carburants. La Division de Métallurgie extractive était équipée d'installations d'analyse chimique, y compris celles pour l'uranium et ses minerais, de manière à éviter de retarder les travaux de recherche et de développement, principalement axés sur la chimie, dans cette division.

La plupart des échantillons provenaient de l'intérieur de la Direction, mais beaucoup provenaient de sources extérieures, qui avaient besoin de l'expertise de la Direction pour résoudre des problèmes de type analytique. Un nombre important d'échantillons extérieurs concernaient des questions d'arbitrage et de spécification. On mit au point des méthodes de spectrographie par émission et aux rayons X, qui furent des outils analytiques très utiles, particulièrement pour déterminer les traces d'éléments dans les métaux et dans l'analyse minéralogique. L'analyse spectrographique servit non seulement pour des dosages quantitatifs mais également pour des évaluations qualitatives rapides. Les laboratoires s'équipaient progressivement des appareillages modernes qui permettaient de faire progresser non seulement le groupe d'analyse chimique mais

également d'autres groupes de recherche de la Division.

La charge de travail d'analyse, tout particulièrement au début de la période de la division, était énorme, représentant environ 10 000 échantillons et environ 40 000 dosages par an, comme l'indique "Chemical aspects of the work at the Mines Branch", par A.T. Prince (Chem in Can, pages 84, 86, 88, avril 1960). Les laboratoires participèrent aux travaux de standardisation avec les organismes appropriés au Canada et à l'étranger, ce qui impliquait des activités considérables d'expérimentation sur les normes proposées, dont certaines furent suggérées par les laboratoires de la Direction des Mines; les organisations impliquées étaient l'Association canadienne des normes, l'Organisation internationale des normes, l'American Society for Testing and Materials, et le National Bureau of Standards des États-Unis. La division servait d'agent de distribution pour ces normes, au fur et à mesure de leur certification.

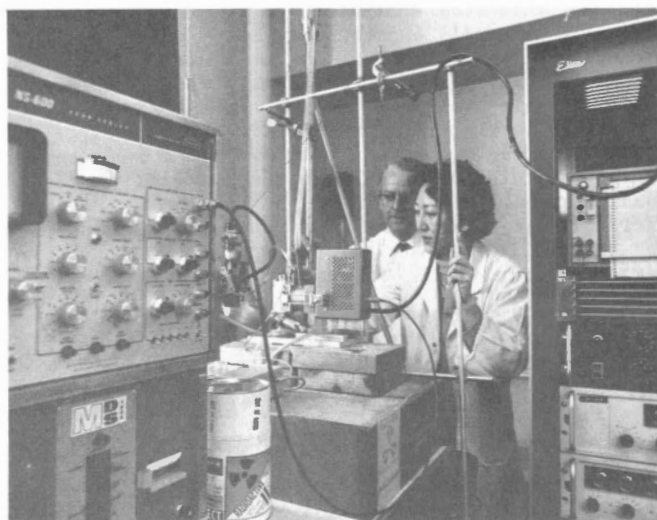
Les laboratoires s'occupaient constamment d'examiner des techniques d'analyse améliorées et rapides pour résoudre les problèmes causés par des ensembles complexes de minéraux et des impuretés. Les deux paragraphes suivants donnent quelques exemples de ce travail.

Etant donné les engagements du Canada envers l'OTAN, les laboratoires coopéraient étroitement avec l'équipe des matériaux du Groupe consultatif de recherche et de développement en aéronautique, qui s'occupait de molybdène, niobium, tantalum et tungstène de grande pureté. On mit au point une méthode pour déterminer le pourcentage de fer dans ces poudres métalliques réfractaires, comme le décrit le document "Extraction and determination of iron as the bathophenanthroline complex in high-purity niobium, tantalum, molybdenum and tungsten metals" par E.M. Penner et W.R. Inman (Talanta; vol. 9 p. 1027 à 1036; 1962). Un projet ultérieur et semblable consista à déterminer le pourcentage de cuivre dans ces métaux, et fit l'objet de: "Determination of copper in high-purity niobium, tantalum, molybdenum and tungsten metals with bathocuproine" par E.M. Penner et W.R. Inman (Talanta; vol. 10; pages 407-412; 1963 produit comme MB RR 111, 1963).

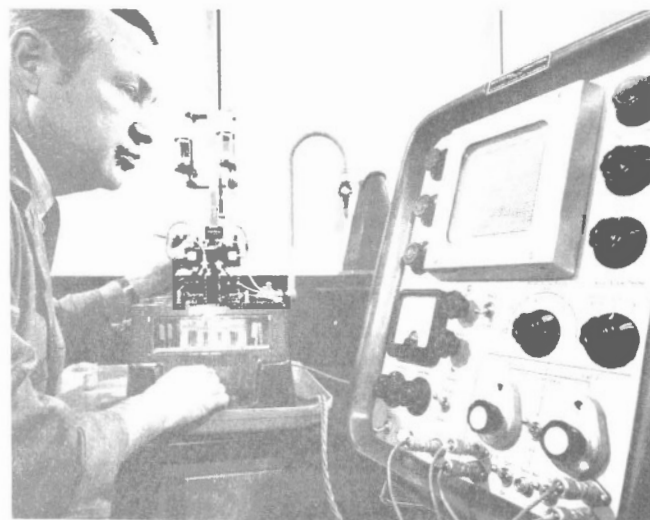
Etant donné les difficultés analytiques associées aux essais des métaux précieux du groupe du platine, la recherche sur ce sujet se poursuivit pendant plusieurs années. On mit au point un système complet pour le dosage du platine, du palladium, du rhodium, de l'iridium, de l'osmium et du ruthénium, fondé sur la fusion thermique et la collection des métaux précieux dans un bouton d'étain. Ce bouton était traité par distillation, précipitation, échange liquide-liquide et échange d'ions, pour séparer les divers éléments, que l'on dosait ensuite par spectrophotométrie. Ce système permet la détermination de toute proportion d'or associé, comme l'explique "Tin-collection scheme for



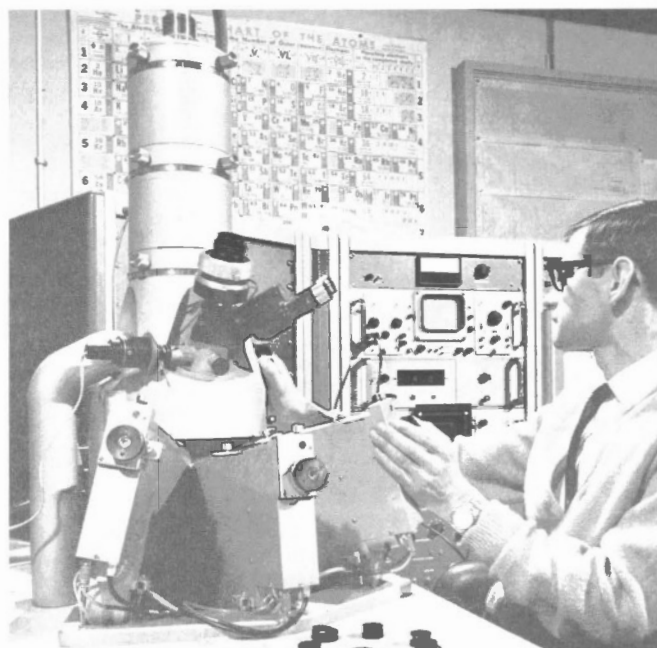
1



2



3



4

Quelques exemples de méthodes et équipements modernes

1. Spectrophotomètre à absorption atomique (Gwen Patton); 2. Analyse de concentrés de minerai de fer en cours de traitement par méthode radiométrique (A. Gillieson, Evelyn Mark); 3. polarographe cathodique différentiel pour l'analyse des traces métalliques (G.H. McMaster); 4. Microsonde électronique installée en 1968 pour permettre l'analyse non destructive rapide des éléments des minéraux (D.C. Harris) (Photos George Hunter)



Presentation de la broche des 25 ans de service; de gauche à droite: George Wills, James Fydell, Vic Haw, Roy Buckmaster, Darcy Charlette

the determination of the platinum-group metals and gold" par G.H. Faye (MB RR 154; 1965).

Les trois autres groupes de la Division s'occupaient tous de recherche scientifique à long terme: Minéralogie, Chimie physique et Physique et traceurs radioactifs. Cette dernière section changea de nom, devenant Physique des Minéraux après le départ d'Eichholz en 1963, lorsque Keys devint Chef de la Division. À ce moment, la fonction de la division s'orienta plus vers la "science des matériaux".

Minéralogie

Pour suivre l'ordre chronologique, le groupe minéralogique organisé à l'inauguration de la Division comportait Maurice Haycock (1931-65), le docteur E.H. Nickel (1953 - 1971) et le docteur W. Petruk (1960-). Les appareils de diffraction aux rayons-X constituèrent un outil précieux en minéralogie, dans la mesure où ils réduisaient le nombre nécessaire de sections polies, et particulièrement des sections minces utilisées en microscopie. Le laboratoire minéralogique était également bien équipé d'autres appareils divers, y compris des installations lapidaires excellentes et des appareils de séparation pour minéraux de densité différente ainsi que pour minéraux de densité semblable.

On examina des minéraux d'occurrence moins commune. Un minéral de ce genre était le gisement de pegmatite zonée du complexe de Bernic Lake, Manitoba, qui contenait toute une variété de minéraux, dont les

principaux, présentant une possibilité d'importance économique en raison des métaux qu'ils contenaient, étaient la pollucite (césium), le spodumène (lithium), et la tantalite stannifère (tantale et étain). Les autres minéraux métalliques concernaient le rubidium et le béryllium. Beaucoup des minéraux métalliques étaient entrelacés avec des minéraux rocheux. Vers la fin des années 60, ce gisement devint la source des premières productions de tantale au Canada, et l'une des rares dans le monde. Il s'agit là d'un exemple de la complexité de certains minerais canadiens, avec les difficultés correspondantes de traitement: "Mineralogy of the Bernic Lake pegmatite, southeastern Manitoba" par E.H. Nickel (MB TB 20; 1961).

Le minéral complexe de niobium d'Oka fit l'objet d'études. Il était composé de deux minéraux contenant du niobium - le pyrochlore et la perovskite au niobium, associés à du titane, du fer, du magnésium, du manganèse, du calcium, du sodium et des éléments radioactifs. Le pourcentage de pentoxyde de niobium était variable: "Compositional variations in pyrochlore and niobium perovskite from a niobium deposit in the Oka district of Quebec" par E.H. Nickel (MB TB 31; 1962).

Le minéral de béryllium-niobium de Sea Lake, au Labrador, un des gisements inhabituels du monde, fit également l'objet d'examen. On identifia un minéral brun de silicate micacé comme étant un analogue au niobium du minéral astrophyllite. On proposa le nom "niobophyllite" pour cette nouvelle espèce minérale, qui contient environ 15% de pentoxyde de niobium, remplaçant la plus grande partie de l'oxyde de titane dans l'astrophyllite.

On évalua la minéralogie d'un minéral d'étain complexe à faible teneur au Nouveau Brunswick, qui fit l'objet d'une description dans "Mineralogy of the Mount Pleasant tin deposit in New Brunswick" par W. Petruk (MB TB 56; 1964). En raison d'une augmentation du prix de l'argent, il y eut un renouveau d'intérêt dans le district argentifère de Cobalt-Gowganda en Ontario, avec pour résultat une demande d'étude minéralogique de la part des producteurs: "Preliminary mineralogical study of the silver deposits in the Cobalt area, Ontario" par W. Petruk (MB IC 1979; 1966).

En 1965, les installations de diffraction aux rayons X des sections de Chimie physique et de Minéralogie furent regroupées en un seul laboratoire.

E.H. Nickel devint chef du groupe de minéralogie à la retraite de Maurice Haycock en 1965, après 34 ans de service à la Direction des Mines; il avait commencé comme pionnier du laboratoire de minérographie en 1931. Le premier spectrographe fut construit sur la supervision de Haycock, par l'instrumentiste en chef d'alors J.G. (Jim) Williams, qui travailla à la Direction des Mines, dans la Division des Carburants, de 1913 à 1946; il était le père du docteur A.J. (Al) Williams de la Division de la Métallurgie physique. Maurice, en plus

de ses aptitudes professionnelles, était une personne riche de nombreux talents; entre autres, il était un amateur de radio et un peintre canadien renommé, spécialisé dans les scènes de l'Arctique; il continue à pratiquer son art aujourd'hui. Parmi ses trésors, Al compte les peintures qu'il a héritées de son père, qui les avait reçues de Maurice en deux occasions, pour l'achèvement du spectrographe et pour sa retraite. Maurice est également l'auteur des décorations du hall d'entrée du 555 rue Booth, et ses peintures sont présentes à l'heure actuelle dans le Ministère.

Chimie physique

Ce groupe commença dans la période de Parsons, étant donné son désir d'encourager la recherche scientifique sur les matériaux réfractaires à haute température. On se rappellera qu'en 1946 Prince fut nommé Chef de la Section de la Céramique, qui fut rebaptisée par la suite Section des Cristaux et de la Physique de la Division de Préparation des minéraux et de Métallurgie. En 1959, le chef de ce groupe était le docteur N.F.H. Bright (1953 - 1974), dont le premier contact avec la Direction des Mines fut comme Fellow post-doctoral du CNR en 1951. Ses associés professionnels étaient J.F. Rowland (1949-), le docteur A. Jongejan (1957-) et le docteur A.H. Webster (1957-).

Le système fer-titane-oxygène fit l'objet d'études à des températures allant jusqu'à 1200°C, à faible pression d'oxygène, en connexion avec le programme de la Direction sur le titane, qui fut lancé dans le début des années 50. Cette recherche concernait les opérations de fusion du minerai d'ilménite au Québec. Deux rapports de recherche furent publiés avant la formation de la Division des Sciences minérales: "Compound CaO: Ti₂O₃" par N.F.H. Bright, J.F. Rowland et J.G. Wurm (MB RR 4; 1958) et "Some new fluorure complexes of trivalent titanium" par N.F.H. Bright et J.G. Wurm (MB RR 7; 1958). Un troisième rapport fut publié en 1961: "The system iron-titanium-oxygen at 1200°C and oxygen partial pressures between 1 atmosphere and 2x10⁻¹⁴ atmospheres" par A.H. Webster et N.F.H. Bright (Journal of the American Ceramic Society; vol. 44, no. 3, pp. 110-116, 1961); (MB RR 76, 1961). Étant donné l'importance industrielle du niobium, la complexité des gisements de niobium et l'intérêt géologique de leur formation, on étudia pendant quelques années les composés de chaux et de silice avec le niobium: "Crystallography of compounds in the calcium oxyde-niobium pentoxyde system" par J.F. Rowland, N.F.H. Bright et A. Jongejan (MB RR 48; 1959), et le rapport en deux parties: I - "The binary system Nb₂O₅-SiO₂" par Mohammad Ibrahim et N.F.H. Bright, et II - "The binary system CaO-Nb₂O₅" par Mohammad Ibrahim, N.F.H. Bright et J.F. Rowland, réimprimé du Journal Am Cer Soc; vol. 45; pp. 221-222 et 329-334, 1962 (MR RR 101; 1962).

Par la suite, l'étude des équilibres liquide - solide et solide-solide à température élevée fut une

partie importante de l'activité de la Section. Les systèmes étudiés concernaient soit les projets de la Division sur l'association, la composition ou la structure des minéraux, soit des matériaux d'importance industrielle, comme les céramiques électroniques, les céramiques magnétiques et les produits réfractaires. Certaines techniques expérimentales faisaient intervenir des fourneaux à haute température avec contrôle précis de la température et, si nécessaire, de la pression. On utilisait la microscopie pétrographique avec diffraction aux rayons X, incluant un microscope à étage chaud (la température atteignait 1800°C) pour identifier les produits des traitements de four. Les techniques d'analyse thermique différentielle et d'analyse thermogravimétrique furent appliquées aux problèmes rencontrés dans la Direction, ainsi que dans les organismes extérieurs et dans l'industrie.

On fit des recherches sur la cinétique de la décomposition thermique de la pyrite, employant des cylindres polycristallins de pyrite chauffés dans un courant d'argon. Cette recherche faisait partie du programme majeur de la Division sur les sulfures et fut décrite dans l'article "The kinetics of the thermal decomposition of pyrite" par A.W. Coats et N.F.H. Bright (Can Journal Chem; vol. 44, pages 1191-1195; 1966).

En 1960 Bright lança une série de circulaires d'information intitulées "Bibliography of high temperature condensed states research in Canada and elsewhere", commençant à IC 122 et se terminant à IC 296 en 1972. Certains numéros incluait des données sur les laboratoires aux États-Unis et au Royaume-Uni où se faisait cette recherche. Les travaux sur les équilibres de phase à haute température furent arrêtés en tant que projet de recherche en 1971. Norm Bright prit sa retraite en 1974, après 21 ans de service. Il mourut tragiquement peu de temps après.

Physique des minéraux

À partir de 1963, ce groupe, sous la direction de John Keys s'écarta de la mise au point d'appareils de traçage et de radiométrie. Une raison d'interrompre la mise au point des applications des traceurs et des instruments de contrôle industriel fut l'établissement de la Division des Produits commerciaux d'Atomic Energy of Canada Limited.

Avant de décrire le programme des sulfures, qui occupa la Division des Sciences minérales après 1964, il faut noter certaines autres activités du groupe de physique des minéraux. Keys lança un projet sur les semi-conducteurs en 1960, choisissant le tellurure de bismuth, composé présentant un intérêt particulier à cause de ses propriétés thermo-électriques. On mit au point une technique de fusion de zone horizontale pour la croissance de monocristaux. On fit des expériences sur la diffusion de l'argent dans une direction perpendiculaire aux plans de clivage; on utilisa l'Ag-110

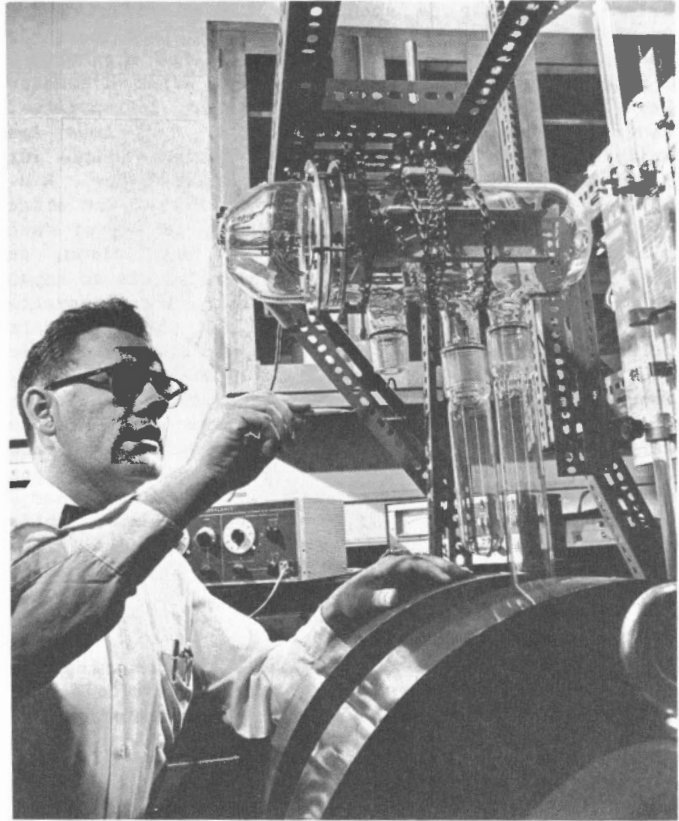
comme traceur. Plus tard, ces expériences furent répétées avec l'or: "Diffusion and solid solubility of silver in single-crystal bismuth telluride" par J.D. Keys et H.M. Dutton (Journal of Physical Chemistry of Solids; vol. 24 p. 563; 1963) et "Diffusion and Solid solubility of gold in single-crystal bismuth telluride" par J.D. Keys et H.M. Dutton (Journal of Applied Physics; vol. 34, p. 1830; 1963). On effectua une expérience de dérive ionique à long terme, qui démontra, pour une dérive parallèle aux plans de clivage, que le cuivre, l'argent et l'or effectuent une migration simultanée en direction bi-polaire, savoir vers l'anode et la cathode (Int Rep, MS 66-107; par H.P. Dibbs et J.D. Keys; 1966).

Une expérience de traçage radioactif soigneusement préparée et exécutée, au four de fusion de cuivre de Noranda, démontra que 93% du cuivre pourrait être récupéré des scories de convertisseur. Cette information fut obtenue par utilisation d'environ un gramme de cuivre-64 radioactif, ajouté à la cuillère de transfert de scories, et mélangé à environ 1600 tonnes de scories dans un four à réverbération. Les résultats furent notés dans "Radiotracer test at the Noranda smelter, juillet 15-18, 1963" par J.L. Horwood et H.P. Dibbs (MB TB 52; 1964).

On mit au point au cours de cette période deux appareils offrant des possibilités d'application industrielle. L'un était un modèle de laboratoire pour un système de triage de minéral fondé sur la détection de rayons X caractéristiques émis par un minéral bombardé par des électrons provenant d'une source radioactive de strontium-90; il fit l'objet d'une description dans "Excited X-rays identify minerals as ore moves down conveyor belt" par R.H. Goodman; A.H. Bettens, C.A. Josling (Can Electronics Engineering; vol. 43; MB RS 7, réimprimé en juin 1966). Le deuxième appareil était un prototype d'une instrument pour examen automatique des lamelles de konimètre, utilisé pour l'échantillonnage de poussière dans les mines, et construit sous les auspices de l'Association de l'Ontario pour la prévention des accidents dans les mines. Il fit l'objet d'une description dans "Progress report on electronic konimeter slide counters" par T.R. Flint (MB IR 62-72; 1962). Cet instrument combinait des techniques de télévision en circuit fermé avec une analyse de hauteur d'impulsion. A la fin de la période d'examen, en 1966, une version de cet instrument était en service sur le terrain depuis deux ans.

Programme des sulfures

Une raison principale pour entreprendre ce programme intégré de "sciences des matériaux" était la réalisation qu'une partie importante des richesses minérales du Canada se trouvait sous forme de métaux communs contenus dans des sulfures, qui étaient souvent complexes et maigres. Les Sections de Physique des minéraux et de Minéralogie furent les contributeurs principaux à ce programme; la première lui consacra



J. Horwood détermine la susceptibilité magnétique des minéraux au moyen d'une microbalance et d'un électroaimant (Photo - George Hunter)

environ 50% de ses efforts de 1964 à la fin de la période à l'étude: "A proposal for a sulphide research programme in the Mineral Sciences Division of the Mines Branch" par A.T. Prince (Int Rep MS 64-43, juin 1964).

L'objectif scientifique de ce programme était d'étudier les substances minérales, pour déterminer les liaisons interatomiques, les énergies des électrons et autres propriétés fondamentales du réseau cristallin. Ceci exigeait un nombre considérable de mesures chimiques, cristallographiques, optiques, électriques et magnétiques. Les propriétés de surface des minéraux faisaient également partie du programme, dans la mesure où la création de nouvelles surfaces est une partie intégrante de la comminution des minéraux, et où les énergies de surface jouent un rôle important dans les processus minéraux comme la dissolution et la flottation. On choisit la sphalérite (sulfure de zinc) pour les études initiales. Comme information de base, E.H. Nickel entreprit un examen des propriétés de la sphalérite. (MB IC 170; 1965). On se procura des

cristaux naturels de sphalérite, et on effectua des mesures chimiques, cristallographiques, optiques, de spectre d'absorption et de susceptibilité magnétique. L'objectif important de ce programme était d'étudier les liaisons des atomes de fer dans les pyrites, minéraux importantes à divers degrés dans tous les sulfures mixtes, au moyen d'une technique fondée sur l'effet "Mössbauer: "The Mössbauer effect" par R.H. Goodman (Chem Can; pp. 31-36, avril 1966). Cet effet porte sur les électrons qui entourent le noyau; dans bien des cas il s'agit d'électrons de liaison, et l'effet fut étudié dans les domaines adjacents au noyau de fer dans la pyrite, la chalcopyrite, l'arsénopyrite et le sulfure de zinc contenant du fer. Les résultats furent enregistrés dans "Iron impurity states in cubic sulphide" par R.H. Goodman (Int Rep MS 66-22; 1966). Comme on l'avait prédit, la pyrite ne présentait pas de signes de couplage ferromagnétique entre les atomes de fer. On devait effectuer des expériences à basse température, et l'on prévoyait de résoudre certaines anomalies et ambiguïtés. Les résultats les plus réussis provinrent des spectres optiques d'absorption, discutés dans "Absorption spectra of Fe III in octahedral sites in sphalerite" par P.G. Manning (Int Rep MS 66-24; 1966).

La conclusion à la fin de la période étudiée était qu'il n'était pas possible de caractériser un composé minéral par mesure des propriétés d'un échantillon naturel, et qu'il fallait d'abord étudier des cristaux minéraux synthétiques de composition connue. On organisa dans ce but un laboratoire de cristaux synthétiques.

Une contribution importante à l'accélération des mesures fut l'installation d'un ordinateur en direct (PDP-8), fonctionnant en partage de temps avec l'expérience sur l'effet Mössbauer et un diffractomètre aux rayons X automatique à quatre cercles; cet arrangement est présenté dans "Use of 'on-line' computer for Mössbauer experiments" (Rev Sci Instrum; vol. 37, pp. 283-286; (1966).

En ce qui concerne les propriétés de surface, les travaux se poursuivirent sur la nature de l'adsorption d'acide oléique sur l'hématite et la magnétite ainsi que sur la cassitérite. Des traceurs radioactifs furent utilisés pour examiner l'effet de la concentration en acide oléique. Une étude fut entreprise pour obtenir des renseignements de base sur la couche double sur les surfaces minérales. Le comportement de cette couche, et la mesure dans laquelle se produit une adsorption spécifique sur les minéraux oxydes (silice, zirconie et thorie) fit l'objet d'examen importants, et cette recherche devait être étendue à l'interaction des surfaces des minéraux sulfurés, comme l'indique "Studies of the dissociation of oxide surfaces at the liquid-solid interface" par S.M. Ahmed (Can Journal Chem; vol. 44, pages 1663-1670; 1966 et Erratum; *ibid.*, p. 2769).

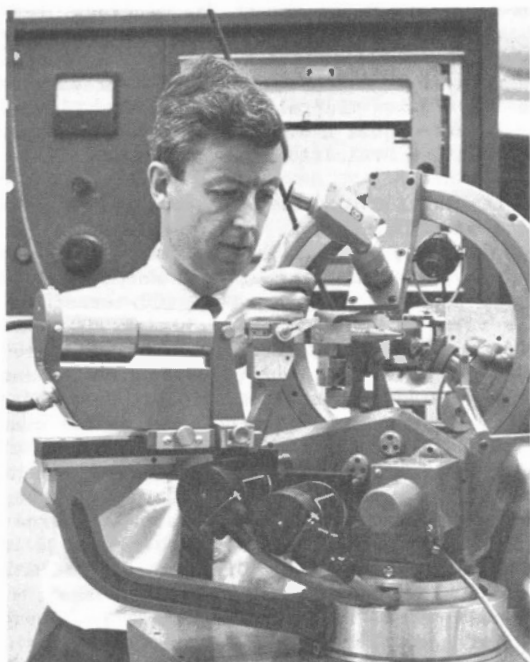
En 1967, Keys publia un livret pour accompagner les deux livrets d'Eichholz sur le Laboratoire du rayonnement de 1947 à 1959, (IC 113) et sur la subdivision de la Physique et des traceurs radioactifs de 1959 à 1963, (IC 150) (110). J.D. Keys fut transféré à la Direction des Eaux intérieures en 1967.

Prince démissionna en 1965 pour devenir Directeur de la Direction de Recherche sur les Eaux du Ministère des Mines et Relevés techniques, puis fut transféré en 1970 au Ministère de l'Environnement; le nom de sa direction était devenu plus tôt Direction des Eaux intérieures. V.A. Haw fut nommé Chef de la Division de Sciences minérales en 1965. Il était entré à la Direction en 1950, et avait été nommé à la Division des Minéraux industriels. Il partit pour occuper un poste dans l'industrie minière en 1959, et revint à la Direction en 1961, pour travailler dans le bureau du Directeur à un certain nombre de projets, dont la préparation de rapports en connexion avec la participation du Directeur au Conseil national de la Productivité.

Titane

Un programme majeur fut mené dans la Direction des Mines entre 1951 et 1959 sur le titane, que l'on décrivait à l'époque comme "métal miracle", dans le but de développer une industrie du titane métallique au Canada. Le titane présente une résistance spécifique élevée en comparaison avec l'acier, et présente une forte résistance à la corrosion. Ces propriétés étaient attrayantes pour les industries de moteurs et de cellules d'avion et pour la marine. Par contre, le titane n'est pas facile à produire sous forme métallique, car il souffre de réduction de ductilité si des impuretés sont présentes, en particulier l'oxygène, même en très faible quantité; ceci exige d'effectuer les traitements thermiques sous vide ou en atmosphère inerte.

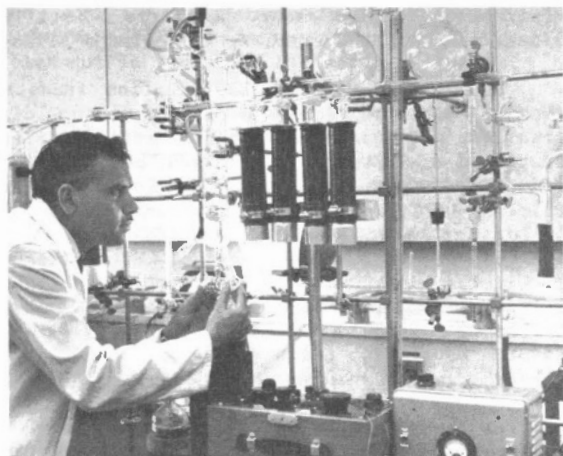
Le programme fut appuyé financièrement par des subventions représentant au total environ 250 000 dollars, de la part de la Commission de la Recherche sur la défense, qui appuyait également des recherches apparentées dans les universités. Un projet fut lancé à l'Université de Toronto, par le docteur T.R. Ingraham sous la direction du Professeur L.M. Pidgeon, sur la préparation du titane métallique sans oxygène à partir de l'iodure. Ingraham entra à la Direction des Mines en 1953. Un projet de recherche apparenté, sous la direction du Professeur B. Chalmers, fut entrepris par le docteur J.N. Pratt, concernant le mécanisme de fragilisation du titane par l'oxygène. A l'Université de la Colombie-Britannique, le docteur J.G. Parr effectua des recherches sous la direction du Professeur Frank Forward, sur les transformations de phase dans les alliages à base de titane. Plus tard, en connexion avec le programme d'éponge de titane de Shawinigan, l'Université Laval reçut une subvention pour déterminer la composition du sel complexe formé par l'électrolyse



1



2



3

Études sur les minéraux sulfurés

1 - E. Gabe au diffractomètre aux rayons X; 2 - J.F. Rowland effectue de études de diffraction de rayons X avec goniomètre et enregistreur; 3 - S. Ahmed mesure les superficiés de poudres minérales (Photos - George Hunter)

des composés de titane dans les bains fondus contenant du fluorure de sodium ou de potassium. La recherche universitaire est mentionnée en raison du fait qu'elle fut coordonnée par la Direction des Mines sous la direction de H.V. Kinsey, Chef de la Section des Métaux réfractaires dans la Division de Métallurgie physique.

La tâche entreprise par le Canada était difficile dès le départ. Plusieurs pays possédaient des ressources de titane, soit sous la forme naturelle la plus pure du dioxyde de titane, dans le minéral rutile, provenant principalement des sables littoraux d'Australie, soit dans le minéral ilménite plus abondant, composé d'une combinaison étroite d'oxydes de titane et de fer. La production mondiale de concentré de rutile est d'environ 75 000 tonnes courtes en 1955, provenant principalement d'Australie, avec une petite quantité des États-Unis. Il y avait également production d'environ 1.4 million de tonnes courtes de concentré d'ilménite, dont 580 000 provenaient des États-Unis, 301 000 d'Indes, 174 000 de Norvège et 164 000 du Canada (avec une concentration plus élevée, 70% dans le laitier de TiO_2). Les gisements canadiens du lac Allard au Québec étaient considérés comme les plus abondants du monde, ce qui constitue probablement la raison principale pour le Programme de recherche et de développement destiné à mettre en valeur les ressources domestiques, jusqu'au niveau de l'utilisation finale.

Toutefois, le minéral exigeait un traitement coûteux avant la conversion en métal. Le plus gros producteur de laitier de titanite à l'époque était la société Quebec Iron and Titanium (QIT) qui en 1955 produisait environ 300 000 tonnes de laitier contenant 70% de titane, à partir de 400 000 tonnes de minéral contenant 35% de titane et 8% de fer. La conversion du minéral en laitier s'effectuait à Sorel au Québec, après transport du minéral par une voie ferroviaire de 27 milles, depuis la mine à Havre St-Pierre, suivi d'un transport par eau de 570 milles. Au départ, après pulvérisation, le minéral était mélangé avec de l'antracite et envoyé à un four à arc électrique pour produire le laitier. Des étapes intermédiaires d'enrichissement furent introduites en 1956 pour améliorer le minéral. Ceci s'effectuait tout d'abord par concentration gravitaire de la fraction grossière, au moyen de cyclones Dutch State Mines pour matériaux lourds, et la fraction fine au moyen de spirales Humphrey; cette étape était suivie d'une calcination du concentré, permettant de réduire le pourcentage de soufre provenant des pyrites du minéral. Le produit amélioré était alors mélangé avec de l'antracite en poudre, pour fusion électrique produisant le fer fondu et du laitier de titanite de qualité pigment à 70-72%. Ces étapes d'enrichissement furent d'abord essayées à la Direction des Mines. Le programme d'amélioration des minerais titanifères provenant de diverses parties du pays se poursuivit jusqu'à la fin des années 60. Les études étaient jusqu'en 1959 sous la responsabilité de la Division de Traitement des minéraux et de Métallurgie des procédés, et ensuite sous la responsabilité

de la Division du Traitement des minéraux. Les principaux agents concernés étaient W.S. Jenkins, J.D. Johnston, R.A. Elliott, T.F. Berry, D.E. Pickett, R.S. Kinasevich et D. Raicevic. Ce dernier prépara un compte rendu des études minéralogiques et de préparation des minerais effectuées à la Direction des Mines de 1950 à 1975, avec une évaluation des résultats (111).

Le laitier de titanite produit par QIT était exporté pour la plupart, mais une certaine proportion se vendait au pays pour la fabrication de pigments. Il y eut une expansion au cours des années suivantes, la capacité atteignant environ 400 000 tonnes de laitier par an vers la fin des années 50, et 800 000 vers la fin des années 60. A cette époque, la Dominion Magnesium Company était le seul producteur de titane métallique au Canada, important du dioxyde de titane raffiné des États-Unis pour en convertir une petite quantité en titane métallique par un procédé de réduction thermique à deux étapes conçue par le professeur Pidgeon, qui utilisait le magnésium et le calcium comme agents de réduction. Le titane de Domag était la source principale de titane métallique pour les travaux de recherche et développement dans la Division de la Métallurgie physique, mais le métal était plutôt cassant, en raison des impuretés qui restaient. En 1955, la compagnie mit au point des méthodes pour produire des poudres homogènes d'alliage du titane avec le molybdène, le vanadium, le manganèse, le chrome et l'aluminium, et déclarait que les concentrations d'impuretés étaient suffisamment faibles pour permettre d'utiliser ces poudres pour la production de billettes d'alliage.

Nous avons présenté la situation industrielle à l'époque. Le programme de la Direction des Mines comportait deux composantes concernant le traitement du minéral ou du laitier; la première, menant à la production de titane métallique, était exécutée dans la Division du Traitement des minéraux et de la Métallurgie des procédés; la deuxième concernait les méthodes de fonte, de moulage, de formage et de fabrication, dans une étude du titane métallique et des alliages de titane, effectuée dans la Division de la Métallurgie physique.

Recherche sur le traitement

La recherche sur le traitement était dirigée par Downes, et le travail de laboratoire était effectué par le docteur B.J.P. Whalley (1950-) assisté par T.F. Berry (1948-). Un procédé de lixiviation sous pression fut mis au point, qui consistait à traiter le minéral avec de l'acide sulfurique dans un autoclave à 250°C. Cette étape produisait un sulfate ferreux et un dioxyde de titane non dissous avec des matières siliceuses. Une deuxième étape de digestion du dioxyde de titane avec de l'acide sulfurique concentré avait pour résultat la formation de sulfate de titanyle, qui était chauffé pour précipiter le dioxyde de titane. Le filtrat récupéré servait à lixiviation d'un nouveau lot de minéral. Du côté du fer, le sulfate ferreux était

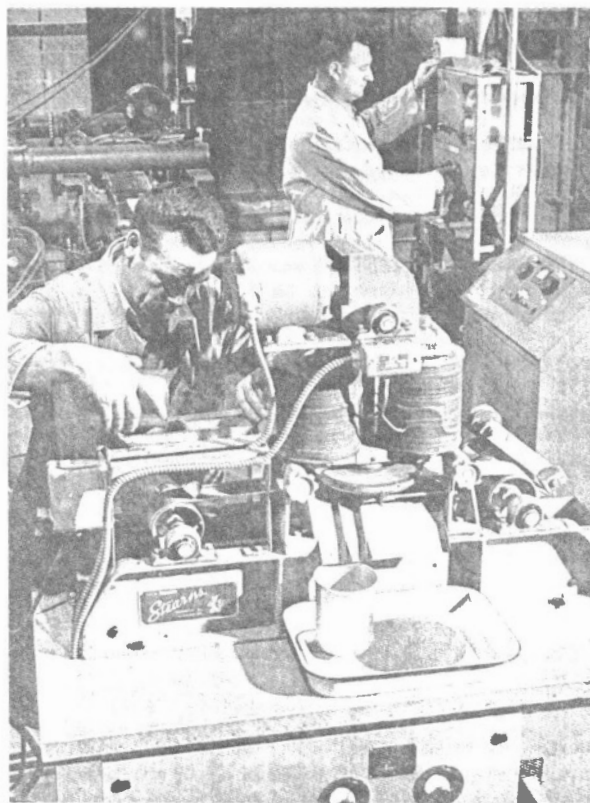
converti en oxyde ferrique, et il était possible de réutiliser presque entièrement l'acide sulfurique, à l'exception de la petite quantité consommée par les minéraux de la gangue; plus tard, on fit également des essais réussis sur le laitier de titanie, plus riche, à des températures et des pressions plus réduites (Res Rep MD 176, 1955). On considérait que la lixiviation sous pression était moins coûteuse que la lixiviation à la pression atmosphérique, étant donné la forte consommation d'acide sulfurique concentré dans cette dernière. Downes attribua à Whalley tout le mérite de ce travail, par le fait que le brevet canadien accordé en 1960 porte uniquement le nom de ce dernier. Dans une présentation conjointe, Downes et Whalley firent rapport de ce procédé de lixiviation de l'ilménite au cinquième Congrès de la Division de Génie chimique de l'Institut chimique du Canada en mars 1955.

Dans le laboratoire de Métallurgie chimique, sous la direction du docteur R.R. Rogers, on essaya de produire du titane métallique par réduction thermique du dioxyde de titane. En 1953, on installa un four à arc électrique de 250 kVA, et on exécuta une série de tests pour une période de plusieurs mois, sur de l'ilménite du lac Allard. On produisit un laitier de titane à haute teneur, contenant 85% de dioxyde de titane avec seulement 1,2% d'oxyde de fer, qui était considéré comme matériau très satisfaisant pour l'industrie des pigments. Toutefois, ceci ne fut pas considéré comme un succès pour la production de titane métallique, car il était impossible, même après des efforts répétés, de débarrasser le métal d'impuretés indésirables qui le rendaient cassant.

Ces impuretés contenaient non seulement des gaz comme l'oxygène, l'azote et l'hydrogène, mais des éléments non métalliques comme le carbone, le soufre, le calcium, le phosphore et le silicium, qui tous, au-dessus de certaines concentrations, avaient un effet négatif sur les propriétés du titane et des alliages. Le laboratoire chimique de la Division de Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés fit un effort particulier pour mettre au point des procédures d'analyse permettant de déterminer précisément les concentrations de ces impuretés, et leurs travaux furent couronnés de succès.

Dans la Section de Chimie physique et des Cristaux, dirigée par A.T. Prince, on fit des examens pétrographiques et de diffraction de rayons X sur des échantillons de laitier de titanie, pour en évaluer les constituants. Plus tard, Bright effectua des études d'équilibre de phase pour expliquer l'association intime du titane et du fer de manière à guider le processus de fusion et assurer la meilleure qualité des produits, tant dioxyde que possiblement métal. Cette étude cherchait à déterminer les conditions thermodynamiques nécessaires pour effectuer une réduction de l'oxyde de fer en métal, qui pourrait ensuite être retiré par lixiviation acide ou concentration magnétique (MB RR 76, 1961).

En 1954, un accord fut passé par le Ministre de la Production de défense, selon lequel la Shawinigan Water and Power Company de Montréal allait entreprendre un étude de recherche et de développement d'une installation pilote de démonstration pour la production de titane métallique. La méthode consistait à chlorurer le laitier de titane pour produire du tétrachlorure de titane, qui était ensuite envoyé dans un bain de chlorure de sodium fondu pour électrolyse sous couverture d'argon. Le titane était produit à la cathode, et périodiquement retiré et lixivié pour produire de l'éponge de titane. Le coût de production estimé était de \$2,50 par livre, ce qui était concurrentiel avec le procédé Kroll au chlorure de titane ou de réduction par le magnésium utilisé aux États-Unis. Au départ, les résultats semblaient prometteurs, mais il ne fut pas possible d'éliminer la contamination par l'oxygène, l'azote, le sodium et autres impuretés. Après deux années d'expérimentation et une dépense d'environ \$500 000 en subventions de la production pour la Défense, le projet fut abandonné.



Concentration du minéral de titan. En arrière H. Renaud au calibre, en avant J. Banks aux séparateurs magnétiques à haute intensité.

Etant donné une application croissant de méthodes électriques d'acquisition ou de raffinage des métaux par électrolyse en bain de sel fondu, qu'encourageait le programme du titane métallique, un projet fut entrepris dans la Section de Métallurgie extractive de la Division de Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés et mené par le docteur T.A. Ingraham; il avait pour but d'acquérir des connaissances fondamentales plus approfondies sur le procédé d'électrolyse en sel fondu. On mesura les potentiels d'électrode normaux pour divers métaux, et on calcula les propriétés thermodynamiques pour les réactions de cellule. Cette recherche fit l'objet du rapport "Voltaic cells in fused salts" par S.N. Flengas (1958 - 1960) et T.R. Ingraham, en 5 parties (MB RR 16, 17, 18, 19, 20, 29, 1958). Dans une étude ultérieure, on mesura la solubilité du tétrachlorure de titane dans les mélanges de chlorures fondus, ainsi que les potentiels d'électrode des chlorures de titane. Le rapport d'ensemble fut intitulé "Solubilities of $TiCl_4$ in mixtures of $KCl-MgCl$ and the electrode potentials of the titanium chlorides in 1:1 (mole) $KCl-NaCl$ solutions" par S.N. Flengas (MB RR 50, 1960, réimprimé de Ann N.Y. Acad Sci, 79, Art 11 janvier 30, 1960).

Recherche en Métallurgie physique

L'aspect métallurgie physique du programme de la Direction des Mines se poursuivit simultanément avec les recherches d'extraction mentionnées ci-dessus. Une grande partie du temps de Kinsey était occupée, en sa capacité de coordinateur, à assurer la liaison entre les ministères gouvernementaux et l'industrie. En fait, on aurait pu le décrire comme le coordonnateur du Comité canadien du Titane, qui était composé de représentants du gouvernement et de l'industrie, et présidé par Convey. A ce point, il faut dire qu'un intérêt considérable fut accordé, tant au Canada qu'à l'étranger, à partir de 1953 et pour trois ou quatre ans, aux possibilités de production de métal canadien, de la part du secteur des Produits métalliques de l'industrie métallurgique et en particulier de la part d'Atlas Steels, qui participait le plus fortement au programme. La compagnie restait en contact étroit avec le gouvernement en général et la Direction des Mines en particulier. En 1956, la compagnie Atlas Titanium Limited fut formée conjointement par Atlas Steel Limited et Mallory Sharon Titanium Corporation de l'Ohio, pour produire du titane métallique et des lingots d'alliage à partir de l'éponge de titane. Cette dernière était dérivée du tétrachlorure de titane aux États-Unis. Il y eut quelques essais de fusion d'éponge de Shawinigan en lingots d'alliage à l'installation de l'Ohio, mais les résultats furent non probants, en raison des contaminants. Ces rapports peuvent avoir constitué les raisons principales de l'arrêt de production de titane métallique à Shawinigan. Plus tard, la baisse de la fabrication aéronautique au Canada, et en particulier l'annulation du programme "Arrow" contribua sans aucun doute à la perte d'une capacité naissante de production de titane métallique dans ce pays.

L'équipe initiale de la Division de la Métallurgie physique était dirigée par J.W. Meier; le docteur W.D. Bennett (1951 - 1955) assumait la responsabilité des aspects scientifiques, O.Z. Rylski (1947 - 1956) et J.J. Sebisty (1951-) de la fusion et du moulage, le docteur Y.L. Yao (1950-) et K.S. Milliken (1950-) de l'analyse de l'oxygène, et John Perry du formage de métaux.

Les travaux préliminaires comportaient la sélection, l'adaptation, l'acquisition et la construction de fourneaux de fonte avec leurs auxiliaires, y compris les équipements de moulage. Les installations de fonte et de moulage étaient à l'échelle du laboratoire, comportant un four à arc continu d'une capacité de 300 grammes, opérant dans une atmosphère d'argon, et dans laquelle furent effectuées 95 fusions. Ceci fut suivi de fusions de 2 000 grammes dans un four à induction à haute fréquence sous vide. Une des unités de moulage était continue. Il y eut 25 fusions. Le titane métallique principalement utilisé provenait de la compagnie Dominion Magnesium sous le nom de "Domal". Les rapports de recherche initiaux classifiés de la Division de la Métallurgie physique couvrant les premiers travaux furent désignés PM 100 et 107 par O.Z. Rylski, PM 110 et 113 par W.D. Bennett, PM 114 par O.Z. Rylski et J.J. Sebisty, et "Bibliography on titanium metal and alloys (1946 à 1950), - properties, fabrication and uses" par J.W. Meier (Memorandum 303) - "Bibliography on refractory melting including some references on vacuum technology (1946 to 1950)" par J.W. Meier (Memorandum 304).

Les installations de recherche et de développement furent plus tard agrandies pour produire des billettes d'un diamètre allant jusqu'à 16 pouces, et pesant de 10 à 25 livres. Le four de fusion qui donna les meilleurs résultats était un creuset de cuivre refroidi par eau utilisant un arc sur électrode consommable de tungstène ou de titane. La proportion d'oxygène dans le titane Domal était trop élevée, ce qui rendait le métal cassant. Toutefois, les procédés de formage de métal effectués par John Perry et son groupe produisirent des forgeages de qualité



H.V. Kinsey



Dr. A.J. Williams

raisonnable ainsi que des tôles laminées à chaud et certaines tôles laminées à froid. Kinsey en 1953 présenta un résumé sur le titane, avec accent sur l'aspect de la métallurgie physique, à l'Assemblée générale annuelle du Canadian Institute of Mining and Metallurgy à Edmonton (112).

Les activités de recherche et de développement dans le laboratoire de la Division de la Métallurgie physique (LRMP) comportaient des travaux considérables sur les alliages de titane, qui furent poursuivis pendant toute la période. Les alliages de titane alpha dans la gamme des basses températures et beta dans la gamme des hautes températures firent l'objet de recherches. Le docteur A.J. Williams, qui entra à la Direction en 1950, effectua des travaux de recherche dans ce domaine pendant plusieurs années. Un alliage ternaire de titane, aluminium et molybdène fut sélectionné pour cette étude, et les diagrammes de constitution du coin riche en titane du système ternaire firent l'objet d'études dans le but de concevoir un alliage présentant les meilleurs propriétés de traitement thermique. Deux rapports de recherche par A.J. Williams furent publiés en 1958 et 1964 - "Design of heat-treatable titanium alloys" (B RR 11; 1958), et "Study of the constitution of the

titanium-rich corner of the titanium-aluminum-molybdenum system" (BM RR 13; 1964). De plus, Williams s'occupait de la mise au point du four à arc à électrode consommable, et de la fragilisation du titane par l'hydrogène, cette dernière faisant l'objet du rapport PM 203.

Les influences des procédés sur les propriétés magnétiques des alliages de titane furent décrites dans le rapport "Effects of cold work and quenching on the magnetic susceptibility of a commercial titanium alloy" par Y.L. Yao, réimprimé d'American Society for Metals; vol. 51, pp. 862-870, 1959 (MB RR 35; 1958).

Les caractéristiques de soudage de titane et des alliages de titane furent étudiées par le docteur K. Winterton, qui entra à la Direction des Mines en 1958, et écrivit "Weldability of titanium alloys" (MB TB 71; 1965). Dans un examen général de 1966, Kinsey publia une étude d'ensemble de l'application du traitement et de la technologie de manufacture des alliages de titane (113). L'utilisation principale du titane se trouve dans l'industrie des pigments. L'utilisation du ferro-titane diminua au Canada, passant de 198 tonnes courtes (contenu de titane) en 1961 à 34 tonnes en 1964.

LES MÉTAUX PRÉCIEUX

L'or

La recherche sur la chimie des cyanures, dans le but d'améliorer les procédés utilisés dans l'industrie de l'extraction de l'or, fut relancée en 1948, mais interrompue en 1950 par les projets sur le titane et le minerai de fer. Le rassemblement de l'expertise en hydrométallurgie et en chimie, hérité des anciennes divisions de Préparation des minéraux et de Métallurgie des procédés d'une part et de la Radioactivité d'autre part, fut utilisé par Downes en 1961 dans le lancement d'un projet destiné à améliorer le procédé de cyanuration. Le prix international de l'or, fixé à \$35 U.S. environ 30 ans plus tôt, était toujours en vigueur, et par conséquent il y avait de bonnes raisons d'améliorer la récupération aux usines de traitement de minerai. Le projet fut bien accepté par l'industrie. On rendit visite aux diverses usines de traitement, et l'on suggéra des améliorations après une étude sur place et expérimentation dans les laboratoires d'Ottawa. Cette enquête fit ressortir une abondante association de minéraux sulfurés aux minerais d'or canadien. On découvrit que la pyrrhotite, en particulier, était sensible à l'alcalinité, et que si la solution de cyanure avait un pH dépassant 11,2 la pyrrhotite se dissolvait à un taux appréciable.

On mit au point un test standard pour mesure le pouvoir d'une solution de cyanure à dissoudre l'or, par dissolution minutée d'une feuille d'or; ceci avait pour but d'indiquer la quantité de rejet possible de solution de cyanure stérile, et la constitution de solution fraîche pour obtenir une concentration et une alcalinité optimale dans le circuit de l'usine. Une autre innovation consistait en une méthode rapide pour déterminer la concentration d'oxygène dans la solution et les pâtes; l'oxygène est nécessaire à la dissolution de l'or, mais doit être sous forme dissoute et contrôlée pour éviter l'oxydation des minéraux sulfurés.

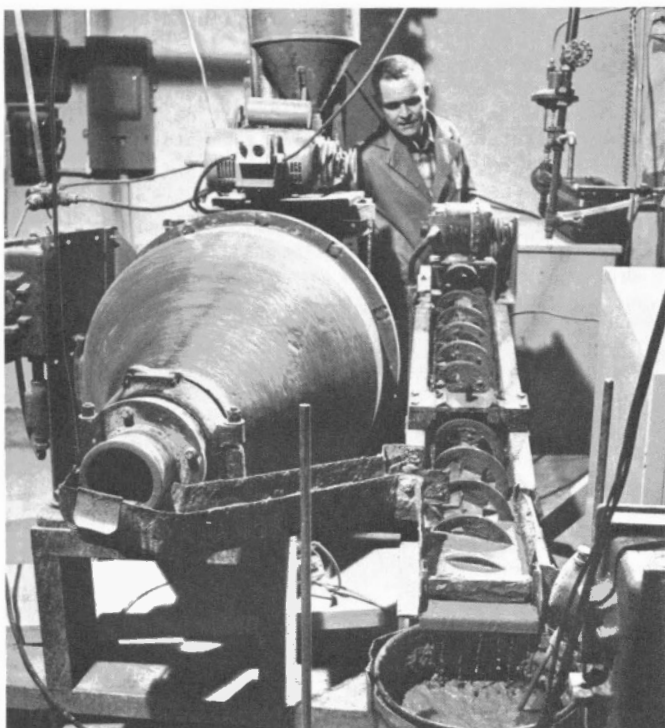
Les études sur le terrain avaient démontré une variation considérable des conditions de fonctionnement du procédé au cyanure dans chaque installation, et également entre différentes installations traitant des minerais semblables. En conséquence, on établit une installation-pilote dans l'usine-laboratoire de métallurgie extractive, composée initialement d'une unité de broyage pour mesurer et contrôler les variables de circuit, de manière à entretenir des conditions prédéterminées de broyage et d'alcalinité.

En janvier 1962, environ 20 surintendants d'usine d'or participèrent à une rencontre technique de deux jours à la Direction des Mines pour examiner l'état d'avancement des recherches et discuter de l'exploita-

tion de leurs usines d'or. Cette rencontre fut considérée comme un succès, et conduisit à la formation, en 1963, du Comité des Métallurgistes de l'or au Canada, avec rencontres annuelles d'hiver à la Direction des Mines, dont l'objectif principal était d'encourager l'échange d'information scientifique et technologique sur la métallurgie de l'or. Ce groupe fut élargi en 1968, pour inclure tout le traitement des minéraux, et son nom fut changé en Industriels du traitement des minéraux.

Le comité demanda à la Division de mettre au point des méthodes standard d'essai, de manière à pouvoir comparer des données provenant de laboratoires différents lors des tests de minerais d'or en réponse à des conditions variables. La procédure adoptée fut la cyanuration d'un minerai d'or typique, dans laquelle la pâte était agitée par culbutage en bouteille fermée, par roulage en bouteille ouverte, par agitation mécanique à haute vitesse dans un becher ouvert, ou par soufflage d'air dans un récipient pachuca. La densité de la pâte était maintenue à 10% de solide en poids pour tous ces essais. La pâte diluée assurait un excédent important des agents de réaction - cyanure, chaux et oxygène - par rapport aux quantités nécessaires pour les réactions chimiques. La solution de lixiviation était ainsi maintenue constante, et il n'était pas nécessaire de rajuster la concentration pendant le test. Les tests les plus fiables furent obtenus dans les essais en bouteille fermée, bien que le taux d'extraction d'or fût essentiellement le même pour toutes les autres méthodes d'agitation. Les résultats du programme précédent, concernant l'effet des composés sulfurés sur le taux de dissolution, déterminé par les tests à la feuille d'or, furent confirmés avec des minerais d'or typiques et une technique de lixiviation diluée.

Une série de moniteurs et autres appareils de mesure et contrôle des variables de procédés furent conçus pour les études en laboratoire et sur terrain. Ainsi, un moniteur de dissolution d'or fut conçu avec l'assistance du groupe Eichholz, et décrit dans "Semi-automatic monitor of cyanide solution strength for gold ore dissolution" par G.G. Eichholz et C.A. Josling (MB TB 43, 1963). Un système électronique fut conçu pour le circuit de broyage de l'usine pilote, qui contrôlait l'alimentation en minerai et en eau pour donner la production maximum compatible avec un maintien de la qualité du produit final. Le contrôle était actionné par des fréquences sélectionnées dans le bruit produit par l'usine de broyage, et modifié par mesure continue de la densité de la pâte finale. Le contrôle de l'alcalinité, par addition de chaux dans la solution



F. Kelly observe le contrôle automatique du taux d'alimentation du circuit de broyage par le son produit dans le broyeur à galds (Photo - George Hunter)

de cyanure, était assuré par la sonde de conductivité mise au point par le groupe des sciences minérales (MB TB 27, 1961). Une unité de titrage automatique fut mise au point pour la surveillance de la concentration de cyanure dans les solutions de lixiviation. "Measurement of free cyanide concentration by continuous potentiometric titration" par J.C. Ingles (MB RR 127, 1964).

Ces appareils de contrôle et de mesure furent mis à l'essai dans un certain nombre d'usines pour des périodes variables, et eurent dans certains cas pour résultat un meilleur fonctionnement du circuit. En 1966, avec l'arrivée de la technologie informatique, la Division de la Métallurgie extractive s'orienta vers l'étude de la simulation mathématique des procédés hydrométallurgiques comme moyen d'évaluer les conditions optimales des procédés. Les premières études de simulation furent effectuées sur la lixiviation de l'uranium et de l'or, mais il n'y eut pas de rapport publié.

Pendant toutes les années 50, il y eut une activité considérable de prospection d'or, particu-

lièrement en Ontario. Ces périodes virent les demandes d'études par la Direction des Mines passer au même niveau que pendant la "ruée" précédant la Seconde Guerre mondiale. Ainsi, en 1955, la Direction traita douze minerais, avec établissement d'organigrammes.

Après 1959, dans la Division du Traitement des minerais comme dans la Division de Préparation des minerais et de la Métallurgie des procédés, il y eut un mouvement constant de demandes de la part de l'industrie pour le traitement des minerais d'or, principalement ceux associés à d'autres métaux, exigeant ainsi des méthodes de concentrations plus complexes, par exemple les minerais de Red Lake, en Ontario. Les méthodes de flottation sélective jouaient un rôle important pour ces minerais, exigeant parfois une passe après cyanuration.

En dépit du prix fixe de l'or, la production augmenta irrégulièrement, passant d'un niveau bas de 2 696 727 onces en 1945 à une crête de 4 628 911 onces en 1960. La production se remit alors à baisser; elle était de 2 357 620 onces en 1970 et 1 674 000 onces en 1975. La proportion de la production 1970 en provenance de mines à filon était de 78%. L'Ontario représentait 48,5% et le Québec 29% de la production totale.

Le prix moyen de l'or en 1977 au Canada était de 36,57 dollars canadiens. Le dollar canadien était fixé à \$0.925 dollars américains, plus ou moins 1% en 1962, mais il fut rendu flottant en 1970. En 1975, le prix de l'or en monnaie américaine connut des fluctuations énormes, allant de 130 dollars à 185 dollars par once. Pour de nombreuses mines, le prix inférieur, 130 dollars, ne représentait aucun profit, ce qui indique le taux de croissance des coûts dans la période de cinq ans depuis 1970.

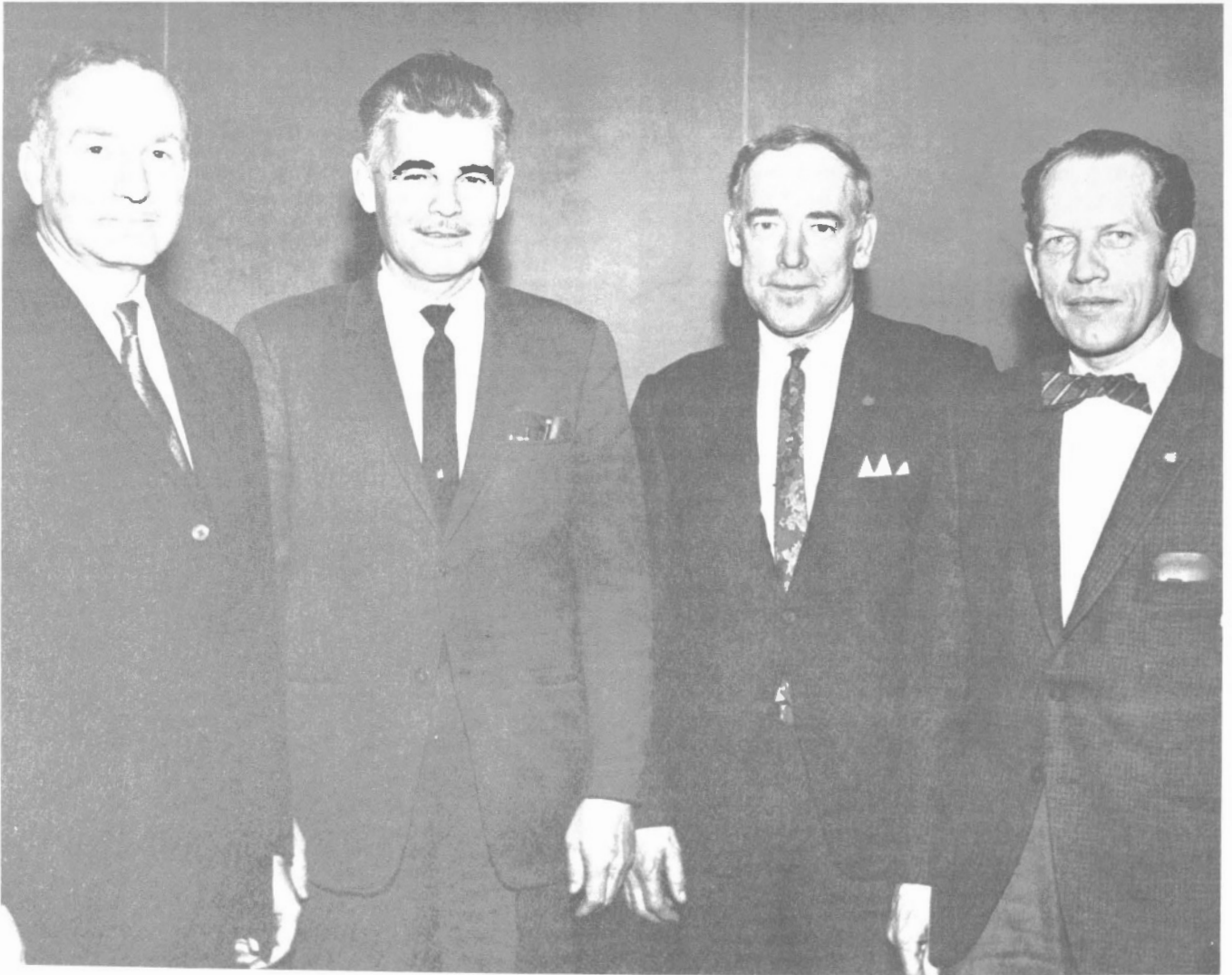
Un projet de recherche, commandité par l'Association canadienne de l'Extraction des Métaux, fut exécuté en 1959 et 1960 dans la Division de la Métallurgie physique pour explorer de nouvelles possibilités d'application industrielle de l'or. Une étude de la littérature publiée dans la période de dix ans allant de 1950 à 1959 fut entreprise par L. Badone de l'Association canadienne d'Extraction des Métaux et N.S. Spence (MB IC 116, 1960). Une autre étude fut menée sur les propriétés de l'or et des alliages d'or par les mêmes auteurs (MB IC 129, 1961). On essaya des petites additions d'or à divers métaux, tant ferreux que non ferreux, que l'on testa pour les effets sur les propriétés des métaux; les résultats, toutefois, furent soit inconclusifs, soit négatifs.

On fit quelques recherches entre 1966 et 1968 sur l'utilisation de l'or comme obstacle à l'entrée de l'hydrogène dans l'acier, dans le procédé de placage électrique. Il s'agissait d'un projet commandité par Air Canada, pour produire une couche d'or solide avant le placage au cadmium.

Argent

La production d'argent au Canada dans les années 60 dépassa la production maximum précédente de 33 millions d'onces en 1970, crête de la ruée vers l'argent à Cobalt, pour atteindre 40 millions d'onces en 1968. Par la suite, l'argent, comme l'or, connut une baisse de production.

Le renouveau de la production d'argent peut s'expliquer par l'augmentation de la production de minerais de métaux communs qui était responsable d'environ 90% de la production d'argent, et par le renouveau de la région Gowganda-Cobalt de l'Ontario, en raison du facteur primordial de l'augmentation des prix de l'argent.



Réceptaires de la broche des 25 ans de service; de gauche à droite: K.W. (Ken) Downes, G.W. (Tim) Nolan, L.J. (Bill) Quinn, W.A. (Bill) Gow

En 1961, la Division du Traitement des minéraux reçut une demande d'assistance pour l'obtention de revenus plus avantageux à la fonderie spécialisée exploitée par Kam-Kotia Porcupine Mines Ltd. Dans ce but, un agent de la Division passa quelque temps sur le terrain, ce qui permit un meilleur revenu aux producteurs sur les valeurs de l'argent dans la fonderie spécialisée.

Malgré un bon taux de récupération de l'argent, allant de 90 à 95%, l'Association des exploitants de la mine Temiskaming demanda en 1964 à la Direction des Mines de réduire encore les pertes dans les rejets de broyage. Une étude minéralogique fut effectuée sur les produits d'usine, avec visite de diverses installations. Un procédé comportant le broyage fin et la flottation permit en fin de compte de récupérer environ deux tiers de l'argent contenu dans les résidus. Souvent, la récupération d'argent ou d'autres métaux désirés était viciée par l'interférence d'un minéral indésirable. Par exemple, la région de Red Lake en Ontario était connue pour ses minerais complexes, et un minerai argent-or, titrant 1,06 onces d'or et 4,5 onces d'argent, ne permettait une récupération d'argent que d'environ 80%. On découvrit que le minerai contenait un petit pourcentage de tellure d'argent, et on proposa une technique employant la bromo-cyanuration, avec un organigramme comportant le lavage au jig, l'amalgamation et la cyanuration, avec addition de bromo-cyanure. Cette méthode assura une récupération de 99% de l'or et 98,4% de l'argent.

Groupe du platine

Le Canada était le troisième producteur de platinoïdes, après l'Afrique du Sud et l'URSS, avec une production de près d'un demi-million d'onces par an à partir du milieu des années 60, soit presque le double du maximum de 1942. Ce groupe de métaux était un sous-produit des minerais de nickel-cuivre du bassin de Sudbury. Après 1970 se développa une production à partir du district de Shebandowan en Ontario et des districts Thompson-Wabowden et Bird River au Manitoba. Toutefois, la production de platinoïdes au Canada n'augmenta pas après la mise en service des nouvelles mines, en raison de la réduction du niveau total de production des métaux communs. De plus, les prix du platine et du palladium étaient en baisse.

Au cours du début des années 60, la Division du Traitement des minéraux étudia au nom d'entrepreneurs indépendants un certain nombre de minerais non ferreux contenant un ou plusieurs platinoïdes. Ces minerais se trouvaient à l'extérieur des régions nickel-cuivre de l'Ontario et du Manitoba, mais aucun de ces projets n'eut pour effet l'établissement de nouvelles mines.

Comme on l'a mentionné ci-dessus, la Division des Sciences minérales effectua des recherches considérables dans la mise au point de procédures analytiques précises pour les platinoïdes. Ces recherches firent

reconnaître le groupe comme laboratoire de référence national, ce qui eut pour résultat de nombreuses demandes d'analyse ou de vérification provenant d'autres sources que les producteurs principaux.

Division de Métallurgie extractive

La formation d'une division fondée en grande partie sur la chimie, au moment d'une baisse abrupte dans l'industrie de l'uranium, créa à la fois un défi et des difficultés pour la Division, comme on l'explique ci-dessous. Comme dans le cas de la Division des Sciences minérales, il y a lieu d'esquisser brièvement l'organisation de la Division de Métallurgie extractive, avec sa forte concentration en chimie.

Pratiquement la totalité du personnel de chimie et de minéralogie de la Division de la Radioactivité fut transférée à la nouvelle Division en 1959. Ce personnel forma les sections Hydrométallurgie, Analyse chimique et Minéralogie, qui furent regroupées avec la Section de Recherche (auparavant Métallurgie extractive) et les Sections de Pyrométallurgie et Corrosion (auparavant Métallurgie chimique) de l'ancienne Division de Préparation des minéraux et de Métallurgie des procédés.

Nul ne mettait en question l'importance qu'il pouvait y avoir à poursuivre la mise au point de méthodes appropriées de traitement pour l'extraction de minéraux économiques à partir des abondants minerais complexes et de faible concentration: le personnel avait démontré sa compétence avec tant de succès dans le traitement des minerais radioactifs de faible concentration. Par contre, l'industrie des minéraux, à l'exception de la composante uranium, connaissait un "boom", et dans l'ensemble n'utilisait les moyens chimiques que si les considérations économiques étaient entièrement favorables. La nouvelle Division du Traitement des minéraux assumait le rôle principal dans la réponse aux demandes de préparation de minéraux de l'industrie. Comme on l'a mentionné ci-dessus, Downes et ses associés choisirent le projet d'aide à l'industrie de l'extraction de l'or, pour améliorer la récupération par le procédé au cyanure. L'industrie de l'or, dans son ensemble, démontra sa confiance en lui et ses associés, en acceptant d'appuyer la formation du Comité canadien des Métallurgistes de l'or, et de son successeur, Industriels du traitement des minéraux au Canada, et en participant à un dialogue sur les problèmes aux rencontres annuelles de ce groupe; ces rencontres sont encore à l'heure actuelle bien fréquentées par les représentants de l'industrie. Ron Ennis entra à la Direction des Mines en 1959, et fut particulièrement utile dans ce projet, jusqu'à sa mort prématurée en 1964.

La Division resta en contact étroit avec l'industrie par l'intermédiaire de son personnel de génie, principalement dans la section d'hydrométallurgie, ainsi que par l'intermédiaire d'hommes

comme R.M. Ennis et C.S. Stevens, nommés agents de liaison industrielle. La méthode d'approche des projets sur le traitement des minerais, qui faisait d'ordinaire intervenir les trois sections mentionnées, se fondait sur les besoins perçus par l'industrie dans son ensemble, quant à une denrée donnée, plutôt que sur des demandes d'entreprise spécifiques; naturellement il y eut des exceptions. Les contributions principales de la Division du Traitement chimique des minéraux sont mentionnées tout au cours de ce récit, chaque fois que l'on mentionne des denrées spécifiques.

Une bonne partie de l'analyse minéralogique et chimique se rapportait à des travaux de recherche et de développement en laboratoire et en usine-pilote sur le traitement des minerais, mais la recherche se poursuivait sur la conception de méthodes nouvelles ou l'amélioration de méthodes, non seulement pour les besoins de la Division mais également pour les besoins industriels, particulièrement dans l'amélioration du contrôle des procédés en usine. Un exemple de travail de mise au point sur l'analyse de métaux moins communs fut la détermination de la concentration de bismuth par titrage chélatométrique, par A. Hitchen et G. Zechanowitsch (MB TB 173, 1973). Un autre exemple fut la mise au point d'un procédé analytique complet pour l'analyse des scories de four électrique, avec considération particulière des scories d'ilménite contenant du titane (114).

Organisation de la Division de la Métallurgie extractive, 1965

À la formation de la Division de la Métallurgie extractive en 1959, W.A. Gow, J.C. Ingles et S. Kaiman étaient chefs des sections d'Hydrométallurgie, d'Analyse chimique et de Minéralogie respectivement, de la Division de la Radioactivité. En 1965, le personnel professionnel des trois sections était le suivant:

Hydrométallurgie:

Chef - W.A. Gow (1946-)
 V.F. Harrison (1947-)
 A.J. Gilmore (1948-)
 W.R. Honeywell (1948 - 1973)
 H.H. McCreedy (1954-)
 V.M. McNamara (1954-)
 B.H. Lucas (1958-)
 F.J. Kelly (1959)
 H.W. Parsons (1959-)
 J.A. Vézina (1960 - 1973)
 Chef d'usine: E.H. Devine (1948 - 1969)

Minéralogie

Chef - S. Kaiman (1946-)
 M.R. Hughson (1952-)

Analyse chimique

Chef - J.C. Ingles (1949 - 1951) et (1952-)
 J.B. Zimmerman (1947-)
 E.D. Kornelsen (1948 - 1968)



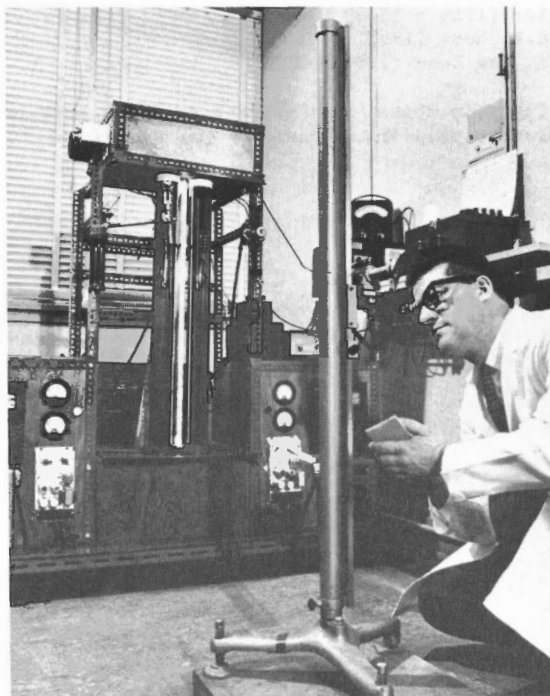
Inauguration officielle de la Division de Métallurgie extractive 300 rue Lebreton, 1er mai 1957. K.W. Downes, John Convey, H.W. Smith.

F.P. Roloson (1948 - 1970)
 R.J. Guest (1948-)
 A.D. King (1949-)
 A. Hitchen (1952-)
 G.A. Hunt (1952-)
 J.E. Atkinson (1953-)
 D.J. Barkley (1953-)

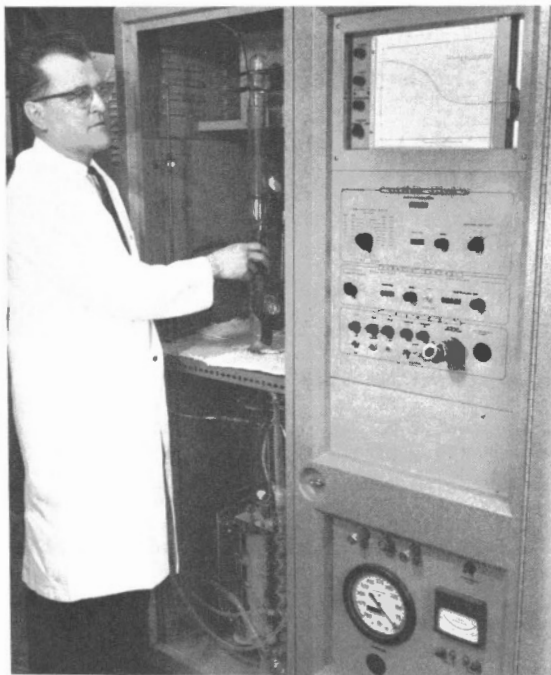
Hal Smith fut chef intérimaire de la Division de la Radioactivité après le décès de Brown, et dans la nouvelle division, il fut nommé adjoint spécial à Downes, poste qu'il occupa jusqu'à sa retraite en 1974. Il s'occupait de liaison industrielle, pour les études des possibilités techniques de l'industrie de l'uranium, de la planification des programmes et de l'information technique. C.S. Stevens, nommé pour remplacer Ron Ennis en 1964, servit d'agent de liaison industrielle jusqu'à son décès en 1972. En 1971, Gow fut nommé chef adjoint de la Division. En 1972, la Section d'Hydrométallurgie fut subdivisée en Traitement des minerais, - chef, H.H. McCreedy avec K.A. Bragg (1971 - 1973), F.J. Kelly, H.W. Parsons, R.F. Pilgrim (1948-) et J.A. Vézina - et Traitement en solution - chef, G.M. Ritcey (1952 et 1967-) avec A.J. Gilmore, B.H. Lucas et V.M. McNamara. Gordon Ritcey avait travaillé à la Division de la Radioactivité en 1952 comme étudiant. Il était ensuite passé à l'Eldorado Nuclear Ltd. pour 11 ans, mettant au point un certain nombre de techniques (certaines brevetées) d'extraction par solvant et autres techniques hydrométallurgiques. Il contribua au développement de la production de zirconium métallique de haute pureté, technique qu'utilise maintenant le seul producteur canadien de zirconium.

La section de recherche de la nouvelle division, sous la direction du docteur T.R. Ingraham, s'occupait de recherches pour les projets de la Division mentionnés sous la rubrique des diverses denrées décrites. Il y eut d'autres projets décrits dans des rapports comme: "Measurement of dissolved air in alkaline solutions from uranium mills and from gold mills" par G. Thomas et T.R. Ingraham (B RR 71, 1960); et "Operating variables of a small hydrocyclone" par R.F. Pilgrim et T.R. Ingraham (MB RR 103, 1962, réimprimé de Can Journal Chem Eng).

Une forte proportion de la recherche avait pour but l'avancement des connaissances sur la cinétique et la thermodynamique des réactions et des procédés chimiques impliqués dans la dissolution, la décomposition thermique et la chloruration, ainsi que des études cinétiques du dépôt métal sur métal (cémentation) dans les composés métalliques. Certaines de ces études furent publiées sous forme de rapport de la Direction des Mines, d'autres dans le Metallurgical Quarterly publié par la Direction des Mines au nom du Canadian Institute of Mining and Metallurgy et dans les Transactions of the Metallurgical Society of the AIME, New York. Un exemple d'examen général de thermodynamique et cinétique concernait les opérations de grillage



R. Charlebois mesure le pression de décomposition pour établir les propriétés thermodynamiques des sulfates métalliques à haute température. (Photo - George Hunter)



P. Marier effectue des études de cinétique de décomposition avec un appareil d'analyse automatique.

utilisées en métallurgie extractive (T.R. Ingraham et R.C. Kerby, Can Metall Quarterly, vol. 6 No 2, pp. 89-119, 1967).

Après la formation du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources en 1966, Ingraham réorienta une bonne partie de son effort de recherche vers la protection de l'environnement. Comme exemples d'études, notons: "Kinetic and thermodynamic data from effluent gas analysis" par T.R. Ingraham (Proc Second Toronto Symposium on Thermal Analysis, p. 21-36, 1967 - reproduit sous le numéro MB RS 47); et "Role of calcium sulphite in desulphurizing gases containing sulphur dioxide" par P. Marier et T.R. Ingraham (MB RR 222, 1970). Une étude complète fut effectuée sur la récupération du soufre à partir des minerais de métaux communs, en relation avec le programme de la Direction des Mines sur l'amélioration de l'environnement (115).

En 1965, le personnel professionnel de la section de recherche était le suivant:

- Chef - Docteur T.R. Ingraham (1953 - 1972)
- R.F. Pilgrim (1948-)
- Dr. G. Thomas (1950 - 1967)

P. Marier (1954 - 1972)
 Dr. M.C.B. Hotz (1963 - 1968)
 Dr. E.A. Von Hahn (1964 - 1967)

Ingraham donna sa démission en 1972, pour entrer au Ministère de l'Environnement; son successeur fut le

docteur A.W. Ashbrook, qui était entré à la Direction des Mines en 1970.

La Division de la Métallurgie extractive fut intégrée au Laboratoire des sciences minérales en 1975. La page suivante présente une photo prise en 1974.



Personnel de la Division de Métallurgie extractive, 1974

Assis: G. Carrière, H.W. Smith, J.A. Gilmore, J.C. Saiddington, W.A. Gow (chef adjoint), Dr. K.W. Downes (chef de division), J.C. Ingles, Mrs. I. Marion, Mrs. J. Tegano, Miss M. MacCormack, Mrs. M.B.Y. St. Germain;

2ième rang: C.R. Lalonde, A. Hitchen, G. Zechanowitsch, D.J. Parkley, J.L. Beaupré, O. O'Hara, D.A. Sheldrick, F.J. Kelly, J.E. Atkinson, J.L. Fleury, R.J.C. Macdonald, J.J. Laliberté, W.J. Craigen, G.M. Ritcey, F. Bouveir, R.F. Pilgrim, G. Shanks;

3ième rang: B.H. Lucas, Dr. A. Lui, R.J. Pugliese, A.D. King, R.J. Guest, G. Levine, P. Carrière, M. Joly, Dr. J.E. Dutrizac, Mrs. C. Leblanc, P. Prud'Homme, S. Kaiman, V.F. Harrison, P. Bélanger, Dr. G.R. Hoey, E. Rolia;

4ième rang: K.T. Price, Dr. D.J. MacKinnon, J.M. Brannen, J.R. Gordon, Dr. D.J. Francis, G.A. Hunt, L.E. Shaheen, J.B. Zimmerman, L.L. Lalonde, V.M. McNamara, J.B. Kearns, C. Freeman, M.R. Hughson, W. Dingley

FER ET ACIER

Il fallut 40 années pour que se réalise l'espoir d'Eugene Haanel, que le Canada n'aurait pas à dépendre aussi fortement qu'à son époque des minerais de fer importés. Cette transformation eut lieu pendant la décennie qui suivit la Seconde Guerre mondiale. En 1948, le minerai importé représentait 93% de la consommation, soit environ 4 000 000 de tonnes. Moins de dix ans plus tard, en 1956, le minerai importé ne représentait plus que 70% de la consommation, qui était passée à 6,4 millions de tonnes; à la même époque il y avait un excédent à l'exportation de 18 millions. En 1965, le minerai importé ne représentait plus que 50% de la consommation, qui était passée à 9,6 millions de tonnes, avec exportation de 30,8 millions de tonnes. Ces chiffres incluaient le minerai, les concentrés et les agglomérés, car il y avait une nouvelle demande pour l'alimentation enrichie des hauts-fourneaux. En 1970, le minerai importé ne représentait que 18% de la consommation, qui avait atteint 11,5 millions de tonnes. En 1970, le Canada était le quatrième producteur de minerai de fer, après l'URSS, les États-Unis et la France. Notre meilleur consommateur était les États-Unis, qui achetaient 23,8 millions de tonnes, sur un total d'exportation de 38,7 millions de tonnes (soit 7,7 millions de tonnes de minerais exportés directement, 13,5 millions de tonnes de concentrés et 17,5 millions de tonnes d'agglomérés en boulettes). Après avoir atteint une production totale d'environ 50 millions de tonnes par an dans les années 70, la croissance ralentit, en raison de l'instabilité générale des marchés internationaux des minéraux, et de la baisse de production d'acier dans la plupart des pays industriels.

Production, consommation, importations et exportations de minerai de fer, 1948-1970 (tonnes x 10⁶)

Année	Production	Consommation	Importations*	Exportations
1948	1,2	4,1	93%	1,0
1956	20,0	6,4	70%	18,1
1965	35,7	9,6	50%	30,8
1970	46,7	11,5	18%	38,7

* En pourcentage de consommation

L'impulsion donnée à l'industrie canadienne du fer était sans aucun doute due aux résultats de la prospection entreprise dans la fin des années 40 par le groupe Holinger-Hanna, entreprise mixte canadienne-américaine, qui devait devenir pour tard la Iron Ore Company of Canada (IOC), qui détermina les réserves dans une région découverte à l'origine par le docteur A.P. Low de la Commission géologique du Canada, bien des années auparavant, dans le district de la baie d'Ungava à la frontière du Québec et du Labrador. Il fallut faire un

investissement considérable dans la construction d'une ligne de chemin de fer de 350 milles allant de Schefferville à un nouveau port à Sept-Iles sur le fleuve St-Laurent, pour donner accès à la région pour le chargement de minerai de fer qui, au départ, était de forte teneur et de qualité propre à l'expédition directe. La construction fut lancée en 1949, et les premières expéditions de minerai faites en 1954. Ces expéditions étaient à destination des États-Unis, qui commençaient à connaître une baisse des réserves des fameux gisements de fer de Messabi au Minnesota. Comme l'indiquent les chiffres d'importations canadiennes ci-dessus, les minerais américains restèrent disponibles, du fait que des compagnies intégrées canadiennes d'aciérie étaient propriétaires de mines de fer et de charbon aux États-Unis.

Il se produisit au début des années 50 un développement capital dans la fusion des minerais de fer. Des améliorations rapides furent apportées au rendement des hauts-fourneaux, avec pour effet que le haut-fourneau resta l'unité principale de production de fer. A la fin des hostilités en Europe, il y avait eu des débats considérables sur l'avenir du haut-fourneau classique, représentant un investissement élevé de capital et exigeant une alimentation de haute qualité, tant en minerais qu'en combustibles. La nouvelle Communauté du charbon et de l'acier du nord-ouest de l'Europe commandita un projet de recherche sur un fourneau bas représentant un investissement plus faible, pour évaluer l'utilisation de matériaux d'alimentation de qualité moindre. On examina également les possibilités d'utilisation du soufflage enrichi à l'oxygène. Il y eut quelques discussions portant sur la participation de la Direction des Mines à ce projet, particulièrement en relation avec l'établissement d'une industrie primaire du fer et de l'acier dans les provinces des Prairies. Cette activité fut complétée par un agrandissement rapide des établissements de recherche sur l'acier et le fer en Europe, par exemple BISRA (British Iron and Steel Research Association) et IRSID (Institut des recherches de la sidérurgie française), auxquels le personnel de la Direction des Mines avait facilement accès. Ces centres jouèrent un rôle important dans la concentration de l'attention sur les possibilités d'optimisation du haut-fourneau et d'autres opérations sidérurgiques. De même, aux États-Unis, le Bureau of Mines forma plus tard une organisation connue sous le nom de Blast Furnace Research Incorporated, à laquelle participèrent les compagnies intégrées canadiennes d'aciérie.

Les améliorations principales qui permirent au haut-fourneau d'augmenter sa productivité furent, en dehors de l'augmentation importante de la taille des fourneaux, qui était rendue possible par l'amélioration des propriétés, un enrichissement du soufflage faisant

usage de pétrole ou de gaz naturel, ou même de charbon dans les tuyères, une amélioration de la taille du minerai, un enrichissement de l'alimentation, et un coke produit à partir de mélanges de charbons sélectionnés. Il y a lieu de noter que la première usine de boulettes de minerai au Canada fut lancée à Marmora en Ontario en 1955, pour expédition de boulettes de minerai de fer à la Bethlehem Steel Company aux États-Unis. Ces modifications finirent par faire passer la production journalière des hauts-fourneaux de 1 000 à 2 000 tonnes, ou plus, de fonte, la consommation de coke étant réduite presque de moitié. Cette évolution est illustrée, dans le cas du Canada, par les données suivantes: en 1949, il y avait 13 hauts-fourneaux en opération, dont le plus grand nombre à Algoma (cinq fourneaux), avec une capacité annuelle d'ensemble de 2 538 760 tonnes de fonte; en 1961, il y avait seize hauts-fourneaux, avec une capacité totale de 5 007 875 tonnes de fonte par an.

Les contributions de la Direction des Mines à la recherche et au développement dans la sidérurgie primaire portèrent surtout sur l'enrichissement des minerais et l'amélioration du coke. Il y eut également certaines activités de recherche et de développement sur les procédés de réduction directe et la fusion non conventionnelle. On se rappellera peut-être que la recherche sur la production de fer et d'acier primaire faisait partie de l'histoire des trente premières années de la Direction des Mines, bien que ce fût sur une échelle modeste. Par contre, les événements de la Seconde Guerre mondiale ouvrirent une ère de recherche en métallurgie physique sur une échelle impressionnante. Pendant cette période, l'activité de recherche sur la production primaire de métaux ferreux fut pratiquement supprimée jusqu'à l'après-guerre. La recherche reprit dans la Division de la Préparation des minéraux et de la métallurgie des procédés, et dans une mesure moindre dans la Division des Carburants, à partir du milieu des années 50; si elle était sélective en raison de la limitation des ressources, elle était par contre, dans l'opinion de l'industrie canadienne du charbon et de l'acier, de bonne qualité.

Les ressources en minerai de fer du Canada sont très étendues, mais la quantité de minerais de haute teneur ou propres à l'expédition directe est plus restreinte. Les estimés des réserves de minerais à teneur moyenne (48% à 59% de fer), de minerais à faible teneur (moins de 48% de fer) et de minerais à haute teneur (plus de 59% de fer) qui étaient en exploitation en 1965 se situaient entre 1 et 1,5 milliards de tonnes au total. Au cours de la même année, les ressources de minerai de fer considérées comme exploitables du point de vue économique dans les conditions technologiques actuelles représentaient environ 20 milliards de tonnes.

Traitement du minerai de fer

En dépit de la découverte de minerai de fer de

haute teneur propre à l'expédition directe dans la région de Schefferville au Labrador et au Québec, la nature d'autres grands gisements plus au sud dans cette même région, ainsi que les prospections dans d'autres parties du Canada, indiquaient qu'il serait nécessaire d'assurer l'enrichissement des minerais. C'était déjà la conclusion atteinte par la Direction des Mines dans la période de Haanel et McLeish, pour les régions beaucoup plus restreintes prospectées alors, dont une bonne partie avait été marquée par magnétomètre dans les régions accessibles du Canada à l'est de la frontière du Manitoba, jusqu'aux Maritimes. Certains des minerais de fer provenaient de gisements qui avaient été évalués au début de la Direction des Mines, tels que Moose Mountain dans le nord de l'Ontario et Texada Island en Colombie-Britannique. Pendant les années 50, plusieurs compagnies comme Inco, Falconbridge, Noranda et Cominco se mirent à préparer du fer comme sous-produit de leurs opérations. De plus, des minerais fer-titane, fer-manganèse et fer-soufre furent soumis à la Direction des Mines pour l'évaluation des méthodes d'enrichissement. Au fil des années l'industrie soumit en nombre des minerais de fer qui présentaient non seulement une faible teneur en fer mais également d'autres métaux qui exigeaient la mise au point d'organigrammes complexes. Les besoins de l'industrie dans le domaine de l'enrichissement se voient par le grand nombre d'études de minerais de fer exécutées par la Direction des Mines au cours de la période 1950-1962, avec un maximum de 28 en 1960, sur un total de 68 études de minerais métalliques. Pendant cette période, Downes, chef de la Division de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés, proposa une méthode de récupération du soufre pour les minerais nickel-fer du nord de l'Ontario. A cette époque, le soufre était assez rare, mais la situation changea rapidement lorsque de grandes quantités furent disponibles grâce à la production de gaz naturel acide dans l'ouest du Canada. La méthode Downes faisait usage d'une lixiviation sous pression de la pyrrhotite, produisant un oxyde de fer avec 5 à 10% de soufre, qui après frittage, produisait une qualité acceptable de concentré de fer. La pyrite, naturellement, constituait une autre source de fer après frittage.

Division du Traitement des minéraux (Minerais ferreux)

La Division de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés continua jusqu'en 1959 à exécuter un enrichissement par broyage, séparation par gravité et flottation, concentration magnétique et frittage. Après cette date, la Division du Traitement des minéraux, avec pour chef L.E. Djinghezian, fut responsable des études d'enrichissement des minerais de fer et autres minerais métalliques, mais les études de fusion et de corrosion furent assignées à la Division de la Métallurgie extractive. Un total de 149 échantillons, gros et petits, de minerai de fer soumis par l'industrie firent l'objet d'études au cours de la période 1940-1975, la plus forte proportion étant

soumise de 1950 à 1965 (116). Environ la moitié des échantillons provenaient de l'Ontario, ce qui répétait la situation qui prévalait du temps du docteur Haanel. Il y avait de bonnes raisons de rechercher des sources de minerai de fer à proximité des installations sidérurgiques et des marchés; malgré tout, les sources, bien que nombreuses, étaient de petite étendue et de faible teneur, et tous les minerais exigeaient un enrichissement.

Des travaux considérables furent effectués sur les minerais provenant des grands gisements du Québec-Labrador, le premier échantillon étant reçu en 1946. Environ 20% des échantillons provenaient du Québec, y compris de la région de l'Ungava, et plusieurs échantillons provenaient de la région de l'amiante dans l'Estrie; dans ce dernier cas, l'objectif était la récupération de fer et de nickel dans les résidus d'amiante. Environ 15% des échantillons, reçus principalement après 1950, provenaient des Prairies, des Territoires et de la Colombie-Britannique. Deux échantillons - un minerai de faible teneur provenant de l'Alberta et un minerai de teneur moyenne de l'Île de Baffin, aux T.N.O. - serviront d'exemples contrastants des travaux de recherche et de développement poursuivis au cours de cette période.

Le premier examen d'un minerai oolithique siliceux d'un grand gisement à faible teneur du district de Peace River de l'Alberta eut lieu en 1956. La concentration par gravité n'ent pas de succès. Le grillage réducteur, suivi d'une concentration magnétique, produisit un concentré de fer à 50%. Le flottation du minerai déboué produisit un concentré de fer à 36.5%. A l'heure actuelle les travaux se poursuivent sur ce minerai.

Des superconcentrés furent produits à partir d'échantillons de grappin provenant de l'Île de Baffin, aux T.N.O., par scheïdage magnétique à 10 mailles, avec rebroyage du concentré à 65 mailles, puis par reconcentration, donnant un produit contenant plus de 69% de fer avec moins de 2% de silice. Les méthodes d'enrichissement amélioré mises au point à la Direction des Mines, y compris le broyage fin suivi de flottation ou de concentration magnétique à forte et faible intensité, coïncidaient avec un développement d'intérêt pour l'utilisation de superconcentrés, caractérisés par une proportion de fer supérieure à 70% et une proportion de silice inférieure à 2%, dans les procédés de réduction directe, plus particulièrement pour la production de poudre de fer. Certains métallurgistes, comme le docteur J.H. Walsh, qui entra à la Direction en 1955, prédisaient la production de feuilles d'acier à partir de poudres.

Les agents qui s'occupèrent particulièrement de ces études furent: avant 1950, A.K. Anderson (1916-1953), W.S. Jenkins (1930-1964), J.D. Johnston (1925-1960) et K.N. Stewart (1941-1943); après 1950, Jenkins, Johnston, Bruce, G.O. Hayslip (1948), R.A. Elliott

(1948-1952), D.E. Pickett (1954-1974), S. Chwastiak (1955-1958) et P.D.R. Malby (1959-1964); après 1965, G.O. Hayslip (1948-), D. Raicevic (1966-), I.B. Klymowsky (1968-), et G.W. Riley (1964-).

Comme par le passé, l'usine était à la disposition de l'industrie. Le personnel de la Direction des Mines prêtait une assistance technique au personnel résident de l'industrie, selon les besoins. L'année de pointe dans ces travaux de coopération fut 1957, année où des métallurgistes de 23 compagnies purent tirer parti de ces installations et collaborer avec les ingénieurs de la Direction à divers projets, y compris des études en usine-pilote d'échantillons allant jusqu'à 100 tonnes. En 1959, on traita un échantillon ontarien de 1500 tonnes de minerai à forte teneur en silice; le concentré fut expédié à Niagara Falls, en Ontario, pour fusion par le procédé Strategic Udy. On traita également 400 tonnes de minerai québécois, avec expédition de concentrés à 71% de fer à Trois-Rivières pour fusion. Il est nécessaire de préciser le fait que ces travaux de coopération portaient sur une gamme variée de métaux et minéraux, dont plus de la moitié était des minerais de métaux communs, particulièrement le cuivre et le nickel, qui comme le fer et les métaux en général, connaissaient une période florissante. Dans les années 60, la "ruée vers le minerai de fer" diminua, et la plupart des demandes d'aide technique de l'industrie s'occupaient plutôt d'améliorer la teneur des concentrés produits à partir de minerais à faible teneur en fer et haute teneur en silice, phosphore ou titane; le but était de qualifier les matériaux enrichis, sous forme de concentré ou de boulettes, pour l'alimentation des hauts-fourneaux ou pour la production directe de fer, la métallurgie des poudres et la fabrication de pigments. Pour satisfaire à ces besoins, un programme de recherche en flottation fut lancé en 1962 dans la Division du Traitement des minéraux.

Recherche en Traitement des minéraux

Le Laboratoire de recherche sur les minéraux métalliques fut établi en 1963, pour des recherches sur les éléments de base de préparation des minerais, comportant des installations de broyage, de flottation et de filtrage. Une proportion considérable des minerais étudiés dans ce laboratoire étaient des minerais ferreux.

On entreprit une étude de flottation sur les dérivés des hydrates de carbone comme dépressants pour les oxydes de fer: on choisit six agents de flottation de structure moléculaire différente pour déterminer leur effet sur la tension de surface, leurs caractéristiques d'adsorption et leur influence sur la flottation cationique. L'hydrochlorure de dodécylamine se révéla être un dépressant efficace, particulièrement pour l'hématite. "Study of dodecylammonium chloride on a labradorite" par T. Takamori (Fellow postdoctoral du CNR) et L. Sirois (Journal Mining & Metall Inst Japan, vol. 83, no 945, 1967).



A. Boissonnault règle le broyeur à impact avant traitement d'un minerai de fer du nord de l'Ontario

Le problème, dans la flottation des minerais après broyage fin, était la production de quantité excessive de boues, qu'il était nécessaire de disperser pour produire des surfaces propres susceptibles de réagir avec les collecteurs cationiques utilisés dans les procédés de flottation. Ceci conduisit à l'étude de phénomène électrochimique de la "couche double" et d'établir le point de charge zéro à la disparition de la couche. Ce paramètre était important, parce que toute modification spécifique devait être induite à la surface d'un solide. Deux rapports furent publiés pendant la période en question: "Experimental flotation cell" (MB RR 135, 1964) et "Simple low-rate feeder for water-insoluble flotation reagents" (MB TB 81, 1966) tous deux par L.L. Sirois et T. Takamori.

La recherche sur la flottation dans ce laboratoire se transforma en une étude fondamentale, dont l'objectif était d'améliorer la sélectivité du procédé, pour la récupération de minéraux finement divisés, dans la gamme d'1 à 20 millimicrons. On effectua des études sur la formation et le comportement des bulles, sur les caractéristiques électriques de surface des minéraux et sur le remplacement des ions de surface, mesurés par des électrodes à ions spécifiques. Un appareillage automatique fut fabriqué, permettant d'enregistrer le changement de pH lors de l'addition d'agents acides ou basiques, à partir duquel on pouvait calculer des modifications de la surface du minéral: "Development of an automated potentiometric titrator for the study of suppresser le chevauchement phenomena" par L.L. Sirois, G.E. Alexander, A.P. Page et A.A. Winer (1962) (CIM Bull, pages 410-414, avril 1969). L'étude des

caractéristiques des bulles concernait la mesure du potentiel de courant et de la charge de bulle, démontrant que pour des conditions hydrodynamiques fixes, les interactions électrostatiques simples entre bulles et particules jouaient un rôle important dans la flottation: "Role of gas bubbles in flotation of quartz" par H.P. Dibbs, L.L. Sirois et R. Bredin (1961-), publication conjointe des divisions de Sciences minérales et du Traitement des minéraux (MB RR 248, 1972). Une étude fut lancée dans le but d'appliquer le principe de flottation à la concentration par gravité pour étudier l'influence des caractéristiques de surface des minéraux sur le comportement dans la concentration sur table. On poursuivit, jusqu'à la fin de 1972, la recherche sur des méthodes de mesure et de contrôle de la concentration des ions métalliques dans les boues de flottation, ainsi que l'évaluation de nouveaux agents de collection.

La filtration, assignée au docteur N. Németh (1964 - 1973) fit l'objet d'une étude, avec examen des documents publiés en 1966 (MB IC 180). Un programme expérimental fut alors lancé, pour lequel il y aurait un passage continu d'eau à travers un lit poreux. Cette étude démontra une baisse légère mais progressive du



L. Sirois détermine les caractéristiques électriques des minéraux dans le cadre de la recherche sur la flottation (Étude de l'électrophorèse) (Photo - George Hunter)

taux de filtrage, approchant un taux constant. Les tests étaient effectués sous vide, mais les mesures de débit se faisaient à la pression atmosphérique. Un certain nombre de facteurs contrôlant la séparation liquide, y compris les propriétés électriques de surface et la vibration ultra-sonique, furent étudiés. On fit usage de méthodes photographiques pour mettre au point une explication de la réduction du taux de filtrage; cette explication indiquait que les gaz produits à partir des solides et des liquides restreignaient la séparation solide-liquide. A la suite des tests de laboratoire, on choisit des tissus de filtrage en fibre synthétique pour essais à la Iron Ore Company of Canada et à Hilton Mines, sur une période de plusieurs mois. Les résultats furent apparemment non concluants. Après quelques travaux de laboratoire supplémentaires, le projet fut arrêté en 1972: "Role of the filter medium in continuous vacuum filtration: an intralocular approach" par N. Németh et L.L. Sirois (Trans Soc of Min Eng., AIME, vol. 247 pp. 104-108, 1970), et "Filtration: basic mechanisms and the medium" par N. Németh (Can Min Journal, pp. 71-76, juin 1970).

La Direction des Mines avait toujours porté son attention sur le broyage des minerais et minéraux, car il s'agit de la première étape, et de la plus coûteuse, dans le traitement, après le concassage grossier des minerais. On avait toujours suivi de près les innovations et améliorations des procédés. Ainsi, après la Seconde Guerre mondiale en 1948, on installa à titre expérimental un système de broyage à sec Aerofall, avec séparateur à air pour le traitement des fines. Djingheuzian accorda une attention particulière au broyage; par exemple, il étudia l'influence de la température sur le rendement du broyage (Trans CIM vol. 57 pp. 57-168, 1954). A la demande de l'industrie, il établit un ensemble de normes pour la standardisation des filtres de l'industrie minière (MB TP 16, 1956, par J. Brannen (1948 - 1958) et L.E. Djingheuzian). Il collabora avec M.A. Twidale (1958 - 1971), conseiller du Directeur pour les Mines, dans la corrélation des procédures de comminution par forage et explosion, avec celles par broyage (Quarterly Colo Sch Mines. Vol. 54 3, pages 43-60, 1959). Il organisa également un forum sur le broyeur à billes sans cataracte en 1958 (Trans CIM vol. 61 pages 269-278, 1958). On fit des tests de broyage autogène, sur un échantillon de 154 tonnes de minerai en 1958, avec analyse d'un volume considérable de données, démontrant que cette installation avait un bon rendement comme broyeur.

Un projet expérimental de broyage fut lancé en 1966 par le Laboratoire de recherche sur les minéraux métalliques. On utilisa une installation de broyage à billes de 20 x 30 pouces, avec une alimentation constituée, au début, de calcaire, puis de quartz. L'étude était conçue pour mesurer les variables suivantes en broyage continu à circuit ouvert: type et charge du médium (bille ou galet), distribution de taille dans la méthode de décharge du médium, hauteur des barres de levage, taille et débit de l'alimentation, vitesse du

système et densité de la pulpe. On prépara des programmes d'ordinateur pour les calculs. A partir des résultats obtenus on traça des courbes logarithme de taille/fréquence pour faciliter la comparaison. Les études firent l'objet d'un rapport à l'assemblée de 1966 des Industriels du traitement des minéraux au Canada, et au Commonwealth Mining and Metallurgical Congress à Londres en 1969, sous les titres suivants: "Grinding studies to determine variables affecting size distribution" par T. Nagahama, L.L. Sirois et D.E. Pickett (Proc of 5th Annual Meeting of the Canadian Gold Metallurgists (Canadian Mineral Processors) pp. 98-114, janvier 1968, et "Study of grinding parameters by statistical analysis" par T. Nagahama, L.L. Sirois et D.E. Pickett (Proc 9th Commonwealth Mining and Metallurgical Congress, vol 3 pp. 603-630, Londres).

En 1969, l'International Organization for Standardization établit un groupe de travail du Comité technique 102 (Méthodes d'analyse chimique du minerai de fer) sur les normes de criblage du minerai de fer. Un programme intensif fut exécuté par Pickett avec l'aide de G.W. Riley (1964-); Pickett fut nommé président en 1970, en raison de ce travail, et le groupe de travail devint le Comité de Standardisation 4. Des travaux ultérieurs furent exécutés en préparation de l'Assemblée de l'ISO à Tokyo en 1972. Quatre documents furent présentés à cette rencontre, portant sur les machines de criblage, le criblage de minerais de plus d'un pouce, l'échantillonnage de minerais de plus d'un pouce et le caractérisation des minerais "boueux".



D. Pickett

Organisation de la Division du Traitement des minéraux, 1959

Le groupe d'origine de la Division du Traitement des minéraux, formé en 1959 à partir des divisions de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés, et des Minéraux industriels, était le suivant: Chef de division - L.E. Djingheuzian (1948 - 1968); Chef de la subdivision des Minéraux métalliques - W. Hutchings (1943 - 1964); Chef de la subdivision des Minéraux industriels: H.M. Woodrooffe (1946 - 1974).

La subdivision des Minéraux métalliques comportait deux sections principales: Métaux ferreux et peu communs, dirigée par D.E. Pickett (1948-1949 et 1954-1974), et Métaux non ferreux, dirigée par 1959 étaient W.S. Jenkins (1930-1964), P.D.R. Maltby (1959-1964) et L.L. Sirois (1961-). Hutchings prit sa retraite en 1964 et Malby donna sa démission. Pickett devint chef de la subdivision des Minéraux métalliques, poste qu'il occupa jusqu'à sa retraite en 1974. Sirois fut nommé chef du Laboratoire de recherche sur les Minéraux métalliques en 1963, poste qu'il occupa jusqu'au moment où il devint chef d'activité dans le Programme des Minéraux à la réorganisation de la Direction des Mines en 1975.

Pickett, après avoir obtenu son diplôme de l'Université de l'Alberta, passa quelque temps à la fin des années 40 dans la Direction des Mines, puis entra à la Cominco pour environ cinq ans. Il avait un bon sens de l'industrie, et il avait de bonnes relations. Quand



J.A. Fournier (Photo - NFB)

Djingheuzian prit sa retraite en 1966, après un an environ comme conseiller, Pickett assumait la responsabilité antérieure de Djingheuzian, qui remontait à 1953, savoir la préparation d'un examen annuel des progrès techniques dans la métallurgie de la préparation et des procédés, pour le numéro de revue annuelle du Canadian Mining Journal. A la retraite de W.S. Jenkins en 1964, après 34 ans de service dans la Direction des Mines, le dernier ingénieur de la génération d'avant guerre dans la préparation des minerais était parti. A.K. Anderson prit sa retraite en 1964, ayant connu la plus longue durée de service avec 37 ans, et J.D. Johnston prit sa retraite en 1960, après 35 ans. La liste du personnel de la Section des Métaux non ferreux sera donnée plus tard.

Recherche en chimie et en spectrographie

Les laboratoires de chimie de la Division de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés, successeurs des laboratoires de la Division des Minéraux métalliques, qui avaient été fondus avec l'originale Division de la Chimie en 1936, s'occupaient d'une gamme variée de travaux analytiques, depuis les matières premières jusqu'aux produits vendables de minéraux et de métaux - analyse de minerais, de résidus, de scories, etc. On se rappellera que ces laboratoires devaient également satisfaire aux besoins de la Division des Minéraux industriels, et fournir quelques analyses pour les divisions des Carburants et de la Radioactivité et pour d'autres organismes du gouvernement. De plus, des travaux importants sur recherche et développement ont été effectués sur



R.J. Stalwood (1948-52) travaillant à l'analyse spectrographique (Photo - ONF)

l'amélioration et la mise au point de nouvelles méthodes.

Groupe de chimie, 1951, chef - J.A. Fournier, (1937-1954), R.A. Rogers (1924-1956), A. Sadler (1919-1954), J.S. McCree (1930-1969), S.R.M. Badger (1930-1966), W.L. Chase (1942-1966), R.C. McAdam (1945-), D.J. Charette (1946-), J.F. Fydell (1949-), G.H. Faye (1950-), R.G. Sabourin (1950-), L.G. Ripley (1950-), H.R. Lauder (1950-), E.H. MacEachern (1955-) et R.W. Buckmaster (1955-1972).

Cette liste montre que les laboratoires perdirent beaucoup d'employés de longue date pendant une de leurs périodes les plus actives. En 1959, avant le transfert à la Division des Sciences minérales, la plupart des "anciens" étaient partis. W.R. Inman fut nommé chef en 1956, avec Chase comme premier adjoint.

Etant donné la demande d'analyse provenant du côté de la métallurgie ferreuse, on consacra beaucoup d'efforts à améliorer la précision et la rapidité des procédures d'analyse. On introduisit des équipements améliorés, faisant usage de photométrie, colorimétrie et polarographie. On entreprit des programmes de recherche comme la séparation de nodules dans le procédé à fonte nodulaire, dans une technique de dosage du magnésium utilisé dans le procédé. La substitution du bore aux métaux d'alliage rares dans l'acier exigeait un dosage précis de la concentration de l'élément, qui fut réalisée par combinaison de distillation à décomposition et d'utilisation de résines à échange d'ions, avec un dosage final par spectrophotométrie.

En 1949 fut préparé l'article "Methods of analysis of iron and steel used at the Mines Branch", qui conduisit à la publication d'un livret décrivant les analyses de 22 constituants du fer, de l'acier et des alliages ferreux. Cette publication attira l'intérêt non seulement au Canada, mais également dans d'autres pays, et une version révisée fut publiée en 1953: "Methods of analysis of iron and steel used at the Mines Branch Laboratories" par J.S. McCree (MB Memorandum Series 119, 1953). A titre d'exemple de la charge d'analyse: dans l'année fiscale 1949/50, les laboratoires analysèrent environ 2700 échantillons métalliques, comportant environ 11 000 dosages, et près de 4900 échantillons de minéraux exigeant environ 24 000 dosages.

Le Laboratoire de spectrographie faisait également des progrès, avec l'augmentation constante des déterminations entièrement quantitatives. Pendant la période allant jusqu'en 1959, les laboratoires de minéragraphie et de spectrographie étaient séparés, mais dirigés tous deux par Maurice Haycock. En 1959, Haycock devint chef de la Section de Minéralogie de la Division des Sciences minérales, et le docteur A.H. Gillieson (1959-1975) fut nommé chef du Laboratoire de spectrographie. Comme on l'a noté ci-dessus, les deux

laboratoires faisaient partie de la subdivision de la chimie analytique, dont le chef était W.R. Inman.

Il y a lieu de noter que le succès des programmes de recherche et de développement de la Direction connut une expansion considérable au cours de la période d'après guerre, et dépendait essentiellement de l'appui des laboratoires, qui eux-mêmes profitaient d'une mise à jour d'appareils et de méthodes, nécessitant des recherches considérables, dont une bonne partie n'est pas notée dans les documents scientifiques.

Le traitement thermique des minerais et des concentrés par grillage et frittage, en tant qu'étapes d'enrichissement, fut pratiqué sans interruption dans les activités de recherche et de développement de la Direction des Mines à partir de la Première Guerre mondiale, mais à partir de 1913, la fusion électrique ne constituait plus le projet principal. Comme on l'a décrit au chapitre 4, Traill reprit la recherche sur le fer en 1921, dans le cadre d'un programme plus général de recherche et de développement en hydrométallurgie sur l'extraction du fer et du titane à partir des minerais titanifères. Avec la formation de la Section du Fer et de l'Acier dans les Laboratoires de la préparation des minerais et de la métallurgie en 1928, et la nomination de T.W. Hardy comme chef, on voit renaître un intérêt pour l'enrichissement des minerais de fer par méthodes thermiques, et une extension de la recherche et du développement dans le domaine de la réduction et de la fusion directe du minerai de fer. On installa à l'époque un four à arc de 60kVA. Malheureusement, Traill et McClelland devaient être transférés aux travaux sur les minerais radioactifs en 1931. Il s'agissait des années de la Dépression, et des restrictions étaient imposées à l'engagement de nouveaux employés. Lorsque Hardy donna sa démission en 1934 pour entrer à la Atlas Steel Company, la recherche dans le domaine de la métallurgie ferreuse primaire fut réduite en faveur des recherches en métallurgie physique, apparentées en grande partie aux travaux de métallographie et de diagnostic, jusqu'au début de la guerre, où l'effort d'ensemble passa à la métallurgie physique.

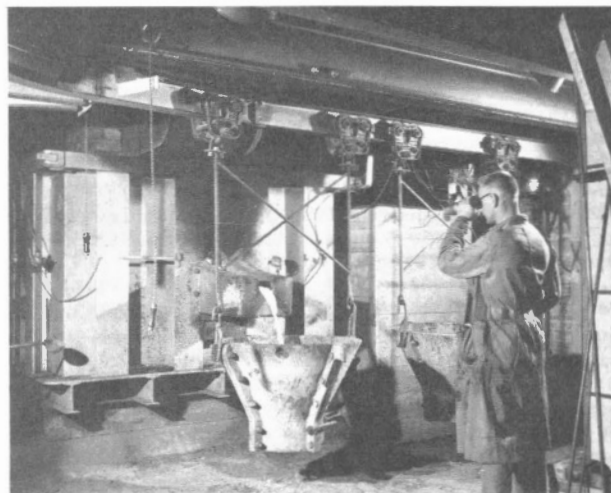
De rapides développements des activités minières dans les années 50 sur les minerais ferreux, en conjonction avec la polémique concernant le rôle des hauts-fourneaux, suscitèrent un renouvellement d'intérêt dans les méthodes de réduction directe du fer, et de fusion par d'autres méthodes que les hauts-fourneaux. Un examen d'ensemble de l'état d'avancement de la réduction directe du minerai de fer fut entrepris en 1958 par le docteur R.R. Rogers, chef de la Section de la Métallurgie chimique de la Division de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés. Il décrit huit procédés faisant usage de lits fluidifiés, de cheminées verticales, de cornues ou de fours rotatifs pour le traitement. Parmi ces méthodes, le procédé à four continu Strategic-Udy était canadien, et

fonctionnait à l'échelle de l'usine-pilote à Niagara Falls, en Ontario (MB IC 109, 1958).

Gertsman, de la Division de la Métallurgie physique, participa à un symposium du CIM sur le minerai de fer au Canada, et contribua au document "Smelting of iron ore" (CIM Bull, pp. 221-226, avril 1955). La Division de la Métallurgie physique exécuta entre 1959 et 1961 une étude sur le fer produit par réduction directe par la Strategic-Udy (minerai chrome-fer), la Freeman Corporation et la Quebec Iron and Titanium Corporation. On effectua des fusions en four électrique à partir de ces échantillons de fer, avec des pourcentages d'éléments résiduels plus faibles que dans la ferraille normale. Dans le cas de l'échantillon Strategic-Udy, on fabriqua un acier inoxydable à 12% de chrome à partir du minerai chrome-fer sans addition supplémentaire de ferro-chrome. Le minerai de fer pour le traitement direct n'était généralement pas très accepté, parce que les ferrailles d'acier étaient considérablement meilleur marché. La Division des Carburants effectua quelques recherches sur la réduction directe du fer, avec un accent particulier sur le rôle du charbon, lesquelles seront mentionnées dans la section sur les "Carburants".

Les installations de fusion électrique furent agrandies dans la Section de la Métallurgie chimique de la Division de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés, par l'installation, en 1953, au 552 rue Booth, d'un four à arc électrique de 250 kVA, dont on a déjà fait mention dans le programme sur le titane. Un des objectifs de ce projet était d'encourager les petits producteurs de concentré de minerai de fer à effectuer la fusion au Canada; c'était là, on s'en souviendra (Chapitre 3), un des objectifs du docteur Haanel dans ses premiers travaux sur le fer. Pendant cinq ou six ans, le four fut beaucoup utilisé dans les projets de la Direction des Mines, ainsi que par l'industrie. Il s'agissait d'une période très active pour Rogers et son groupe. On traita divers minéraux, des concentrés de fer, titane, manganèse, et même des résidus de mine, comme ceux provenant des mines d'amiante. On produisit de la fonte et plusieurs alliages ferreux comme le ferromanganèse, le ferrosilicium, le ferrochrome et le ferronickel. Vers le début des années 60, les hauts-fourneaux reprirent leur rôle d'unités principales de production du fer et le four électrique conserva sa fonction principale relative à la fusion.

En 1951, le groupe de la métallurgie chimique, qui était responsable de la pyrométallurgie et de la corrosion, était composé de R.R. Rogers (1944 - 1969), G.E. Viens (1945-), W. Dingley (1945-), G.V. Siriani (1939-), et J. Fydell (1949-). Avant 1959, date à laquelle ce groupe fut affecté à la Division de la Métallurgie extractive, et rebaptisé Section de la Pyrométallurgie et de la Corrosion, les personnes suivantes furent recrutées: R.A. Campbell (1950-), I.I. Tingley (1953-1964), G.N. Banks (1953-), et le



N. Banks vérifie les températures de laitier au pyromètre optique dans le four à arc de GokVA (Photo - George Hunter)

docteur J.H. Walsh (1955-1974). Au cours de la période de la Division de la Métallurgie extractive, il y eut quatre nominations supplémentaires: V. McLeod (1960-1974), J.C. Saiddington (1961-), R.L. Sachdeva (1962-1967) et le docteur A.W. Lui (1964-). À la demande de la Division des Carburants, J.H. Walsh participa à un groupe de fusion de la Division des Carburants, formé en 1957 pour examiner le rôle des carburants dans les applications métallurgiques; en 1961, il fut transféré à la Division des Carburants et de la Pratique minière, en qualité de conseiller spécial en métallurgie des procédés pour le Directeur et pour la Division. Les aspects de ses travaux et de ceux de la Division qui concernent ce domaine feront l'objet d'un examen dans la section sur les carburants.

Après 1959, certains travaux de recherche et de développement furent effectués sur le traitement du minerai de fer par la Section de la Pyrométallurgie et de la Corrosion de la Division de la Métallurgie extractive; ainsi, en 1961, on fit un effort pour porter le pourcentage de fer dans les concentrés à 65%, niveau alors considéré acceptable pour l'alimentation des hauts-fourneaux à partir des abondantes sidérites à 35% de fer du Nord-Ouest de l'Ontario. L'enrichissement s'effectuait dans un four rotatif. Le produit était composé de combinaisons d'oxyde ferrique et d'oxydes de manganèse, de magnésium et d'alumine connues sous le nom de spinels, qui étaient magnétiques et ne se prêtaient pas à la séparation. La silice était réduite à 0,6%, mais le pourcentage de fer dans le concentré n'était que 56-57%.

En 1963, un programme fut entrepris sur la

formation de boulettes de fer, comportant une étude des publications techniques par Banks, Campbell et Viens. Des travaux furent effectués sur la production et l'évaluation des boulettes standard, ainsi que sur l'étude de certains des facteurs de contrôle, comme la surface spécifique d'une boulette et le choix de liants pour augmenter la résistance des boulettes neuves: "Iron ore pelletizing, a literature survey" par G.N. Banks, R.A. Campbell, et G.V. Viens (MB IC 152, 1963).

Au début des années 60, l'intérêt porté par l'industrie à la fusion électrique des minerais ferreux disparut, et ceci permit à la Section de la Pyrométallurgie et de la Corrosion de la Division de la Métallurgie extractive de se lancer, en 1964, dans un intéressant projet à long terme, qui se poursuit encore au moment de la rédaction.

L'idée était de combiner le four à arc électrique de 250-kVA avec un fourneau à cheminée superposée, dans lequel les matières servant à l'alimentation viennent du haut et sont ainsi préchauffées et partiellement réduites par les gaz d'échappement chauds du four électrique et par combustion de gaz naturel additionnel dans la cheminée. Ce programme connut un progrès assez lent, en raison de problèmes considérables de conception, par exemple les dispositions pour une alimentation continue de la cheminée, le transfert et la distribution homogène de l'alimentation dans le four électrique et la main-d'oeuvre assez réduite. Toutefois, diverses campagnes de traitement avec des boulettes de minerai de fer démontrèrent qu'il s'agissait d'un procédé de conversion à bon rendement, tant du point de vue métallurgique que du point de vue énergétique: on réalisait dans la cheminée environ 20% de réduction d'alimentation, et la production totale était presque doublée, au niveau de fonctionnement maximum du four à arc électrique de 250-kVA, par comparaison avec le fonctionnement sans cheminée: "Development of a combination shaft and electric furnace" par R.A. Campbell, G.V. Sirianni, G.N. Banks, R.L. Sachdeva et G.E. Viens (CIM Bull, pp. 174-178, février 1968).

Chimie physique et des cristaux

Cette section, avec pour chef le docteur A.T. Prince, assisté de deux professionnels, le docteur S.A. Forman (1949 - 1955 et 1964 - 1966) et le docteur P.D.S. St. Pierre (1948-1955), s'occupait au départ d'études sur les matériaux réfractaires, y compris l'étude spécifique d'oxydes métalliques réfractaires comme la silice, l'alumine, etc. En 1948, un laboratoire de diffraction aux rayons X était établi par le CNR sur la rue John à Ottawa, pour l'étude des oxydes réfractaires, en relation avec le projet sur l'énergie atomique. Ce laboratoire fut transféré en 1949 à la rue Booth, pour aider le projet de la Direction des Mines. En 1950, on installa un appareillage DTA (analyse thermique différentielle) qui permit au groupe d'entreprendre une vaste gamme d'études dans le domaine de la

chimie minérale à haute température.

En 1950, on lança deux études contrastantes qui concernaient le fer et l'acier. Premièrement, on inaugura un programme de coopération avec la Commission géologique sur l'examen des schistes provenant des gisements de fer du Québec-Labrador, qui faisait usage de l'appareil DTA dans l'air et l'azote, pour aider à la corrélation stratigraphique de terrains présentant des perturbations structurales dans les formations porteuses de fer. "Study of some shales from the Quebec-Labrador iron ranges" par S.A. Forman (Div. Research Report MD No 126, 1952). Les mêmes techniques furent utilisées pour aider un grand producteur de minerai de fer à mettre au point un procédé d'enrichissement de son minerai. Certaines recherches, y compris la mise au point d'instruments, furent entreprises pour déterminer les températures de dépôt des minéraux contenus dans un gisement de minerai; ceci fournissait pour ainsi dire une histoire géologique à la recherche du minerai. Toutefois, étant donné les demandes imposées au groupe par d'autres projets, et peut-être du fait du caractère non concluant des résultats, le projet fut interrompu en 1954. Il faut noter qu'en 1949 et 1950 un projet du Laboratoire de minérigraphie constituait une étude géothermométrique, avec des appareils conçus et construits dans le laboratoire, pour déterminer la température de dépôt de divers minéraux hydrothermiques à la mine Eldorado de Port Radium. Certains indices de séquence de dépôt furent obtenus, mais aucun rapport ne fut publié.

Deuxièmement, en 1950 furent entreprises des études dans la Section de la Chimie physique et des cristaux, étudiant les propriétés physiques des scories, pour déterminer des méthodes de contrôle des scories et des facteurs affectant l'extraction du soufre par réaction scorie-métal. On prépara des compositions typiques de scories de haut-fourneau et de four à sole ouverte, pour déterminer les points de fusion et la séquence de cristallisation. Comme il s'agissait principalement de sulfures de calcium, de manganèse et de fer dans les réactions de désulfurisation produites dans le fer et l'acier, on prépara des échantillons purifiés de ces composés, et on lança des études sur des méthodes rapides de contrôle de la composition des scories. On détermina les facteurs principaux dans la relation entre la composition des scories et le point de fusion de la scorie. Dans le cas des scories basiques de four à sole ouverte, les expériences destinées à démontrer leur état aux températures de fabrication de l'acier indiquaient la présence de quantités importantes de constituants non dissous dans les scories formées en dernier par les traitements au four à sole ouverte. Cette recherche démontra que les réactions qui se produisent entre les scories et les métaux liquides dans les fours à sole ouverte sont plus complexes qu'on ne le suppose en général.

On effectua beaucoup de travaux d'évaluation et d'amélioration du contrôle des scories dans les fours à

sole ouverte: "Evaluation of the pH and conductivity methods of slag control" par P.D.S. St. Pierre (Trans Metals Branch of AIME, p. 41-43, vol. 197, 1953 (Journal of Metals, janvier 1953)).

En réponse à la demande de l'industrie, on effectua une étude sur l'effet du pourcentage de magnésium sur les propriétés des scories de haut-fourneau. Les expériences indiquèrent qu'il est possible de substituer la dolomite au calcaire sans élever le point de fusion du laitier; ce résultat était important, dans la mesure où les réserves de calcaire étaient limitées, tandis que celles de dolomite ou de dolomite magnésienne étaient importantes.

On mit au point au laboratoire un procédé de fusion, de moulage et de consolidation de la magnétite, pour produire une masse dure et dense appropriée aux additions en four à sole ouverte. Après 1952, une bonne partie de l'attention du groupe fut détournée vers les projets sur le titane et l'uranium.

Recherche et développement en Métallurgie physique

Un programme sur la désulfuration du fer et de l'acier fut lancé dans la Division de la Métallurgie physique en 1954.

Un projet sur la fonte de fonderie (fer gris) fut exécuté au moyen de fer produit dans un four à arc électrique direct à revêtement acide de 500 livres. L'objet était de comparer les propriétés désulfurantes de la cendre de soude, de la soude caustique, du carbure de calcium, du cyanamide de calcium et de la chaux utilisés comme laitier de cuillère. Les additions étaient effectuées dans le courant d'écoulement du fer à 1500°C. La réduction du soufre allait de 4% à 80%: "Five ways to desulfurize in the ladle" par D.E. Parsons et S.L. Gertsman (American Foundryman, vol. 27 pp. 60-67, juin 1955).

On poursuivit pendant plusieurs années un projet important sur l'acier, dans lequel on effectuait la désulfuration de l'acier tant basique qu'acide dans une cuillère de traitement ou dans un four à arc direct de 500 livres, par injection de chaux calcinée ou d'un mélange de chaux et d'un alliage 50% aluminium - 50% magnésium sous la surface du métal fondu. On utilisait comme gaz porteur l'argon, l'azote ou le gaz carbonique.

On effectua la désulfuration à 60% de lots de fusion de 500 livres d'acier basique à partir d'une concentration initiale de soufre de 0,2%, par injection de 24 livres par tonne de chaux calcinée et 8 livres d'alliage aluminium-magnésium dans le métal sous laitier basique dans le four à arc, immédiatement avant l'écoulement. Le temps de traitement était de deux minutes. Les lots de fusion de 500 livres d'acier acide furent désulfurés jusqu'à 60% à partir d'une concentration initiale de soufre de 0,050%, lorsque l'on

retirait le laitier de four avant l'écoulement, avec traitement du métal par injection dans la cuillère pour des périodes de 30 à 90 secondes. La charge d'injection se composait de 18 livres par tonne de chaux calcinée et 6 livres par tonne d'alliage d'aluminium-magnésium. On obtenait une réduction de soufre d'environ 20% par injection de chaux seule. La technique d'injection pour désulfuration fut adoptée comme pratique standard dans l'industrie: "Desulfurization of steel by injection of lime and aluminum-magnesium alloy" par D.E. Parsons et S.L. Gertsman (AIME Proceedings of Electric Furnace Conference, décembre, vol. 16 pp. 283-300, 1958).

Les résultats de ce projet indiquèrent des possibilités d'économie pour l'industrie canadienne de l'acier représentant environ 3 millions de dollars sur une production de 2½ millions de tonnes d'acier par an, et une augmentation de 10 à 15% de la capacité de fusion d'acier du Canada.

ADDITIFS POUR LE FER ET L'ACIER

Ces métaux sont ainsi nommés parce qu'ils servent d'additifs pour le fer et particulièrement pour l'acier, et en moindre mesure pour les métaux non ferreux, dans la production d'alliages présentant des propriétés spécifiques pour une gamme étendue d'applications. Un grand nombre de ces additifs présentent d'autres utilisations industrielles. Les métaux à haut point de fusion comme le chrome, le molybdène, le niobium, le titane, le tungstène et le vanadium sont connus comme métaux réfractaires. Si un métal est malléable à haute température, comme le niobium, le titane, le tantale et le tungstène, il est dit réactif.

Au cours de cette période, ces métaux servaient dans la recherche de la Division de la Métallurgie physique sur les alliages ferreux. Pour maintenir l'approche par denrée, on groupe ces additifs dans cette section, à la suite de la section sur le fer et l'acier. Seuls sont décrits les additifs produits au Canada, qui firent l'objet de recherche et de développement non seulement dans la Division de la Métallurgie physique, mais également dans les divisions de la Direction s'occupant du traitement des minerais. Les exceptions sont le chrome et le manganèse, qui avaient été produits par le passé au Canada, comme le décrivent les chapitres 4 et 5; dans l'après-guerre, la Division de la Préparation des minerais et de la Métallurgie des procédés consacra un effort de recherche et de développement considérable au renouvellement de la production, par traitement chimique des minerais à faible teneur des deux métaux.

Chrome et Manganèse

Au cours de la Seconde Guerre mondiale, la production domestique de chrome et de manganèse était inférieure au niveau de la Première Guerre mondiale, en dépit des efforts de la Société des Métaux de Guerre

pour stimuler la production canadienne. De plus, le continent nord-américain manque de ressources de chrome et de manganèse, et la plupart des ressources présentes sont de faible teneur. L'utilisation principale de ces deux métaux est dans les alliages ferreux pour la production d'acier.

Le Canada dépendait des importations pour ses besoins de chrome et manganèse pendant toute la période à l'étude. Les données qui suivent indiquent l'importance approximative de ces besoins en 1969, vers la fin de la croissance rapide de l'industrie d'après-guerre. Les concentrations acceptables de chromite vont de 48% à 35% d'oxyde chromique, Cr_2O_3 , selon l'utilisation. En ordre décroissant d'importance en 1969, ces usages étaient: métallurgique, réfractaire et chimique. Les importations représentaient près de 42 000 tonnes courtes de chrome contenu dans les minerais et concentrés, et 25 000 tonnes de ferro-chrome et produits chimiques, principalement à partir des États-Unis et de l'Afrique du Sud, pour une valeur totale représentant environ 9,5 millions de dollars. Une forte proportion des minerais et concentrés de manganèse, provenant du Brésil, représentait près de 108 000 tonnes courtes de manganèse contenu, pour une valeur de 5,3 millions de dollars, et près de 30 000 tonnes brutes de ferro-manganèse et de silico-manganèse ainsi qu'une quantité de fer à haute teneur en manganèse ("spiegel-ensen", fer spéculaire) d'une valeur de 4 millions de dollars, soit une valeur totale de \$9,3 millions de dollars. Il y avait une exportation vers les États-Unis représentant 5500 tonnes courtes en poids brut, et une consommation domestique de 166 175 tonnes courtes de qualité métallurgique ainsi que 2300 tonnes de qualité réfractaire et chimique.

Ces deux métaux représentent la plus grosse consommation de métaux additifs dans la métallurgie canadienne, à l'exception du silicium, qui n'est pas un métal au sens strict, et du nickel qui a des fonctions tant d'additif que de base métallique. La Division de la Métallurgie physique fit un usage considérable du chrome et du manganèse dans sa recherche sur les alliages. On pourra noter que les concentrations de chrome dans les alliages d'acier varient de moins de 1% à 35%. Le manganèse est le métal d'alliage le plus largement utilisé dans l'industrie des métaux ferreux, et il est également utilisé dans les métaux non ferreux tant lourds que légers.

En ce qui concerne le chrome, l'industrie métallurgique exigeait un pourcentage d'oxyde chromique de 48%, avec un rapport Cr-Fe de 3 à 1. Au Canada, les gisements de Bird River au Manitoba (Chapitre 5) furent découverts en 1942, et estimés à 10 millions de tonnes. Leur concentration était de 18 à 26% d'oxyde chromique, avec un rapport Cr-Fe variant de 1,2 à 1,5. Pendant la guerre, des essais de concentration à l'eau au Bureau des Mines produisirent un concentré contenant 41% de Cr_2O_3 .

Un des projets entrepris par Downes à son arrivée au Bureau des Mines en 1947 fut l'évaluation des méthodes de traitement chimique, dont il élaborait deux au laboratoire. Les deux procédés de la Direction des Mines étaient les suivants:

- (a) Le concentré de chromate broyé était mis en boulettes avec de la cendre de soude et de la chaux, et grillé à 850°C. Le chromate de sodium produit était lixivié à l'eau et cristallisé, séché et mélangé avec du charbon, pour être chauffé dans une atmosphère réductrice à 750°C. La récupération d'oxyde chromique était de 90%, et on récupérait également une partie de la cendre de soude. Le devis de coût pour le traitement du concentré de Bird River était de 15 à 20 dollars par tonne.
- (b) Le concentré de chromate finement broyé était soumis à la lixiviation par une quantité limitée d'acide sulfurique à haute température et haute pression. Le chrome et le fer étaient tous deux dissous; le chrome précipitait sous forme de sulfate basique insoluble, tandis que le sulfate de fer restait en solution. On pouvait extraire la grande quantité de soufre contenue dans le résidu par frittage. La récupération du chrome dépassait 95%, et le devis de coût était de 17,25 dollars par tonne.

D'autres méthodes élaborées à l'extérieur de la Direction, dans l'industrie et aux États-Unis, firent l'objet d'étude ou d'examen par Downes et Morgan, ainsi qu'un rapport en 1951: "Utilization of low-grade domestic chromite" par K.W. Downes et D.W. Morgan (MB Memorandum Series 116, 1951, réimprimé en 1958).

La dernière année de production de chromite canadienne fut 1949. Les gisements du pays ne pouvaient faire concurrence aux plus gros producteurs mondiaux - l'URSS et l'Afrique du Sud. Raicevic publia un examen des études de préparation de minerai de chromite dans la période 1918-1976 (117).

La situation du manganèse était semblable à celle du chrome. Au Canada le manganèse est, pour la plupart, associé à du fer, mais dans un pourcentage ordinairement inférieur à 5% du minerai. On indiquait qu'un gisement raisonnablement étendu de Woodstock, au Nouveau-Brunswick, avait un pourcentage de 11% de manganèse alors que la qualité métallurgique demandait 46 à 48% de manganèse, avec un pourcentage maximum de fer de 7%.

En 1954, à la demande de l'industrie du minerai de fer, on entreprit des recherches pour récupérer le manganèse à partir des oxydes (principalement la pyrolusite) associés à un minerai ontarien comportant 40% d'oxyde de fer, environ 4% d'oxyde de manganèse et 50% de silice. Un test d'enrichissement faisant usage d'un tamisage, d'un tablage, d'une opération de flottation et d'un traitement au cyclone hydraulique n'arriva

pas à produire à partir du minerai une qualité de concentré de manganèse propre à la fusion. Environ 3/4 du manganèse contenu dans le minerai d'origine était sous forme de fraction fine, ce qui suggérait la possibilité d'une lixiviation. On entreprit des recherches considérables pour mettre au point une méthode économique. Cette recherche produisit deux développements notables - premièrement l'utilisation d'un réactif bon marché, la pyrite de fer, assumant le double rôle de réduction et de dissolution dans un milieu aqueux aéré, la réaction ayant lieu à la température modérée de 90°C dans un réservoir pachuca, et deuxièmement la récupération de sulfate manganéux, non par évaporation, mais par précipitation thermique dans un autoclave, avec retour de la liqueur stérile pour traitement du minerai. Les résultats de cette recherche étendue, achevée vers la fin de 1956, furent présentés en 1957 au Symposium on Mineral Beneficiation and Extractive Metallurgy Techniques en Inde, et au 7ième Congrès annuel de la Division du Génie chimique de l'Institut chimique du Canada à Kingston. L'article présenté en Inde avait pour titre "Beneficiation, leaching and manganese sulphate recovery from pyrolusite type ore" par B.J.P. Whalley, D.E. Pickett, R.F. Pilgrim et T.R. Ingraham (Indian Mining Journal Special Issue, "Ores", p. 61-65, 68, 1957). On publia en 1958 un rapport de recherche sur la mise au point et la chimie du procédé de lixiviation indiqué ci-dessus: "Leaching of manganese from pyrolusite ore by pyrite" par G. Thomas et B.J.P. Whalley (MB RR 3, 1958).

Niobium (Colombium)

Le traitement des minerais complexes de niobium, ou colombium, fut entrepris pour la première fois en 1954 par la Division de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés. Au départ, on conclut qu'il serait nécessaire d'utiliser un traitement chimique, étant donné que les minerais complexes étaient de faible teneur. On essaya la lixiviation suivie d'une extraction liquide-liquide, mais ce procédé fut apparemment considéré comme trop coûteux.

En 1959, on appliqua avec succès la flottation continue, en on produisit des concentrés acceptables avec des niveaux de récupération d'environ 80%. Ceci fut démontré pour deux minerais, avec un total de 145 tonnes. On effectua en 1961 une étude minéralogique du minerai de niobium d'Oka, au Québec, mentionnée ci-dessus sous la rubrique Sciences minérales (MB TB 31). L'étude a dû apporter une aide considérable à la résolution des difficultés de traitement de ce minerai complexe. Egalement en 1961, on effectua des études pyrométallurgiques sur des concentrés à faible et forte teneur, contenant 33% et 48% de pentoxyde de niobium, avec l'aluminium comme réducteur. Ces minerais furent fondus dans le four électrique de 60 kVA. On produisit ainsi des alliages ferreux contenant jusqu'à 75% de niobium. Un autre procédé élaboré conjointement avec la Division de la Métallurgie physique consistait à utiliser des pastilles comprimées de concentrés de niobium

avec de l'aluminium et du ferro-silicium, pour addition directe au lot d'acier fondu. En 1962, on élaborait dans la Division de la Métallurgie extractive une méthode chimique améliorée (lixiviation et extraction liquide-liquide) à l'échelle du laboratoire, pour un produit contenant 99,5% de pentoxyde de niobium, à un taux de récupération de 90%: "Production of high-purity niobium oxide from pyrochlore-perovskite concentrate" par F.J. Kelly (1959-) et W.A. Gow (CIM Bull., pp. 843-848, août 1965, reproduit dans RS 24).

En 1963, on reprit le procédé de réduction par l'aluminium et fusion électrique du minerai de niobium dans le four à 60kVA, pour établir le rapport laitier-métal, et les points de fusion relatifs du laitier et de l'alliage. On produisit un ferro-niobium à 60%, avec un volume de laitier réduit contenant seulement 5% de niobium. Les systèmes binaires du pentoxyde de niobium avec la chaux et avec la silice firent l'objet d'études par Bright et ses associés dans la Division des Sciences minérales (MB RR 101, 1962).

A la date de rédaction de ce récit, la St. Lawrence Columbia and Metals Corporation est le seul producteur canadien, ayant commencé en 1961 avec une production annuelle d'environ 5 millions de livres. Le Canada est non seulement autonome quant au niobium, mais en exporte une quantité considérable, principalement vers les États-Unis. Un autre producteur, Niobec Inc., possédant une concession près de Chicoutimi, devait commencer la production en 1976.

Le ferro-niobium étendait ses applications dans l'industrie métallurgique, comme additif précieux pour la fabrication d'une gamme variée d'aciers, et plus particulièrement pour la classe à haute résistance et faible taux d'alliage. Une des plus importantes applications des aciers au niobium à faible taux d'alliage est la fabrication de plus en plus importante des pipelines, dans laquelle le rapport résistance poids est important: "Survey of niobium alloys and their strengthening mechanism" par D.C. Briggs (1958-), (MB IC 153, 1963).

Dans la Division de la Métallurgie physique, on poursuivit des recherches sur l'addition de niobium aux aciers au carbone pour utilisation structurale à basse température dans le nord du Canada, comme moyen d'éviter la fragilité et de maintenir la résistance, dans les applications tant civiles que de défense. Une caractéristique intéressante et particulièrement importante, découverte au cours de cette recherche, était que, par réduction de la température du traitement de finition (laminage) du métal, on pouvait obtenir une augmentation importante de la résistance à l'impact.

On pourra noter que la recherche effectuée fit usage de petites additions aux aciers au carbone d'éléments chimiquement assez semblables dans le tableau périodique des éléments, comme le vanadium et le niobium, le titane et le zirconium, et plus tard le



A.J. Williams effectue un traitement thermique sous vide d'un alliage au niobium à haute résistance (Photo - George Hunter)

hafnium. Cette recherche indiqua que les influences de ces éléments sur les propriétés des aciers présentaient des différences importantes.

Tantale

Bien que des échantillons de tantalite aient été reçus pour analyse et traitement au cours de la guerre et en 1951, aucun effort ne fut déployé par l'industrie jusque dans les années 60, peut-être en raison de la complexité et de la faible teneur des minerais, ainsi que des prix réduits du métal. Toutefois, en 1961, un échantillon de minerai de tantale provenant de Bernic Lake, Manitoba, fut concentré par gravité à la Division du Traitement des minéraux, produisant un concentré à 41% de pentoxyde de tantale, avec un taux de récupération de 33%. Comme on l'a mentionné ci-dessus, une étude minéralogique de ce minerai complexe fut effectuée par Nickel de la Division des Sciences minérales (MB TB 20, 1961). En 1967, une nouvelle étude en laboratoire fut entreprise, suivie d'une concentration par gravité en usine-pilote sur un échantillon de 75 tonnes. Sur la base de l'organigramme proposé, la Tantalum Mining Corporation of Canada mit au point une usine. En 1969, les premiers concentrés étaient expédiés, contenant 50% de pentoxyde de tantale. En

1970, première année de pleine production, la compagnie expédia plus de 300 000 livres de concentrés, dont la plus forte proportion alla aux États-Unis. Ceci représentait plus de 50% des importations américaines du métal. Une autre étude exécutée par Wyman à la Division du Traitement des minéraux dans le début des années 60, porta sur la récupération du lithium à partir du minerai complexe de Bernic Lake. Une forte proportion de l'utilisation mondiale de tantale se situe dans le domaine de l'électronique, particulièrement dans la fabrication de condensateurs, le reste étant utilisé dans les super-alliages, les équipements résistants à la corrosion et les carbures. En 1970, le prix de l'oxyde de tantale était de \$7,00 par livre, mais en 1975 il atteignait \$15,00.

La Division de la Métallurgie physique utilisa le tantale comme un des éléments d'alliage dans la recherche lancée en 1965 pour étudier l'effet des additions sur la corrosion de l'acier inoxydable à 17% de chrome, type AISI 430. Chacun des éléments - silicium, vanadium, germanium, molybdène, palladium, tantale, tungsten et rhénium - assurait une résistance à la corrosion allant de bonne à excellente, dans les acides sulfurique et chlorhydrique, et présentait une solubilité importante dans le fer ferritique: "Effect of single element additions to AISI-type 430 stainless steels in dip-and-dry corrosion tests" par H.M. Weld (MB TB 102, 1968). La consommation canadienne, par l'industrie de l'acier, de ferrocolombium et de ferrotantale-columbium était de 244 000 livres en 1969.

Vanadium

En 1963, Petrofina Canada se déclara intéressée à la récupération de vanadium à partir des résidus de raffinerie de pétrole vénézuélien. Une partie de ce produit résiduel était transformée en coke de pétrole, et brûlée pour produire de la vapeur de traitement. La cendre volante était récupérée par dispositifs électrostatiques, et contenait une concentration de pentoxyde de vanadium allant jusqu'à 10%, avec de faibles quantités de nickel. À la suite d'expériences initiales dans la Division de la Métallurgie extractive, avec des solutions alcalines et acides, une lixiviation à l'acide sulfurique à 20% pendant six heures, dans la gamme de températures 70° à 100°C, produisit une bonne récupération, à faible coût d'acide. À la suite de la lixiviation et du filtrage, le vanadium était précipité de la solution d'acide sulfurique par ajustement du pH de la solution à 2, après oxydation préalable de la solution au moyen d'une petite quantité de chlorate de sodium. Le nickel restait en solution, assurant ainsi la séparation du nickel et du vanadium. La précipitation était effectuée par l'ammoniaque, ce qui produisait du métavanadate d'ammonium; celui-ci était ensuite chauffé et solidifié en paillettes. Le taux de récupération d'ensemble du vanadium était de 91%. L'usine fut conçue et construite, et la production commença en 1965: "Preparation of commercial-grade vanadium pentoxide from boiler fly ash" par J.A. Vezina et W.A. Gow

(MT TB 63, 1965). Le Laboratoire chimique de la Division mit au point des méthodes analytiques pour le contrôle de ce procédé: "Analytical procedures for a vanadium recovery process" par R.J. Guest et J.C. Ingles (MB TB 79, 1966).

L'utilisation principale du vanadium est la production de ferro-vanadium, qui sert d'additif dans la métallurgie ferreuse. De plus, il y avait une demande assez importante dans l'industrie chimique, ainsi que dans l'industrie du pétrole, où le vanadium sert au craquage catalytique.

On effectua quelques recherches chimiques sur la pyrolyse du métavanadate d'ammonium. On produisit tout d'abord un sel hautement purifié par réaction de l'oxyde avec le chlorure d'ammonium. "Preparation of high-purity ammonium metavanadate from impure vanadium pentoxide by precipitation with ammonium chloride" par J.A. Vezina et W.A. Gow (MB TB 64, 1965). L'objectif de la recherche était de clarifier le développement de la décomposition du métavanadate, étant donné qu'il n'y avait pas d'accord établi dans les documents publiés: "Mechanism of thermal decomposition of ammonium metavanadate" par M. Taniguchi et T.R. Ingraham (Can Chem, vol. 24, pp. 2467-2473, 1964).

Le vanadium est un élément important dans les aciers alliés à haute résistance, souvent en association avec d'autres éléments. Il sert à des applications à haute température pour l'industrie aéronautique dans des alliages à base de titane. Dans la Division de la Métallurgie physique, on utilisa de plus en plus le vanadium après la Seconde Guerre mondiale, dans la formulation de divers alliages à haute résistance. Voici un exemple: la marine avait besoin d'un rotor de turbine fonctionnant à une température d'environ 565°C. On formula un acier à haute teneur en carbone, avec 1% de chrome, 1% de molybdène et 1% de vanadium, après des expériences prolongées (Phys Met Div Report IR 63-89). La consommation canadienne de ferrovanadium importé était de 206 tonnes courtes de métal contenu en 1969.

Molybdène

En 1947, la production canadienne de minerai de molybdène cessa, à la fermeture de la mine de Lacorne au Québec (Chapitre 5). Toutefois, les indices géologiques suggéraient qu'à l'exception de l'Alberta, le Canada possédait de grandes ressources en molybdène. Le molybdène devenait un élément important d'alliage pour la production d'acier à haute résistance; environ les quatre cinquièmes du molybdène étaient utilisés dans la métallurgie du fer, après la reprise d'après-guerre de la sidérurgie. L'industrie minière du Canada répondit à l'augmentation de la demande en ouvrant des mines, particulièrement en Colombie-Britannique, mais également au Québec. En 1970, la production était de 32,8 millions de livres en Colombie-Britannique et de 2,5 millions de livres au Québec, pour un total de 35,3

millions de livres, à comparer à 29,7 millions de livres en 1969; ces chiffres plaçaient le Canada au deuxième rang dans le monde libre, après les États-Unis, pour la production de molybdène. En 1970, le Canada exportait 30,3 millions de livres, à comparer à 25,7 millions de livres en 1969, et importait une petite quantité des États-Unis, sous forme de ferro-molybdène et d'oxyde molybdique. Les besoins du Canada dépassaient 2 millions de livres, les alliages ferreux et non ferreux consommant environ 90% du molybdène métallique; les pigments et les utilisations électriques et électroniques consommaient le reste.

La production en Colombie-Britannique provenait principalement d'exploitations à ciel ouvert de gros tonnages de minerais cuivre-molybdène, et pouvait tirer parti de réserves de molybdénite de faible teneur. L'opération la plus importante était la mine Endako, qui traitait en moyenne 27 721 tonnes par jour en 1970, avec une teneur en molybdène de 0,182%, et un taux de récupération de 82,4%. La production était de 162 millions de livres de concentrés de molybdénite et d'oxyde molybdique, comme produit de grillage.

Les teneurs au Québec étaient nécessairement plus élevées, du fait que la molybdénite n'était pas associée au cuivre, à l'exception de l'opération du Murdochville.

On se rappellera (chapitres 3 et 5) que la technique de concentration des minerais de molybdène avait été mise au point dès la Première Guerre mondiale, avec des développements ultérieurs effectués au cours de la Seconde Guerre mondiale. On doit par conséquent s'attendre que des minerais plus complexes aient été soumis à la Direction des Mines, et ceci se produisit en grande partie à partir du début des années 60. La division du Traitement des minéraux fit usage de flottation sélective, suivie si nécessaire de tablage et de broyage, produisant des résultats positifs dans la plupart des cas. Toutefois, certains des minerais étaient difficiles à traiter. Par exemple, dans le cas du minerai molybdène-bismuth d'une mine du canton de Preissac dans le nord-ouest du Québec, on recontra du talc après le lancement de l'usine en 1964, ce qui réduisit la teneur du concentré de molybdénite et causa une faible récupération de bismuth. Après plusieurs années de recherche, y compris sur la lixiviation acide, on mit au point le dépressant de flottation "Depramin", qui assura une bonne séparation, tant dans l'usine-pilote de la Direction des Mines que sur le terrain.

La Division de la Métallurgie physique utilisa le molybdène dans la formulation de toute une gamme d'aciers, depuis l'acier au carbone jusqu'aux aciers à haute résistance. Vers la fin des années 60, il devint clair que la capacité de production canadienne de molybdène était excédentaire. Le producteur principal, Endako Mines Limited, qui ne disposait pas de ses propres installations, plaça un ingénieur en résidence

à la Division de la Métallurgie physique, dans le but d'obtenir les meilleurs conseils techniques dans ses efforts de mise au point de nouveaux alliages. On mit au point un nouvel acier inoxydable austénitique au chrome-nickel-molybdène pour utilisation dans les procédés de blanchissage extrêmement corrosif au chlore et au dioxyde de chlore de l'industrie des pâtes et papiers. On fit un grand nombre de fusions d'essai, et un alliage contenant jusqu'à 9,5% de molybdène donna de bons résultats. Plus tard, on ajouta du manganèse et on observa la supériorité de l'alliage quaternaire.

Tungstène

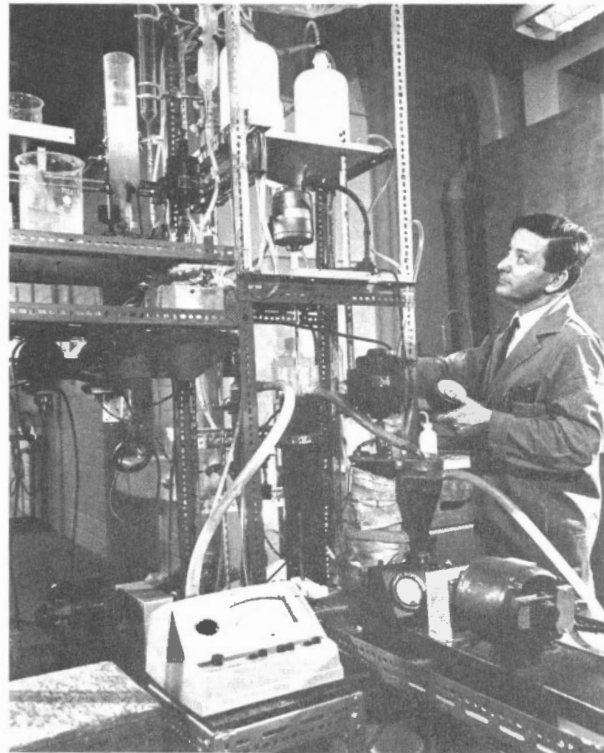
Après une pointe d'environ 1½ millions de livres de concentrés à 60% en 1943, la production canadienne de tungstène cessa temporairement en 1948, à la fermeture de la mine Emerald de la Canadian Exploration Limited près de Salmo, Colombie-Britannique. En 1949, la consommation canadienne était tombée à environ 170 tonnes courtes, mais il faut noter que la production mondiale était également tombée à moins de 50% de la pointe pendant la guerre, de 61 000 tonnes de concentrés à 60%. Toutefois, en 1970, le Canada produisit environ 4 millions de livres d'oxyde tungstique, soit environ 3,1 millions de livres d'équivalent métallique. On importait une certaine quantité de minerais et de concentrés, ainsi que du ferrotungstène, représentant un équivalent métallique d'environ 1,5 million de livres. En 1969 la consommation canadienne de tungstène était, en livres de métal par usage: 791 021 pour les carbures; 195 244 pour les alliages d'acier; 34 035 pour les alliages non ferreux, les produits chimiques et les pigments; 30 514 pour les usages électriques et électroniques, soit un total de 1 050 824 livres.

Le seul producteur canadien en 1970 était la Canada Tungsten Mining Corporation qui exploitait une mine à Tungsten, dans les Territoires du Nord-Ouest près de la frontière du Yukon; des minerais de scheelite contenaient environ 1,5% d'oxyde tungstique, avec récupération en usine d'environ 79%. Il y avait des possibilités d'autres mines, mais étant donné la dépression sur le marché international à la rédaction de ce récit, Canada Tungsten restait le seul producteur.

Des échantillons de minerais de tungstène, sous forme de scheelite (tungstate de calcium) furent soumis à la Direction des Mines pendant les années 50 et le début des années 60, en provenance des Territoires du Nord-Ouest, du Québec, du Nouveau-Brunswick et de Terre-Neuve. Il y avait également des échantillons de résidus de mine d'or de l'Ontario contenant de la scheelite, mais les teneurs étaient trop faibles pour production de concentrés de teneur commerciale. La Division du Traitement des minéraux travailla plusieurs années sur des minerais provenant de la mine Canada Tungsten. En 1962, le traitement final en usine-pilote, portant sur 34 tonnes, fut effectué sur ce minéral de scheelite à haute teneur en sulfure. Les

concentrés par gravité furent améliorés par séparation magnétique à haute intensité, et le concentré final contenait 79% d'oxyde tungstique, avec récupération de 70% du tungstène. La fraction de boue était traitée par flottation, et après lixiviation acide le concentré contenait 69% d'oxyde tungstique, représentant une récupération supplémentaire de 15% du tungstène.

En 1965, la Division de la Métallurgie extractive, reconnaissant que les concentrés de scheelite produits à la mine ne donneraient pas un produit intermédiaire approprié pour la fabrication au Canada de poudre et de produits chimiques au tungstène, effectua une recherche sur les possibilités de production d'un oxyde de tungstène pur, comme matériau de base pour ces procédés. On envisageait un procédé non conventionnel pour produire du paratungstate d'ammonium, par décomposition de la scheelite à l'acide chlorhydrique, suivie d'une lixiviation de l'acide tungstique, insoluble dans l'acide, par solution ammoniacale. On mit au point un procédé dans lequel une lixiviation à l'hydroxyde de sodium, suivie d'un traitement par échange de cations, produisait une



J. Laliberté traite des concentrés de tungstène dans l'usine-pilote (Photo - George Hunter)

récupération de 96% du tungstène. Le taux d'extraction plus élevé permis par ce procédé compensait largement le coût de l'opération d'échange d'ions: "A process for preparing tungstic trioxide of high purity from a Canadian scheelite concentrate" par J.A. Vezina et W.A. Gow (CIM Bull, pp. 1418-1422, décembre 1966). On ne produisit pas d'oxyde tungstique ou de paratungstate industriel à haute pureté, parce que les besoins canadiens d'une tel produit ne justifiaient pas une usine de taille économique, estimée à 3 millions de livres par an. La structure des tarifs douaniers des États-Unis s'avéra être un obstacle trop élevé à la concurrence canadienne sur ce produit.

Le tungstène fut utilisé dans une grande partie de la recherche de la Division de la Métallurgie physique sur les alliages d'acier au cours de toute cette période.

Les laboratoires chimiques de la Division des Sciences minérales publièrent un bulletin technique sur l'analyse du tungstène dans les minerais, les concentrés et les aciers: (MB TB 37, 1962 par G.H. Faye, R.J. Guest et R.C. McAdam).

Silicium

Il y a lieu de mentionner le silicium, qui, après le carbone, est l'additif le plus largement utilisé non seulement dans l'industrie du fer et de l'acier, mais également dans l'industrie des métaux non ferreux. Il est produit à partir de la silice à 98%, et converti d'ordinaire en un ferrosilicium. À la suite de développements dans la technologie des alliages, toute une gamme d'alliages au silicium, avec des éléments comme le calcium, le baryum, le bore, l'aluminium, le magnésium, le zirconium et le titane, principalement mélangés au fer, sont maintenant offerts pour les produits de fer et d'acier à haute performance.

Le silicium est considéré comme le réducteur le plus largement utilisé dans la fabrication d'acier, et un des plus économiques. Une application à grande échelle de la silice (oxyde de silicium) dans la métallurgie est son utilisation sous forme de blocs comme fondant dans la fusion des minerais de métaux communs, pour produire des silicates à partir des oxydes de fer et autres. D'autres usages du silicium se trouvent dans le domaine des abrasifs et dans le domaine des produits chimiques.

Il y eut une exportation considérable, particulièrement vers la Grande-Bretagne, de ferrosilicium produit au Canada comme réducteur en métallurgie ferreuse, et vers les États-Unis de carbure de silicium. En plus de son utilisation en métallurgie et comme abrasif, le silicium est aujourd'hui utilisé dans les domaines de l'électronique et de l'énergie nucléaire. On importait également du ferrosilicium. En 1969, on exporta presque 40 500 tonnes courtes de ferrosilicium et 103 500 tonnes de carbure de silicium; on

importa 9000 tonnes de ferrosilicium. La valeur des exportations de ferrosilicium était de 5,25 millions de dollars, et celle des importations de 2 millions de dollars. Les exportations de carbure de silicium avaient une valeur de 15 millions de dollars, assurant ainsi un excès de crédit de 18 millions dans le commerce Canada-États-Unis. La consommation domestique était de 51 000 tonnes courtes, dont près de la moitié était utilisée dans l'industrie de l'acier. Le sable de fonderie utilisé au Canada représentait environ 820 000 tonnes courtes. Une autre utilisation importante de la silice, sous forme de grès quartzitique, était sous forme de fondant dans la fusion des minerais de métaux communs pour produire des silicates à partir des oxydes de fer et autres; en 1969, ce procédé consomma près d'un million de tonnes.

Zirconium

Bien qu'il n'y ait pas eu de production domestique de zirconium, le zircon (ZrO_2SiO_2) se présente au Canada, et on dit que les sables bitumineux de l'Alberta contiennent de petites quantités de zirconie. Plusieurs échantillons de zircon furent soumis pour examen à la Direction des Mines.

Le métal, qui présente une forte résistance à la corrosion et possède les propriétés, d'une part, de maintenir sa résistance à haute température et, d'autre part, de présenter une faible absorption de neutrons, fut sélectionné au début du développement du programme de réacteur nucléaire, comme matériau approprié, sous forme de métal et d'alliage, pour la fabrication des tubes de revêtement des carburants nucléaires, des tubes de pression et des matériaux de structure pour les réacteurs. Le métal associé, le hafnium, est récupéré comme sous-produit du traitement de zirconium de qualité nucléaire, en grande partie en raison de ses capacités d'absorption élevée des neutrons. Eldorado Nuclear établit une usine de production de zirconium à Port Hope, en Ontario, pour la fabrication canadienne de tubes de pression et de tubes de revêtement de carburant; Ritcey, de la Division de la Métallurgie extractive, participa à la mise au point du procédé, qui évite le stade intermédiaire de la fabrication d'éponge métallique, produisant des lingots de zirconium directement à partir des concentrés des sables de zircon australiens. La Division de la Métallurgie physique exécuta pendant un certain nombre d'années des travaux sur les alliages ferreux et non ferreux faisant usage du zirconium. Le hafnium fut également un des additifs utilisés dans la recherche de la Division. En 1969, l'importation d'alliages de zirconium, principalement à partir des États-Unis, représentait environ 210 000 livres, pour une valeur de \$4,5 millions. La consommation de ferrozirconium était, en gros selon les rapports, de 60 000 livres en poids brut.

Conseil national de la Productivité

Comme on l'a mentionné ci-dessus, le docteur

Convey, en tant que membre du Conseil, fut prié de préparer un examen des dépenses engagées dans la métallurgie ferreuse par l'industrie du fer et de l'acier du Canada, y compris la recherche tant sur le traitement des minerais que sur la métallurgie physique. Il fut aidé dans ces entreprises par Faurshou et Walsh. Bien que l'accent de cette étude portât sur la recherche industrielle, il y avait également des renseignements sur la recherche hors de l'industrie. Les dépenses de la Direction en 1961 pour la métallurgie ferreuse, incluant la recherche et le développement sur le traitement des minéraux et la métallurgie physique, furent estimées à 700 000 dollars, soit près de 15% du budget de la Direction pour cette année. Ceci représentait environ 1/3 des dépenses

de recherche et de développement dans l'industrie du fer et de l'acier. Après la Direction des Mines, la plus grosse dépense hors de l'industrie fut engagée par l'Ontario Research Foundation, et, en moindre mesure, par l'Alberta Research Council: "Report to the National Productivity Council on research and development in the Canadian primary iron and steel industry" par John Convey, D.K. Faurshou et J.H. Walsh (Applied Research Report NPC-3, mars 1963).

Les dépenses de recherche et de développement en traitement des minéraux concernant les métaux additifs utilisés en grande partie dans les alliages de fer et d'acier ne furent pas incluses dans le cas de la Direction des Mines.



Récipiendaires des certificats de l'Ambulance St-Jean

Dernier rang: de gauche à droite: G.P. Cox (1958-1961), G.J. Noel (1955-), R.G. Olivier (1958-1965), L.A. Clement (1954-), G.E. Handy (1946-), W.H. Cere (1956-1971), M.J.B. Bradley (1949-), R.W. Buckmaster (1955-1972), L.G. Ripley (1950-), J.F. Fydell (1949-);

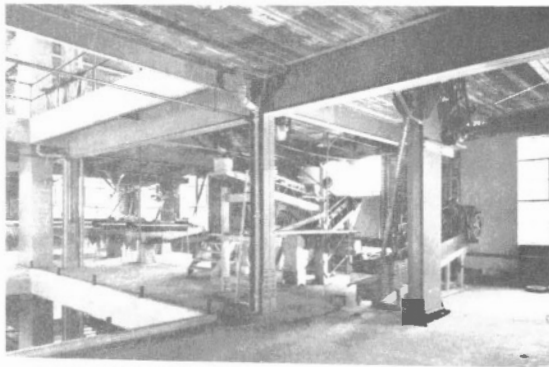
Rang du milieu: L.E. Desjardins (1955-), A.H. Gillieson (1959-1975), Leveck (1960-1963 et 1974-), M. Power (Minéraux industriels et Ressources minérales), B. Staples (1958-1967), H. Fergusson (PMRL Minéraux industriels), J.J. Donnelly (1959-1962), J.A. Herbert (1951-), R.G. Fohse (1958-);

Premier rang: F.J. Kelly (1959-), R. Closs (Division des Explosifs), M.J. Malette (1955-), L.P. Smith, (1952-1963), John Convey (1948-1973), Commissionaire Nicholson, GRC, P.E. Hughes (1958-1975), "Bill" Bailey (Infirmier sanitaire), D. Quinsey (PMRL, QG, MEST), W.H. Merrill (1947-).

MÉTAUX NON FERREUX

Les trois principaux métaux non ferreux - le cuivre, le zinc et le plomb - connus en général sous le nom de métaux communs, connurent une augmentation considérable dans la production canadienne des années 50 aux années 70. Ceci s'applique également au nickel, qui dans ses utilisations finales, est associé au fer et à l'acier, et peut être considéré comme un métal d'addition important; du côté des ressources, on le trouve d'ordinaire associé au cuivre et aux autres métaux.

Le Canada était en 1970 et reste encore, le plus grand producteur de nickel au monde. Il devint premier producteur de zinc au cours des années 60, époque à laquelle les États-Unis perdirent la première place. Pour le cuivre et le plomb, le Canada est au troisième et au cinquième rang respectivement. Le plus grand producteur de nickel et de cuivre reste Inco à Sudbury et au Manitoba, et le plus gros producteur de plomb et de zinc est Cominco, principalement en Colombie-Britannique, mais également dans plusieurs autres régions du Canada. Les compagnies canadiennes comme Cominco, Noranda, Hudson Bay et Sherritt Gordon mettaient en service, à des degrés divers, vers la fin de la guerre, leurs propres installations de recherche et de développement en métallurgie des procédés, mais continuaient à consulter la Direction des Mines sur des questions intéressant spécifiquement leurs compagnies. Les petits entrepreneurs devaient compter sur les laboratoires de la Direction des Mines pour l'évaluation de leurs minerais. Les gros producteurs de nickel possédaient déjà des intérêts mondiaux à la fin de la guerre, et pour protéger leur technologie dans l'extraction et le raffinage de métaux multiples, ils



Laboratoire du traitement des minerais, 500 rue Booth (jadis 20 rue Lydia). On voit les tables à séparation par gravité, le séparateur magnétique et la classifieuse.



J. Banks opératif un séparateur magnétique Jeffrey Stephanson 1960 env.



H.R. Renaud effectue l'analyse de taille d'échantillons de minerais au Haultain Infracizer, 1960 env.

développèrent une autonomie considérable dans le domaine de la recherche et du développement.

Les gouvernements provinciaux de plus en plus pénétraient dans le domaine; le premier conseil de recherche provincial fut établi en Alberta en 1921, et se concentrait principalement sur les grosses ressources de carburants comme le charbon et les sables bitumineux, mais accordaient également une certaine attention aux autres minéraux. La Fondation de recherche de l'Ontario fut formée en 1928, et entreprit de plus en plus de recherches sur le traitement des minéraux, avec une orientation de type chimique. Après la guerre, vers la fin des années 40 et au début des années 50, furent formés les Conseils de la recherche de la Colombie-Britannique, et de la Saskatchewan et la Fondation de recherche de la Nouvelle-Écosse. Plus tard apparut le Conseil de Recherche et de Productivité du Nouveau-Brunswick. Le Ministère des Ressources naturelles du Québec ouvrit un laboratoire sur le traitement des minéraux à Québec en 1960.

De plus, plusieurs universités commençaient à s'intéresser à la recherche sur le traitement des minéraux. On se rappellera que les universités McGill et Queens effectuaient toutes deux des recherches contractuelles pour la Direction des Mines dans la période précédant la Première Guerre mondiale, et que des professeurs à plusieurs autres universités préparèrent des rapports sur des produits minéraux, qui firent partie des premières publications de la Direction des Mines. Dès la formation du Conseil national de recherches en 1917, des subventions furent accordées aux universités sur de nombreux sujets, y compris la recherche sur le traitement des minéraux. Comme on le verra plus tard, un programme de subventions d'aide à la recherche aux universités fut lancé par la Direction des Mines en 1961. En dehors des domaines universitaires et gouvernementaux, bien d'autres laboratoires analytiques commerciaux étaient également établis. En 1941 fut lancé le Laboratoire de préparation des minerais de Lakefield (Lakefield Ore Dressing Laboratory), une installation indépendante bien qu'appuyée par Falconbridge.

Traitement des minerais

Les installations de la Direction des Mines destinées à la recherche sur la préparation des minéraux furent modernisées après la guerre. Il y eut des améliorations des procédés unitaires: comminution, séparation par gravité et par magnétisme et flottation, ainsi que dans les procédés hyrométallurgiques et pyrométallurgiques, comme la lixiviation, le filtrage, la précipitation, le grillage, le frittage et la fusion. Comme on l'a noté ci-dessus, les installations et les capacités analytiques furent améliorées, pour pouvoir mieux faire face à la complexité et au nombre des échantillons. En fait, les laboratoires acquirent un statut de référence nationale.

Par leur complexité, l'association des minéraux et la variété des concentrations, les minerais non ferreux et certains des métaux précieux présentaient de grands défis pour le traitement.

Si l'on en juge par le nombre de représentants de l'industrie utilisant les installations et l'aide du personnel de la Direction des Mines, ainsi que par le nombre de visiteurs, individuels ou en groupe, de l'étranger, qui dans certains cas désiraient établir des installations semblables dans leur propre pays, il y a lieu de dire que la réputation d'avant-guerre des laboratoires fut totalement maintenue pendant la période d'après-guerre. Les installations devaient traiter des échantillons présentant une vaste gamme de masses allant parfois jusqu'à plusieurs wagons de chemin de fer. La décennie allant du milieu des années 50 au milieu des années 60 constitua probablement une des périodes les plus actives des laboratoires de la Division de la Préparation des Minéraux et de la Métallurgie des procédés, et plus tard de la Division du Traitement des minéraux.



H. Renaud et R. Bruce effectuent un essai de concentration par gravité.

Le tableau indique le nombre et la variété des recherches effectuées sur des minerais de métaux communs par la Direction des Mines pour les années 1952, 54, 56 et 58, et le nombre total des études, incluant le fer, l'or et les autres métaux.

Etudes sur les métaux communs par la Direction
des Mines - 1952-1958

Année	Type de minerai *	TNO	Prairies	Ont.	Qué.	Mari- times	Total métaux communs	Total tous types **
1952	Pb-Zn	6	-	-	4	-	10	40
	Cu-Ni	-	-	4	2	-	6	
							16	
1954	Cu-Pb-Zn	1	-	-	1	2	4	39
	Pb-Zn	1	1	-	-	1	3	
	Cu-Ni	-	1	-	-	-	1	
	Au-Cu-Co	-	-	-	-	-	1	
							9	
1956	Cu-Co	-	-	1	-	-	1	87
	Co-Pb-Zn	-	-	-	-	3	3	
	Cu-Ni	-	-	4	3	-	7	
	Au-Ag-Pb-Zn	-	-	-	-	1	1	
	Ag-Pb-Zn	-	1	-	-	-	1	
							13	
1958	Cu	2	-	2	2	-	6	79
	Cu-Ni	-	-	2	-	-	2	
	Ni	-	1	3	1	-	5	
	Pb-Zn	-	-	2	-	-	2	
	Pb-Zn-Cu	-	-	-	-	1	1	
	Cu-Zn	-	-	1	1	-	2	
	Ag-Pb-Zn	1	-	-	-	-	1	
							20	

* Co-cobalt; Cu-cuivre; Au-or; Pb-plomb; Ni-nickel; Ag-argent, Zn-zinc

** Y compris les métaux ferreux et autres types.

Comme on le voit dans le tableau, les quatre métaux communs principaux étaient représentés dans les minerais soumis par l'industrie, mais ce furent les minerais de nickel-cuivre à faible teneur qui exigèrent le plus d'attention de la part de la Direction des Mines. Au cours des années 60, les besoins de l'industrie diminuèrent d'un tiers environ, et connurent un déclin supplémentaire au cours des années 70, permettant ainsi progressivement à la Direction de prévoir ses propres projets de recherche sur la réduction des coûts de production et l'amélioration des méthodes de récupération, et de consacrer plus de temps aux minerais réfractaires complexes.

Les gisements de cuivre-nickel du Manitoba prirent de l'importance après la guerre. Un procédé de

lixiviation pour le traitement des minerais de Lynn Lake, proposé par le professeur Forward de l'Université de Colombie-Britannique, fit l'objet d'études avec l'aide de la Direction des Mines, dans une usine-pilote en 1949-50. En 1957, un échantillon de 100 tonnes de minerai cuivre-nickel à faible teneur provenant du Manitoba fit l'objet d'essais dans la Division de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés. Les concentrés mixtes furent grillés et fondus, produisant une matte contenant 30% de nickel et 20% de cuivre. La Direction reçut également un minerai nickel-cuivre particulièrement complexe à faible teneur du district de Temagami dans le nord de l'Ontario. Un échantillon de 54 tonnes fut traité par flottation, ce qui exigea des travaux considérables, en raison de la présence de talc. Finalement, on réussit à assurer la dépression du talc, et à produire un concentré nickel-cuivre à bonne teneur. On exécuta un programme complet de fusion sur 250 tonnes de concentré de nickel-cuivre grillé, produisant 27 tonnes de matte nickel-cuivre, pour permettre à la compagnie de concevoir une installation de fusion et une raffinerie au Québec.

Au cours des années 60, la section des métaux non ferreux de la Division de Traitement des minéraux travailla sur des minerais zinc - plomb - cuivre de Kidd Creek en Ontario, et de la région de Bathurst au Nouveau-Brunswick. En 1965, des carottes de forage de deux types principaux de minerais provenant de Kidd Creek firent l'objet d'un premier examen, suivis d'un échantillon de 60 tonnes provenant de saignées de surface dans une zone plomb - argent - zinc. En raison de la présence de covellite, sulfure secondaire de cuivre, on éprouva certaines difficultés, mais on put malgré tout obtenir un concentré de zinc vendable à 54%, avec un taux de récupération de 82%. L'argent, associé étroitement à la pyrite, fut déprimé avec elle dans les résidus de la flottation du zinc. Le pourcentage d'argent dans la pyrite représentait 44%. Un autre échantillon pesant 43 tonnes, provenant de la zone principale du minerai, et contenant 19,3% de zinc, 3,2% de cuivre et 5,5 onces d'argent par tonne fit l'objet d'études. En raison d'un rapport défavorable du zinc au cuivre, on effectua la flottation du cuivre et la dépression du zinc. Le concentré de cuivre titrait à 27% de cuivre, avec un taux de récupération de 89%, et contenait l'argent. Le concentré de zinc titrait à 55%, avec un taux de récupération de 89,5%.

En 1965, les travaux commencèrent sur le minerai complexe cuivre-plomb-zinc de la région de Bathurst; ils se poursuivirent pendant environ quatre ans. Le problème principal était que les grains de minerai étaient extrêmement fins, tous inférieurs à 325 mailles, et disséminés dans une matrice de pyrite; en fait, le minerai était composé à 95% de sulfures. En fin de compte, le problème fut résolu au moyen d'un broyage primaire très fin, à moins de 400 mailles, avec rebroyage extensif des concentrés intermédiaires (middling). On considérait que l'effet bénéfique du rebroyage était dû à l'effet de conditionnement des sulfures, plutôt

qu'à une libération de minerai dans les particules de middling. Cette région du nord-ouest du Nouveau-Brunswick devint un centre de production important de métaux communs dans les années 70, et la Direction des Mines reçut constamment des demandes de traitement de divers minerais.

Un autre exemple de traitement de particules minérales finement disséminées fut le traitement réussi par flottation en 1967 de minerais provenant de Gaspé, au Québec, et contenant les minéraux de cuivre chalcopryrite et bornite, ainsi que de l'argent et de l'or. Toutefois, il fut nécessaire de broyer le minerai à moins de 325 mailles. On obtint un concentré de cuivre titrant 31,5% de cuivre, 1,5 onces d'or et 6,2 onces d'argent par tonne avec des taux de récupération de 93, 96 et 90% respectivement. Une détermination des possibilités de broyage indiqua que les coûts de broyage devraient être normaux, étant donné le faible indice de "travail" du minerai.

Les descriptions précédentes représentent un toute petite sélection des études exécutées sur les métaux communs par la Direction des Mines. Des échantillons provenant d'une forte proportion des découvertes d'après guerre, dont certaines sont maintenant en production, furent soumis, à un moment ou à l'autre, à la Division de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés, et à son successeur, pour examen au laboratoire et souvent pour traitement en usine-pilote, de manière à établir des organigrammes de traitement viables, tant du point de vue technique que du point de vue économique. La complexité des minerais augmentait, comme on peut le noter d'après les exemples présentés, indiquant les perspectives pour l'avenir.

Il pourra être intéressant d'établir une comparaison entre les crêtes de production obtenues pendant la Seconde Guerre mondiale, pour les quatre métaux communs principaux, et celles atteintes en 1970, en regard de la consommation canadienne de métaux pour ces années. "Les plateaux" de production et les prix internationaux de ces quatre métaux, à intervalles d'environ un quart de siècle, semblent dignes de réflexion.

Ces quatre métaux représentaient près de 70% de la valeur de la production de minerais métalliques au Canada en 1970. La faiblesse de la consommation intérieure indiquait le degré de dépendance de cette section de l'industrie des minerais envers l'exportation. À la suite de la récession dans l'économie mondiale à partir de 1973, le commerce mondial des métaux communs se mit à hésiter, et les prix diminuèrent, particulièrement en ce qui concerne le cuivre.

Les autres minerais métalliques qui firent l'objet d'études dans les années à la demande des gouvernements provinciaux sont: le lithium, le bismuth, l'aluminium et l'étain.

De 1948 à 1950, on fit des études sur des gise-

Production et consommation de métaux communs au Canada
1918, 1943, 1970

	Production		Consommation intérieure tonnes courtes
	Tonnes courtes	\$ (milliers)	
Nickel			
#1918	46,259	37,003	
*1943	144,019	71,675	
1970	305,881	830,167	11,794 (toutes formes)
Cuivre			
#1918	59,385	29,250	
*1940	327,797	65,773	
1970	672,717	779,242	237,838 (raffiné)
Zinc			
#1918	17,542	2,862	
*1943	305,377	24,430	
1970	1,251,911	398,859	105,641 (raffiné)
Plomb			
#1918	25,699	4,754	
*1942	256,071	17,218	
1970	389,155	123,138	94,094 (primaire et secondaire)
# Année de pointe, Première Guerre mondiale			
* Année de pointe, Seconde Guerre mondiale			

ments de spodumène (alumino-silicate de lithium) à faible teneur dans le district de Cat Lake au Manitoba, et à Amos au Québec. On essaya des méthodes d'enrichissement par flottation - coulage, flottation et décrépitation, suivies d'un traitement à l'acide sulfurique pour produire du sulfate de lithium, que l'on pouvait alors réduire à l'état métallique. On obtint une récupération de 98% du lithium. Un rapport "Beneficiation of Canadian spodumene ore from Cat Lake, Manitoba" fut préparé par H.L. Beer (Precambrian, pp-8-12, 15, juin 1951). En 1952, on étudia la purification de l'antimoine par distillation et électrolyse; ces méthodes en combinaison réussirent à éliminer la plupart des impuretés.

Cette même année, on exécuta une étude de toutes les sources possibles de germanium au Canada. On mit au point des techniques spectrochimiques rapides pour détecter les petites quantités présentes dans les poudres minérales.

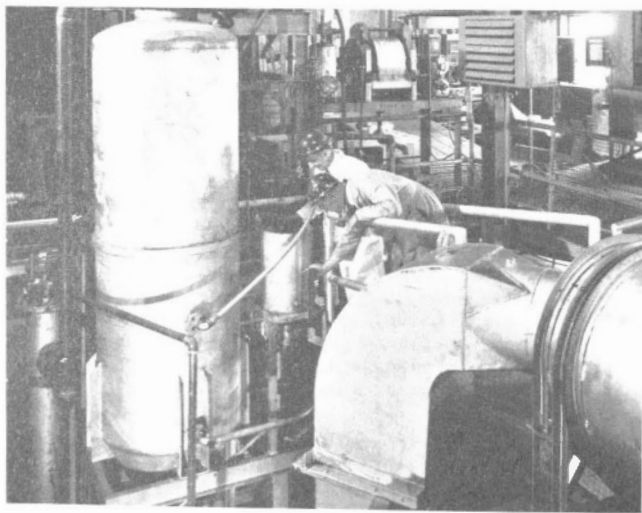
En 1953, on améliora le raffinage du bismuth métallique par combinaison de distillation et de chloruration, ce qui permit d'augmenter la pureté du métal de 95 à 99,98%.

En 1958, on produisit de l'alumine fondue, par

frittage continu de la bauxite pour fournir des matières servant à l'alimentation de four électrique pour la production d'abrasifs.

Pour stimuler l'activité industrielle en Nouvelle-Écosse, et résoudre la dépendance du Canada envers l'importation de bauxite, on fit un deuxième effort pour extraire de l'aluminium à partir de sources indigènes, dans ce cas les schistes de la Nouvelle-Écosse (voir Chapitre 5). On exécuta des expériences au laboratoire et en usine-pilote. On mit au point un procédé qui fut publié dans le rapport "Alum-amine process for the recovery of alumina from shale" par G. Thomas et T.R. Ingraham (MB RR 45, 1959).

Un objectif constant était de découvrir suffisamment d'étain pour satisfaire aux besoins du Canada, qui au cours des années 60 représentaient 4000 tonnes par an. Il y a une petite production combinée d'étain représentant environ 350 tonnes par an, comme sous-produit du traitement des minerais à plusieurs minéraux, dans les opérations Kimberley de Cominco et les opérations Kidd Creek de Texasgulf. En 1962, la Direction des Mines effectua les premières études sur le minerai d'étain complexe de Mount Pleasant, qui contient environ huit éléments - cuivre, plomb, zinc, tungstène, molybdène, bismuth, étain et fluor. On découvrit que les sulfures étaient présents à un état finement divisé, et on éprouva des difficultés dans l'obtention de concentrés vendables. L'étude avait pour but la récupération de l'oxyde d'étain, la cassitérite, et on produisit un concentré que ne récupérait que 50 à 60% de l'étain. Environ 10% de l'étain se perdait dans les sulfures, le reste dans les boues. La compagnie



G. Sirianni et G. Viens travaillant au projet d'extraction de l'aluminium à partir des schistes, 1958

n'arriva pas à financer suffisamment ce projet, qui fut mis de côté pendant quelques années. À l'heure actuelle, la Division de Traitement des minéraux a repris l'étude de ce minerai complexe.



Division de Traitement des minéraux. Récipiendaires de la broche des 25 années de service. En arrière - H.M. Woodrooffe, P.R. Lachapelle; en avant - H.S. Renaud, G.A. Brown, D. Gibson, H. Mercier.

Métallurgie physique

Le domaine des métaux non ferreux en métallurgie physique comporte les alliages légers, principalement fondés sur l'aluminium et le magnésium, et les alliages lourds, principalement fondés sur le cuivre et le zinc.

Aluminium et Magnésium

Comme on l'a mentionné au chapitre 5, pendant le début de l'après-guerre, le Ministère de la Défense nationale et l'industrie aéronautique avaient besoin d'alliages légers présentant des rapports résistance-poids intéressants et une bonne résistance à la corrosion. De ce point de vue, la demande était satisfaite principalement par les alliages d'aluminium, souvent avec additions de magnésium, et dans une plus faible mesure par des alliages de magnésium. La demande augmentait également dans l'industrie tant pour le métal moulé que pour le métal travaillé, avec de nombreuses applications nouvelles. Les exceptions portaient sur les équipements fabriqués à partir d'aluminium allié au magnésium, pour les mines de

charbon souterraines et autres sites dangereux: dans ces cas, les alliages furent d'abord essayés, puis furent supprimés par la suite. La raison de ce retrait était le risque d'explosion dans les cas où une pièce formée d'alliage aluminium-magnésium était frappée par un article d'acier, comme une pioche - causant une réaction locale de type "thermite".

Si l'on choisit 1970 comme l'année de passage de la période d'après-guerre à la période de croissance rapide, la production primaire d'aluminium au Canada à partir de bauxite importée était de 1 071 718 tonnes courtes, et la consommation, y compris celle d'aluminium secondaire (récupération de ferrailles) était de 275 743 tonnes courtes, dont environ 33 000 étaient sous forme de moulages et 233 000 sous forme de produits fabriqués. D'autre part, la production canadienne de magnésium était de 9584 tonnes à partir de dolomite domestique, et la consommation en 1969 était de 5672 tonnes, dont 798 tonnes de moulages, 529 tonnes de forgeages et 3710 tonnes utilisées dans des alliages d'aluminium.

Alors que les alliages d'aluminium étaient produits par quelques grosses compagnies de niveau international, ce n'était pas le cas des alliages de magnésium, et par conséquent il y avait des possibilités beaucoup plus vastes d'expérimentation dans la formulation des alliages. Du milieu des années 50 au milieu des années 60, Meier, assisté principalement de B. Lagowski (1956-) et également de A. Couture (1951-), mena un projet de recherche à long terme sur diverses possibilités d'alliage de magnésium comportant du zinc, du titane, de l'argent, du zirconium et de l'aluminium comme éléments d'addition. Une série de huit rapports décrivant ce travail fut publiée sous le titre "Properties of sand-cast magnesium alloys" (118). De plus, un rapport sous le titre "Premium strength in sand-cast magnesium alloys" fut publié par B. Lagowski et J.W. Meier (MB RR 138, 1964).

En relation avec cette recherche, notons l'évaluation des propriétés tirées de barres d'essai, tant de magnésium que d'aluminium: "Effect of some test bar variables on the mechanical properties of magnesium casting alloys" par A. Couture et J.W. Meier (MB RR 151, 1965).

Les moulages d'alliages de magnésium firent l'objet d'études de caractéristiques de susceptibilité à la déchirure à chaud: "Hot tearing of magnesium casting alloys" par R.A. Dodd, W.A. Pollard et J.W. Meier (Trans Am Foundrymen's Soc, vol. 65, pp. 100-117, 1957).

Cuivre

Le cuivre est le métal le plus important au monde dans le groupe des métaux non ferreux, mais la production canadienne de cuivre est inférieure de moitié à celle du zinc. En 1970, la production de cuivre au

Canada était de 673 747 tonnes courtes, représentant environ 10% des approvisionnements mondiaux. La consommation de métal raffiné était de 237 838 tonnes courtes. Environ la moitié de la consommation concernait des applications électriques.

En 1970, il y avait au Canada 55 compagnies minières productrices de cuivre, 11 projets d'exploration prometteurs, 6 installations de fusion et 2 raffineries. Le pays exportait environ 472 000 tonnes courtes, dont environ 60% était sous forme raffinée, avec des produits finis et semi-finis.

Un effort majeur fut entrepris au cours des années 60, sous forme d'un projet à long terme destiné à élaborer des propriétés optimales pour les bronzes d'aluminium de moulage à haute résistance, à partir d'un bronze de base contenant 9% d'aluminium, 5% de nickel, 4% de fer et 1% de manganèse. L'aluminium avait un effet prédominant sur les propriétés mécaniques, et les autres éléments, en particulier le nickel, élevaient la limite d'élasticité. Toutefois, le nickel induisait une perte de ductilité dans certaines conditions. Après des expériences considérables sur une gamme étendue de compositions, on déduisit que la résistance à l'impact de ces alliages (test de Charpy) dépendait de la température, et que leur propriétés à l'impact étaient influencées par la vitesse de refroidissement ou l'épaisseur de la section.

Dans le but d'améliorer en général les moulages à base de cuivre et de réduire les rebuts, on étudia les caractéristiques de déchirure à chaud et de solidification sur un moulage de référence produit à partir de 13 alliages, y compris l'alliage aluminium-nickel à haute résistance. Cet alliage, ainsi que des laitons jaunes à haute résistance, présentèrent les meilleures qualités de susceptibilité à la déchirure à chaud avec des domaines de solidification étroits correspondants: "Mode of solidification of copper base casting alloys" par J.O. Edwards et A. Couture et "Hot-tearing of copper base casting alloys" par A. Couture et J.O. Edwards (Trans Am Foundrymen's Soc; vol. 74 pp. 680-698 et pp. 709-721, 1966). Il y a également un rapport de la Direction des Mines sur le deuxième sujet: "Hot tearing of copper alloys" par les mêmes auteurs (MB RR 964, 1965). Une étude parallèle fut effectuée sur 10 alliages de moulage à base de cuivre, moulés verticalement en billettes de 20 pouces par 3½ pouces. On étudia l'effet du gradient de température, du domaine de solidification, des propriétés mécaniques et de la microstructure: "Effect of thermal gradient and other factors on the properties of copper base casting alloys" par J.O. Edwards et A. Couture (Trans Am Foundrymen's Soc, vol. 75, pp. 383-393, 1967).

Zinc

Vers la fin des années 60, le zinc était en quantité le plus important des métaux communs au Canada. Partant d'environ 400 000 tonnes courtes en

1950, la production fut presque multipliée par 3½ en dix ans, pour atteindre 1,4 million de tonnes en 1970. Ceci représentait environ 29% de la production totale des pays non communistes. En 1970, il y avait 36 compagnies productrices de zinc, dont 19 étaient des producteurs principaux. De plus, il y avait environ 20 possibilités prometteuses. Il y avait 5 usines métallurgiques, plus une en construction (Ecstall) comportant des installations électrolytiques à Trail et Valleyfield, avec des installations de fusion et une installation de grillage à Port Maitland, Québec. En 1970, la quantité de zinc exportée était de 845 991 tonnes courtes sous forme de minerais et concentrés et 351 454 tonnes sous forme de métal raffiné, pour un total de 1 197 445 tonnes. La consommation intérieure de zinc raffiné primaire était de 105 712 tonnes, soit 11% de moins que la production en 1969, en raison d'une baisse de 45% des alliages de moulage en coquille. L'utilisation principale au Canada était, et reste, la galvanisation, en particulier le procédé d'immersion à chaud. Ainsi, en 1970, la consommation de zinc raffiné primaire était, en tonnes courtes: 52 468 pour la galvanisation par immersion à chaud, 1107 pour l'électro-galvanisation, 17 469 pour les alliages de moulage en coquille, 12 038 pour les alliages de cuivres et 22 459 pour les autres produits, le laminage, l'oxyde de zinc, etc., soit un total de 105 641 tonnes.

Les travaux de recherche et de développement à la Direction des Mines jouirent de l'intérêt continu de l'industrie, entretenu par le Canadian Zinc R & D Committee formé en 1954 avec Convey comme président (Chapitre 5) et comportant des représentants des principaux producteurs de zinc, comme Cominco et Hudson Bay, ainsi que des utilisateurs. Un ingénieur en résidence fut nommé, et à certains moments il y avait deux ingénieurs en résidence, dont le salaire était payé par le Comité. Il y eut un forum sur le zinc à l'Assemblée générale annuelle de l'Institut canadien des Mines et de la Métallurgie à Toronto en 1955. À la suite de cette rencontre, la Division prépara des rapports sur l'état d'avancement des recherches concernant les deux domaines de recherche, galvanisation et alliages. En 1963, la portée du Comité s'étendit au plomb, et le nom fut transformé en Canadian Zinc and Lead Research Committee. En 1973, on mit fin au projet sur les alliages, et le nom changea de nouveau, devenant Canadian Galvanizing Research Association.

En ce qui concerne les alliages, on exécuta un projet complet concernant l'addition de nickel, de manganèse, de béryllium, de titane, de zirconium, et de lithium à l'alliage zinc-aluminium (Zamak 3), avec ou sans augmentation du pourcentage de cuivre. Aucune de ces formulations ne présentait d'effets intéressants sur les propriétés des barres d'essai moulées en coquille. De même, les essais de laminage ne présentaient pas de résultats prometteurs, et on mit fin au projet sur les alliages en 1958. On effectua quelques travaux de recherche et de développement sur les alliages zinc - aluminium dans la fin des années 60 et

le début des années 70, avec attention particulière aux effets négatifs de la présence de plomb.

Par contre, le projet de galvanisation par immersion à chaud, lancé en 1957, se poursuit à l'heure actuelle. On obtint des améliorations considérables, sous la direction de Meier jusqu'en 1961, et depuis sous la direction d'Edwards; Sebisty, associé à ce projet pendant toute la période en question, acquit une réputation considérable dans ce domaine.

Dans la première phase du projet, on effectua une analyse statistique de l'influence de l'aluminium comme additif et du plomb comme impureté dans les bains de zinc saturé de fer, sur la structure et les propriétés des tôles d'acier revêtues préparées dans diverses conditions de température du bain et de durée d'immersion. Les facteurs les plus importants s'avérèrent être le pourcentage d'aluminium dans le bain et la durée d'immersion. On effectua un examen métallographique, qui fit l'objet d'un rapport séparé, pour évaluer les défauts du procédé de galvanisation. Deux communications furent présentées au cinquième Congrès international sur la galvanisation à Bruxelles en juin 1958, et publiées également comme rapports de recherche de la Direction des Mines: "Influence of aluminum, lead and iron on the structure and properties of galvanized coatings" par J.J. Sebisty et J.O. Edwards (MB RR 5, 1958) et "Study of surface carbides, differential steel attack and pore information in the galvanizing process" par J.J. Sebisty (MB RR 6, 1958).

Dans la deuxième phase du projet, on évalua des additions séparées et combinées d'étain, cadmium, antimoine et cuivre, avec ou sans aluminium et plomb, dans deux séries d'expériences. Les séries portant sur les combinaisons d'additions firent l'objet du rapport "Influence of combined additions of tin, cadmium, antimony and copper on the structure and properties of galvanized coatings" par J.J. Sebisty et R.H. Palmer de la Canadian Zinc and Lead Research Association (MB RR 86, 1961). Cette phase fut étendue, pour inclure des tests sur des éléments généralement non utilisés en galvanisation, dans des bains à l'aluminium ou sans aluminium, par exemple l'uranium, le magnésium, le nickel, le vanadium, le lithium, le phosphore, etc.; les résultats très variables obtenus firent l'objet d'un rapport dans une communication présentée au septième Congrès international sur la galvanisation à Paris en juin 1964 "Hot-dip galvanizing with less common bath additions" par J.J. Sebisty et R.H. Palmer (1964 - 1970) (MB RR 125, 1964).

Dans une troisième phase, entreprise simultanément avec la deuxième, on commença en 1960 une étude du comportement en galvanisation de diverses tôles d'acier de production commerciale. Dans ce projet, on utilisa tant des tôles d'acier doux que des tôles d'acier faiblement allié. Dans le cas des tôles d'acier doux, les résultats indiquèrent que le caractère des revêtements était influencé par la composition chimique et

l'histoire du traitement. Par contre, le comportement en galvanisation des tôles d'acier faiblement allié dépendait uniquement de la composition chimique. Le silicium avait une influence prédominante, et causait une attaque extrêmement sérieuse du zinc. Cette recherche fut l'objet du rapport "Galvanizing behaviour of commercial steel sheet materials" par J.J. Sebisty et R.H. Palmer (MB RR 121, 1963).

On entreprit en 1961 une quatrième phase du programme sur la galvanisation, portant sur le comportement à température élevée, dans la gamme de 200 à 400°C, de revêtements de zinc obtenus tant par le procédé d'immersion à chaud que par le procédé de placage électrique. On exposa deux qualités de tôles galvanisées commerciales à six températures de la gamme mentionnée, sur des périodes allant jusqu'à six mois.

Les revêtements de zinc obtenus par placage électrique furent détruits par coquillage à température intermédiaire, et la recherche fut abandonnée dans cette direction. La détérioration des revêtements obtenus par immersion à chaud fit intervenir divers phénomènes, y compris l'oxydation de surface, la déformation par craquelures à l'intérieur de la couche de zinc, et l'alliage local à l'interface acier-zinc. On effectua plusieurs expériences de recuit-galvanisation ("galvannealing") du revêtement de zinc, qui fut entièrement transformé en alliage fer-zinc. On obtint ainsi une certaine amélioration initiale, mais le revêtement finit par se détruire de la même manière que le revêtement de galvanisation normal après chauffage prolongé. L'étude fut étendue à plusieurs qualités de tôles continues produites dans diverses usines, et il fut établi que la détérioration des matériaux était fonction des conditions de traitement de la tôle continue "Continuous-strip galvanized coatings at elevated temperatures" par J.J. Sebisty (Electrochemical Technology, vol. 6, pp. 330-336, septembre-octobre 1968; réimprimé MB RS 76). Le projet fut encore étendu à l'étude du mécanisme d'écaillage dans les revêtements de produits galvanisés à paroi épaisse, dans un autre rapport par J.J. Sebisty et R.H. Palmer (MB RR 200, 1960).

En 1968, on conclut que les données étendues obtenues sur le procédé de galvanisation faisaient ressortir le besoin d'une étude fondamentale, y compris celle de la cinétique de réaction dans le système fer-zinc. Au moment de la rédaction, divers aspects de l'étude sont encore en cours, portant essentiellement sur les alliages à haute résistance, et le procédé de réactivité à la galvanisation des alliages au silicium, noté dans les travaux précédents.

En relation avec le programme de galvanisation, notons un projet entrepris en 1967 sur la galvanisation des aciers structuraux soudés à section épaisse. On utilisa trois qualités différentes d'acier structural commercial avec des épaisseurs de section de 3/4" et de 1 1/2", pour déterminer s'il y aurait une corrosion

sérieuse des joints soudés en conséquence de la fragilisation par l'hydrogène emprisonné en occlusion au cours du procédé de galvanisation. On n'obtint aucun indice de fissuration dû à l'hydrogène, après des essais prolongés achevés en 1970.

Plomb

Le plomb est le troisième des métaux communs lourds. L'augmentation de la production intérieure de ce métal fut d'environ 50%, passant de 256 071 tonnes courtes en 1942, année de pointe de production de la Seconde Guerre mondiale, à 389 185 tonnes en 1970; par contre, la production du nickel et du cuivre fut plus que doublée, et la production de zinc fut multipliée par environ 4 1/2 au cours de la même période. Le Canada était troisième dans le monde non communiste, après les États-Unis et l'Australie, pour la production de plomb, qui atteignait 2.8 millions de tonnes en 1970.

La production canadienne de 1970, soit 389 185 tonnes courtes sous toutes les formes, comportait 204 630 tonnes de métal raffiné. Les exportations représentaient 318 733 tonnes, dont 152 821 de métal raffiné. Les importations de métal et d'oxyde représentaient 4459 tonnes.

Un total d'environ 94 000 tonnes courtes de plomb primaire et secondaire fut consommé en 1970 en trois groupes principaux - les batteries, l'oxyde de plomb pour batteries et les revêtements de câbles avec 26 000 tonnes; les produits chimiques avec 22 000 tonnes; la métallurgie (alliages et fabrication) avec 18 000 tonnes. Il y avait 4 000 tonnes non classifiées. La quantité utilisée dans les laitons, bronzes et alliages de cuivre en général n'était que de 318 tonnes, et 1475 tonnes étaient utilisées sous forme de plomb antimonial.

J.O. Edwards devint chef de la Section des Métaux non ferreux en 1960, et Meier fut transféré au Bureau du Chef de la Division. Meier publia une histoire et une prospective du moulage des métaux non ferreux avant sa retraite en 1970, après 29 années de service à la Direction des Mines (MB IC 239). Meier était un métallurgiste très qualifié en Pologne avant la guerre; il était extrêmement appliqué dans sa recherche portant sur un vaste domaine de métaux non ferreux. Le Directeur comptait sur lui, et plus tard sur Edwards, pour obtenir des conseils détaillés sur les normes des métaux. En 1965, en plus de Couture, Lagoswki, Sebisty et Pollard, qui se joignirent à Edwards et Meier dans le début des années 50, les personnes suivantes s'ajoutèrent à la Section: Dr. D.W.G. White (1957-), Dr. R. Thomson (1964-), R.H. Palmer (1964-1970), J.L. Dion (1964-), Dr. A.F. Crawley (1965-). Au moment de la rédaction, Dr. L.V. Whiting (1970-) a remplacé Palmer et Dr. G.E. Ruddle (1971-) a remplacé White, qui a été détaché au bureau de la Science et de la Technologie du Docteur Harrison au Quartier général.

AUTRES MÉTAUX SOUS-PRODUITS

Cobalt

On se rappellera que le Docteur Haanel accordait une attention toute particulière à ce métal, dans le but de développer son utilisation, en le récupérant à partir des minerais argent-cobalt du district de Cobalt en Ontario (Chapitre 3).

A la fin de la Seconde Guerre mondiale, il n'y avait qu'une faible production (Chapitre 4) mais en 1970, le pays produisait 51,4 millions de livres de métal sous toutes ses formes. Le Canada était troisième, après le Zaïre et la Zambie; environ 90% du total était un sous-produit des minerais nickel-cuivre et argent-cobalt. La production comportait des concentrés expédiés dans des raffineries étrangères. Plusieurs minerais de cobalt contenant de l'argent et du cuivre furent soumis par l'industrie à la Direction des Mines pour étude de traitement. Le cobalt fut utilisé dans la recherche, tant dans la Division d'Extraction que dans la Division de la Métallurgie physique. En 1969, les exportations représentaient 1,2 millions de livres de métal, principalement vers les États-Unis. La consommation était d'environ 394 000 livres de métal, principalement dans le placage électrique, avec des quantités moindres dans les produits chimiques. Une monographie fut publiée sur le cobalt en 1954: "Cobalt in Canada" par R.J. Jones (MB Rep 847, 1954).

Cadmium

La production du métal, comme sous-produit des usines de zinc électrolytique, commença en 1928, à environ ½ million de livres par an; elle passa à 1 million de livres pendant la guerre mais retomba à 500 000 - 800 000 livres dans la période de l'après-guerre immédiate. En 1970, la production atteignait 4,3 millions de livres de métal, sous toutes les formes, qui incluaient 1,8 million de livres de métal raffiné. Le Canada était le quatrième au monde pour la production après les États-Unis, le Japon et l'URSS. Les minerais contenaient jusqu'à 0,07% de cadmium, et les concentrés 0,70%. La Direction des Mines ne reçut pas de minerais pour traitement, mais les divisions de l'Extraction et de la Métallurgie physique exécutèrent des recherches sur le cadmium. En 1970, le pays exportait 1½ millions de livres, principalement vers la Grande-Bretagne et les États-Unis, et consommait 125 000 livres, principalement pour le placage électrique, avec des quantités moindres pour les soudures, les pigments et les composés chimiques.

Autres métaux sous-produits

En dehors du cobalt et du chrome, notons plusieurs métaux sous-produits (dont certains ont déjà été mentionnés) préparés au Canada, ou importants pour le Canada, et dont une ou plusieurs divisions de la Direction des Mines traitèrent pendant la période examinée:

Antimoine - sous-produit de la fusion du plomb - quelques importations nécessaires aux besoins canadiens

Bismuth - sous-produit de certains minerais plomb - zinc, plomb-zinc-cuivre, molybdène et cuivre - excédent à l'exportation

Indium - des résidus de zinc et plomb - excédent à l'exportation

Platinoïdes - des minerais nickel-cuivre - excédent à l'exportation, quelques exportations et ré-exportations

Sélénium et tellurium - sous-produit des raffineries de cuivre et nickel - excédent à l'exportation

Étain - sous-produit de minerai de plomb et zinc - petit tonnage, grosses importations.

Une certaine proportion de la production canadienne d'or et d'argent est en réalité un sous-produit des minerais de métaux communs - pour l'or environ 20 à 25%, pour l'argent près de 90% - le reste provenant de minerais argent-cobalt et or.

La production de ces métaux importants indique la quantité de traitement et l'investissement correspondant nécessaires pour assurer la récupération économique de divers métaux à partir de minerais complexes. Le seul inconvénient de l'association des métaux "sous-produits" est le fait que leur production dépend de la poursuite de la production des composantes principales de minerais sulfurés.

Organisation de la Section des Métaux non ferreux,
Division du Traitement des minéraux, 1965

Lorsque la Division du Traitement des minéraux fut formée à partir de ses prédécesseurs, les divisions de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés d'une part et des Minéraux industriels d'autre part, R.W. Bruce fut nommé chef de la Section des Métaux non ferreux, assisté de G.O. Hayslip. Tous deux faisaient partie de la Direction des Mines depuis 1948. Ils furent accompagnés de G.I. Mathieu et R.P. Bailey, qui étaient entrés à la Direction en 1960 et 1961 respectivement. T.F. Berry fut transféré de la Division de la Métallurgie extractive en 1962 et A. Stemerowicz se joignit au groupe en 1963.

En 1965, la Section des Métaux non ferreux était composée des professionnels suivants: R.W. Bruce (1948-), chef, T.F. Berry (1956-), G.I. Mathieu (1960-), R.P. Bailey (1961-1975) et A. Stemerowicz (1962-).

En 1963, après la retraite de Bill Hutchings et l'accession de Pickett au poste de Chef de la Subdivision des Minéraux métalliques, Hayslip fut transféré pour assumer la responsabilité de la Section des Minéraux ferreux et peu communs. Bruce devint Chef de la Subdivision des Minéraux métalliques en 1974, à la suite de la retraite de Pickett.



R.W. Bruce

Corrosion des Métaux

Au cours de la guerre, la recherche sur la corrosion devint une activité importante dans les Laboratoires de métallurgie physique de la Division des Minéraux métalliques. La gamme d'alliages résistants à la corrosion était limitée à cette époque, par comparaison avec ceux mis au point dans la période d'après-guerre, et on faisait largement usage de revêtements protecteurs. Voici quelques exemples d'une longue liste d'études exécutées pendant cette période:

- évaluation de la résistance à la corrosion de tôles d'acier revêtues au sélénium (Etude 1828)
- protection de l'acier contre la corrosion par un polymère organique typique d'oxyde de silicium (Etude 1839)
- propriétés de résistance à la corrosion d'un revêtement de zinc sur acier (Etude 1848)
- nature de la corrosion sur les surfaces inférieures des ailes, fuselage, et plans de queue des appareils Lockheed 12A (Etude 1867)
- choix de méthodes préférables d'application d'un revêtement résistant à la corrosion sur les pièces de magnésium (Etude 1914).

Au cours du développement du réacteur atomique expérimental à Chalk River, le Conseil National de la Recherche s'adressa à la Direction des Mines pour la métallurgie physique des métaux structuraux et des barres de combustibles. Une considération importante était naturellement que tous les métaux utilisés dans le réacteur devaient résister à la corrosion. Sur ce point, Laigne, chef du groupe de la Direction des Mines à Chalk River, assisté de Spence, s'occupait de près de la prévention de la corrosion. Le Bureau des Mines

était actif dans le Comité associé du CNR sur la recherche et la protection contre la corrosion, le sous-comité de la Corrosion du projet de l'énergie atomique, le Comité de la Marine royale canadienne sur la Corrosion et l'Encrassement, et le sous-comité de l'équipement de lutte contre l'incendie du Comité des Normes d'achat du gouvernement canadien, qui établissait les cahiers des charges des matériaux pour ces équipements.

En 1944, lorsque R.R. Rogers, chimiste expérimenté, entra à la Division des Minéraux métalliques comme Chef du Laboratoire de métallurgie chimique, qui faisait partie des Laboratoires de recherche en métallurgie physique, il devint l'expert en chimie de la corrosion. Après la formation d'une Division de Métallurgie physique distincte en 1949, Rogers continua à travailler au Laboratoire de métallurgie physique, malgré son transfert à la Division de Préparation des minéraux et de Métallurgie des procédés, où il resta Chef d'une Section de Métallurgie chimique augmentée. Il était assisté de I.I. Tingley (1953-1964), qui était entré à la Division de la Métallurgie physique, pour deux études: "A literature study of corrosion resistance of wrought iron and open-hearth steel" (B IC



Gord Hayslip - Etude de la flottation à l'échelle pilote

111, 1958) et "A corrosion study in processing uranium ore" (MB RR 65, 1960).

La Division de Préparation des minéraux et de Métallurgie des procédés, ainsi que la Division de Métallurgie extractive qui lui fit suite, assumèrent la responsabilité de la chimie de la corrosion.

Ce groupe se spécialisa dans une étude à long terme ayant pour but l'amélioration des procédés de placage électrique au zinc, cadmium, chrome, et argent, particulièrement en rapport avec le problème de fragilisation des aciers à haute résistance par l'hydrogène produit dans le placage électrique. Les deux premières études publiées concernaient le placage au zinc et au cadmium: "Control of zinc electro-deposition to decrease hydrogen embrittlement in steel" par W. Dingley (1945-1975) et J. Bednar (1960-) (50th Annual Technical Proceedings, American Electro-plating Society, juin 1963), et "Prevention of significant embrittlement in certain types of high-strength steels, prior to and during cadmium electro-plating" par J. Bednar, W. Dingley et R.R. Rogers (Electrochemical Technology, p. 497-501, septembre - octobre 1966).

On obtint une amélioration du chromage des aciers à haute résistance en effectuant un pré-placage de l'acier avec du cuivre, comme le rapporte le document "preplating high-strength steels with copper to prevent embrittlement during chromium plating" par C. Freeman, W. Dingley et R.R. Rogers (Electrochemical Technology, vol. 6 pages 64-66, 1968). Plus tard, on mit au point un procédé amélioré de placage électrique, au moyen d'un bain de sulfate à faible concentration, qui réduisait la production d'hydrogène et réduisait la tendance à la fragilisation par l'hydrogène; ce procédé est documenté dans le rapport "Chromium plating from a low-ratio sulfate bath: improvement by addition of sodium hydroxide" par J.C. Saiddington et G.R. Hoey (Plating, vol. 57, p. 1112-1116, novembre 1970). Les auteurs de cette invention reçurent l'American Electro-plating Society Award. Un rapport sur une étude parallèle fut également publié dans "Microscopic study of the formation of cathodic films on iron during electrolysis of chromium plating solutions at various $\text{CrO}_3:\text{SO}_4$ ratios" par J.C. Saiddington et G.R. Hoey (Journal Electrochem Soc, vol. 117, no 8, pp. 1011-1020, 1970).

On mit au point une meilleure méthode d'argentage électrique de l'acier en portant le rapport hydroxyde de sodium - cyanure de sodium à des niveaux plus élevés que ceux des bains conventionnels de placage au cyanure; les compositions optimales furent déterminées par analyse statistique de considérables données d'essais: "Improved silver cyanide plating baths: laboratory development" par W. Dingley, J. Bednar et R.R. Rogers (Plating, vol. 56, p. 1129-1134, octobre 1969; MB RS 87, 1969).

Un projet de recherche à long terme fut lancé en



W. Dingley inspectant des échantillons au cours d'un essai précédent de corrosion marine accélérée (Photo (ONF)

1964, portant sur la corrosion atmosphérique de l'acier et des surfaces galvanisées par l'effet de la combustion de gaz sulfureux dans une atmosphère humide, qui produit de l'acide sulfureux ou, pour utiliser une expression répandue, la pluie acide. On étudia ce phénomène, ainsi que la prévention de la corrosion par l'acide sulfureux de l'acier doux et du zinc. Il apparut qu'une combinaison d'oxalate d'ammonium et "d'hexamine" formait un agent inhibiteur: "Additives prevent low carbon steel corrosion in sulfurous acid" par W. McLeod (1960-1974) et R.R. Rogers (Material production, vol. 5, p. 28-29, décembre 1966, réimprimé MB RS 30); également: "Additives prevent corrosion of zinc in sulfurous acid" par les mêmes auteurs (Material Protection, vol. 8, p. 25-27, avril 1969).

La Division de la Métallurgie extractive estimait que le coût direct de la corrosion dans l'industrie canadienne des mines et de la métallurgie pourrait représenter \$60 millions par an. C'était la raison d'un projet de recherche et développement à long terme lancé en 1970, portant sur l'identification des problèmes de corrosion et des mesures préventives: "Corrosion control in Canadian sulphide ore mines and mills" par G.R. Hoey et W. Dingley (CIM Bull vol. 64, no. 709, pp. 62-69, mai 1971).

A la date de rédaction, les activités de recherche et développement en corrosion se poursuivent sur les procédés de placage électrique, particulièrement en rapport avec le chrome, et aussi sur les problèmes de corrosion dans l'industrie minière.

En 1965, la recherche sur la corrosion faisait partie de la Section de Pyrométallurgie et Corrosion, composée du personnel professionnel suivant:

Chef, Docteur R.R. Rogers, (1944 - 1969)
 G.E. Viens (1945-)
 W. Dingley (1945-)
 G.V. Sirianni (1949-)
 R.A. Campbell (1950-)
 G.N. Banks (1953-)
 W.A. McLeod (1960-1974)
 J.C. Saiddington (1961-)
 R.L. Sachdeva (1962-1967)
 Docteur A.W. Lui (1964-)

En 1967, la Corrosion devint une section séparée, avec R.R. Rogers, Chef, W. Dingley, W.A. McLeod, J.C. Saiddington, A.W. Lui et le docteur G.R. Hoey, qui entra à la Direction des Mines en septembre 1967. Rogers prit sa retraite en 1968, et fut remplacé par Hoey comme Chef de Section.

La Division de Métallurgie physique, au cours de l'après-guerre, avait des intérêts majeurs sur le sujet de la corrosion et de sa prévention, répartis en trois domaines:

- mise au point et utilisation d'alliages résistants à la corrosion (particulièrement de titane et de zirconium au cours des années 50)
- galvanisation
- phénomènes de corrosion associés à l'utilisation de métaux, par exemple corrosion sous contrainte et usure provenant de la vibration des composantes de machines.

En 1958, S.L. Gertsman, Chef de la Division, donna à ces activités le nom de "traitement de surface et corrosion". En 1960, le docteur G.J. Biefer entra à la Division et fut mis en charge de la Section de Corrosion. Il était assisté de H.M. Weld (1948-) et B. Olivier (1945-1971). Weld avait mis au point une méthode améliorée de placage dans le cadre d'un procédé de liaison des revêtements des combustibles atomiques. Les entrepreneurs américains et canadiens adoptèrent les méthodes de Weld, après avoir consacré des efforts considérables à la mise au point de leurs propres méthodes.

La plupart des activités de la Section concernaient les tests de diverses formulations d'alliages ferreux et non ferreux. Toutefois, on accordait également une certaine attention aux phénomènes de corrosion dans l'industrie minière, ce qui produisit le rapport "Corrosion fatigue of structural metals in mine shaft waters" par G.J. Biefer (MB RR 167, 1965) et une étude parallèle par le même auteur "Polarization measurements on ASTM-type 6061-T6 aluminum alloy in three Ontario mine shaft waters" (MB TB 73, 1965).

On ne peut donner que quelques exemples des

alliages résistants à la corrosion, en raison des limitations d'espace. J.G. Garrison et G.J. Biefer effectuèrent une comparaison des essais de corrosion sur le terrain et au laboratoire, pour les aciers inoxydables AISI type 430 (MB TB 91, 1967). Ces deux auteurs effectuèrent également des essais de corrosion en crevasse par l'eau de mer, sur le même acier et aussi avec additions d'uranium (MB TB 98, 1968). G.J. Biefer étudia les effets de divers éléments d'alliage sur la corrosion de cet acier (MB TB 87, 1967) ainsi que le comportement de polarisation correspondant (MB TB 90, 1967). Il effectua aussi des essais exploratoires sur le fissurage par corrosion en contrainte de certains aciers à haute résistance et faible taux d'alliage (MB TB 111, 1968). J.G. Garrison, qui entra à la Direction des Mines en 1957 et la quitta en 1974, était un technicien supérieur dans la Section des Métaux ferreux. Le docteur B.C. Styrett entra à la Section de la Corrosion en 1967, pour y rester trois ans. En 1971, le docteur J.B. Gilmour arriva à la Section, et à la date de rédaction, travaille avec le Docteur Biefer qui reste chef de la section de Corrosion. Weld fut transféré en 1968 au bureau du Chef de la Division - pour des projets spéciaux.

Une étude à long terme de la corrosion fut entreprise dans la Division des Minéraux industriels au cours des années 50, et se poursuivit dans la Division de Traitement des Minéraux après 1959. Cette étude faisait partie du programme bien établi sur les eaux industrielles, portant sur l'eau fournie aux camps militaires ou utilisée pour des applications industrielles et domestiques. Ce projet, lancé en 1956, fut poursuivi partiellement en coopération avec la National Association of Corrosion Engineers. Dans une phase de l'étude, on plaça des morceaux de deux pieds de long d'aluminium, cuivre, fer galvanisé et fer noir dans des conduites d'eau en sept emplacements au Canada. On recueillit des échantillons de l'eau acheminée dans les canalisations, ainsi que d'autres données pertinentes, tous les trimestres, jusqu'au retrait des spécimens pour évaluation. On entreprit une étude de laboratoire sur l'effet de la qualité de l'eau sur la corrosion des réservoirs en fer galvanisé par l'eau chaude, à pression atmosphérique ainsi qu'à une pression de 30 livres par pouce carré. J. Ungar effectua un examen de l'utilisation du cuivre dans des systèmes d'eau domestique (1958-1961) (MB IC 107, 1959).

Ungar effectua deux autres études concernant la contamination colorée des eaux naturelles: "Further studies on the measurement of organic (colouring) matter in natural waters" par J. Ungar et J.F.J. Thomas (MB TB 39, 1962) et "Infrared absorption by colouring matter in natural waters" par J. Ungar (MB RR 106, 1963). Ces rapports furent publiés après le départ de Ungar en 1961.

On envisagea l'organisation d'un programme sur la corrosion impliquant trois divisions, pour en faire un programme coordonné de la Direction, mais la

diversité des méthodes et points de vue rendit la tâche impossible; malgré tout, pendant environ quatre ans, il y eut un comité fonctionnel inter-divisionnel, composé de représentants des Divisions de Métallurgie physique, de Traitement des minéraux et de Métallurgie extractive.

Division de la Métallurgie physique

Comme la Division des Sciences minérales, cette division ne se prête pas facilement à une approche par denrée, et par conséquent cette partie du récit catégorise les activités de la Division qui n'ont pas été décrites précédemment sous les rubriques correspondant à des métaux spécifiques. Les chapitres précédents ont fait connaître l'histoire de la transition des activités de recherche et développement en métallurgie physique, depuis les débuts modestes au temps du docteur Haanel jusqu'aux activités les plus importantes de la Direction des Mines au cours de la Deuxième Guerre mondiale.

Le docteur Convey fut choisi en 1948 par Timm et Parsons comme Chef de la Division en raison de son expertise fondamentale en physique atomique et métallurgique, pour mener, pour ainsi dire, la Direction dans "l'âge nucléaire", ce qui comportait non seulement l'émergence de l'énergie atomique dans un rôle non destructeur mais également le passage à un nouveau plateau, introduit par la guerre, quant aux attentes et aux exigences de performance de métaux.

La transition de la période de guerre à cette nouvelle période commença pratiquement en 1945, mais les exigences imposées à la Division augmentèrent en fait, parce qu'en plus des exigences gouvernementales dans les deux domaines mentionnés, il y avait une demande croissante de la part d'une industrie en expansion, et en particulier de la part des fonderies canadiennes. Comme le déclarait Parsons dans son rapport pour 1946-47, "Parmi les mille usines environ au Canada, bien peu sont d'une taille qui leur permette d'employer des métallurgistes qualifiés". Comme on l'a mentionné au chapitre 5, le Steel Castings Institute of Canada chercha à établir un rapport étroit avec la Direction. Il nomma un ingénieur en résidence pour participer à la recherche, et cette pratique reste en vigueur à la date de rédaction. L'Advisory Committee on Magnesium Research de l'industrie, formé en 1945 avec des membres de l'industrie, de la Défense nationale et du Bureau des Mines, fut prié par la Défense nationale d'entreprendre un vaste programme de recherche sur les problèmes concernant l'utilisation des alliages de magnésium en fabrication, pour permettre la conversion des appareils de défense aux opérations aéroportées et au service à basse température. De même, le projet de l'énergie atomique, l'industrie aéronautique et la Défense nationale recherchaient tous les alliages résistants à la corrosion et à la température, et présentant des rapports résistance-poids favorables; en conséquence le titane et le zirconium jouèrent un rôle

important dans la recherche en métallurgie physique au cours des années 50.

Le groupe scientifique de la Physique des Métaux, dirigé par Cunningham, fut renforcé par Convey, qui introduisit un certain nombre de chercheurs scientifiques, dont certains avaient été formés par lui-même à l'Université de Toronto. La spectroscopie jouait un rôle croissant dans la mise au point d'alliages d'acier et dans l'identification des impuretés. Convey rédigea avec le docteur J.K. Hurwitz (1948-1957), un de ses anciens élèves, un rapport de la Direction des Mines pour faciliter une analyse quantitative rapide et précise d'une gamme variée d'alliages d'acier - "The spectrum of steel - a table for the selection of homologous spectral lines" par John Convey et J.K. Hurwitz (MB Rep 838, 1954).

Organisation de la Division de la Métallurgie physique, 1957

La nomination du docteur Convey comme Directeur était une mesure logique, premièrement en raison de son expérience de recherche, et deuxièmement en raison des occasions existantes pour le développement, aidé par des programmes de R&D, et d'une industrie secondaire des métaux plus ferme, à partir des aptitudes et ressources acquises au cours de la guerre.

Au Chapitre 5, on a donné l'organisation et la liste du personnel supérieur en février 1951, lorsque le Docteur Convey était chef de la nouvelle division formée en 1949. On trouvera ci-dessous l'organisation et la liste du personnel supérieur au mois d'avril 1957:

Chef adjoint - S.L. Gertsman (1946-)

Note: MacPhee remplaça Convey et servit de Chef de Division jusqu'à sa mort en 1957.

Agent d'administration - M.J.B. Bradley (1949-)

Physique des Métaux:

Chef - Docteur R.L. Cunningham (1942-)
Docteur J.K. Hurwitz (1948 - 1957)
Docteur C.M. Mitchell (1948-)
H.M. Weld (1948-)
Docteur Y.L. Yao (1950-)
K.S. Milliken (1950-)
Docteur W.J. Wrazej (1951-1964)
Docteur J.A. Bland (1957-1959)

Métaux ferreux:

S.L. Gertsman
Docteur W.A. Morgan (1954-1962)
D.E. Parsons (1950-)
R.D. McDonald (1955-)
D.R. Bell (1956)
D.K. Faurschou (1951-)
R.K. Buhr (Fonderie) (1953-)

Métaux non ferreux:

Chef - J.W. Meier (1941-1970)
 J.O. Edwards (1948-)
 A. Couture (1951-)
 B. Lagowski (1951-)
 J.J. Sebisty (1951-)
 W.A. Pollard (1952-)

Métaux réfractaires:

Chef - H.V. Kinsey (1942-)
 Docteur A.J. Williams (1954-)
 Docteur J.W. Suiter (1957 - 1958)

Métallurgie nucléaire:

Chef - N.S. Spence (1953-1975)
 C.F. Dixon (1954-)

Fatigue des Métaux:

Docteur T.W. Wlodek (1942-1970)
 W.H. Bott (1947-)
 J. Harbec (1956-)

Rhéologie et Fracture:

H.H. Bleakney (1930-1935 et 1952-1963)
 Docteur F. Weinberg (1951-1967)

Génie Physique:

Chef - R.C.A. Thurston (1946-1975)
 F.W. Marsh (1950-)
 J.G. Buchanan (1950-1957)

Métallurgie mécanique:

Chef - N.B. Brown (1938 - 1960)
 P.J. Todkill (1949-)

Radiographie:

W.E. Havercroft (1947-1975)

Fonderie:

M. Feltrin (1929-1965)

Laboratoire des sables de fonderie:

A.E. Murton (1944-)

Façonnage des Métaux:

Chef - J.A. Perry (1945-1974)
 H.R. Huffman (1948-1960)

Soudure:

H.J. Nichols (1943-1958)
 W.P. Campbell (1947-)
 V.L. Caron (1948-)
 S.A. Agnew (1950-1957)

Les désignations utilisées dans l'organisation décrite ci-dessus reflétaient l'accent particulier mis sur un domaine ou sur la spécialisation d'un individu; par exemple, il aurait été possible de regrouper Rhéologie et Fracture et Fatigue des Métaux avec Physique des Métaux ou Génie physique.

Disciplines - Physique, Traitement et Application des Métaux

Essentiellement, le programme de la Division de Métallurgie physique avait pour but une connaissance complète, depuis la fusion du métal de base, avec addition d'éléments d'alliage, jusqu'à l'utilisation de produits métalliques vendables, c'est-à-dire tout le domaine de la science appliquée de métallurgie physique. Le programme se divisait en trois principaux domaines de disciplines: physique des métaux, traitement des métaux et application des métaux.

La physique des métaux s'occupait des propriétés fondamentales et de la structure des métaux. Des projets de recherche étaient exécutés principalement par des chercheurs avancés qui, connaissant les lacunes dans nos connaissances, entreprenaient de leur propre initiative des projets, sous une direction d'ensemble, dans les deux domaines, physique de la fusion et de la solidification et physique de l'état solide (dénommés par Gertsman structures et transformations). Autrement dit, dans le premier domaine, on étudiait des questions portant sur les propriétés des métaux à l'état liquide, sur la ségrégation et sur la diffusion au cours du refroidissement. Dans le deuxième domaine, les projets portaient sur la structure et les imperfections des réseaux cristallins (dislocations et défauts) sur la préparation et l'étude de monocristaux de métaux ou minéraux, et sur des phénomènes comme les forces de cohésion des atomes dans les métaux et alliages, la déformation plastique, la fatigue, etc.

On verra d'après ce qui précède que les chercheurs s'occupaient en réalité de toute la gamme des activités de la Division, depuis l'étude de la substance du métal jusqu'à son comportement dans les applications, en passant par toutes les diverses manipulations.

Le traitement des métaux concernait les procédés principaux mettant à l'épreuve l'applicabilité d'un métal, ou plus généralement d'un alliage composé d'un métal de base avec une ou plusieurs additions. Il s'agit des techniques de la fusion, du moulage, de la solidification et des techniques moins répandues de la métallurgie des poudres, suivies du façonnage des métaux, de la fabrication et du soudage.

L'application des métaux était un groupe d'activités regroupé au départ sous le nom de Métallurgie mécanique; il incluait l'évaluation et parfois la conception de modifications des méthodes de fabrication métallique, les tests de résistance et autres propriétés au début ou au cours du traitement, le contrôle de qualité des pièces moulées et soudées, et par-dessus tout l'étude du comportement des produits métalliques dans divers environnements.

En plus de l'organisation disciplinaire de la

Division, il y avait le groupe important des métallurgistes, dont beaucoup détenaient des diplômes d'ingénieur, qui représentaient les produits métalliques. Les deux groupes les plus importants étaient les groupes des métaux ferreux et non ferreux, suivis des métaux réfractaires, du groupe nucléaire et du groupe de la métallurgie des poudres.

Tous ces groupes étaient essentiellement responsables de la recherche et du développement sur des alliages, et beaucoup s'identifiaient comme spécialistes de certains métaux, par exemple Gertsman pour l'acier moulé, Meier pour les métaux légers, Edwards pour les métaux non ferreux lourds, Kinsey pour les métaux réfractaires, Spence pour les métaux se rapportant au génie nucléaire, et plus tard pour les poudres métalliques. Les métallurgistes de ces groupes dirigeaient leurs projets dans les laboratoires de procédés (fonderie, façonnage des métaux, soudure, etc.), ainsi que dans les laboratoires d'essais. Ils traitaient également des demandes extérieures, portant entre autres sur les ruptures de métaux, sur lesquelles on effectuait des travaux de diagnostic, par exemple la métallographie, l'examen aux rayons X, etc., et ils préparaient des rapports.

Le travail de recherche et développement sur les métaux ferreux représentait environ deux tiers du volume total des travaux de la Division; la plupart des métaux réfractaires étaient utilisés dans des formulations d'acier.

Les spécifications d'alliages ferreux sur ce continent sont maintenant établies par l'American Iron and Steel Institute, mais étaient auparavant établies par la Society of Automotive Engineers. En conséquence, il y avait des limitations à l'introduction commerciale d'alliages ferreux par les ingénieurs et chercheurs de la Direction des Mines. Par contre, les métaux non ferreux sont très différents, car leur nombre est très grand. Un certain nombre d'organisations de normalisation avaient leurs propres comités tant sur des métaux ou groupes de métaux spécifiques, par exemple, l'Association canadienne des Normes (ACNOR), qui était reliée par les comités consultatifs avec l'International Organisation for Standardization (ISO) et avec l'American Society for Testing and Materials (ASTM), qui comportait une forte représentation du Canada. Il y avait également des comités d'orientation métallurgique dans le Canadian Government Specifications Board, et dans l'Organisation pour la coopération et le développement économique (OCDE). En raison de cette approche différente pour les spécifications de normalisation des métaux non ferreux, il y avait plus de possibilités de mise au point d'alliages nouveaux qui soient acceptés par l'une ou l'autre de ces organisations. Meier était l'agent principal chargé de la standardisation, mais plusieurs des agents dans le groupe des métaux non ferreux participaient à cette activité.

Les groupes tant "ferreux" que "non ferreux" étaient actifs dans l'American Foundrymen's Society, qui commandait beaucoup de projets de recherche, avec la participation de la Direction. Il n'existait pas d'organisation comparable au Canada, à l'exception du Steel Castings Institute of Canada. Les métallurgistes étaient également regroupés dans la plus grosse organisation de métallurgistes au monde - l'American Society for Metals (ASM), qui comportait des cellules dans diverses parties du Canada. La soudure était bien représentée au Canada par le Canadian Welding Bureau et la Canadian Welding Society.

Pendant les années 50 et 60, les activités de cette Division étaient plus influencées que celles des autres par les besoins des Ministères de la Défense nationale et des Transports, particulièrement du premier, qui finançait beaucoup de ses projets. La Division était considérée par le MDN comme son principal conseiller en métallurgie, comme au temps de la guerre.

De plus, la Division devait faire face à des demandes importantes de l'industrie, en raison de ses connaissances vastes et détaillées sur les métaux. En un sens, elle constituait une communauté autonome, à l'exception de l'analyse chimique et du partage des installations d'ateliers, et aurait pu fonctionner comme un institut indépendant.

Etant donné les installations et aptitudes disponibles, l'ensemble du personnel s'occupait de problèmes provenant de l'extérieur, à l'exception peut-être de quelques chercheurs très retirés dans le groupe de la physique des métaux. Et même ceux-là avaient des chances de participer à la solution de certains problèmes, en raison de leur expertise et de leur intérêt personnel dans l'examen d'une rupture ou d'une anomalie dans les métaux.

En raison des limitations d'espace, on ne pourra mentionner que quelques exemples de recherche et développement dans les groupes mentionnés ci-dessus.

Physique des Métaux

Pour la mesure de l'espacement interatomique dans les cristaux, on mit au point un programme d'ordinateur pour l'analyse des données de diffraction aux rayons X; le programme fut conçu pour traiter des données provenant tant du diffractomètre que de la caméra, et fut appliqué à des structures présentant des symétries de toutes sortes.

On étudia une technique intéressante pour déterminer l'orientation des monocristaux de métaux ou minéraux, par bombardement ionique; ce bombardement éjectait des atomes dans les directions cristallographiques. Cette recherche fut poursuivie par une étude des dispositions superficielles des atomes dans les

cristaux métalliques.

Une autre étude au cours du début des années 50 porta sur les limites de grains dans les métaux, pour acquérir une meilleure compréhension de la ségrégation des impuretés, de la diffusion, de la dislocation et des défauts du réseau cristallin, autrement dit, de la structure microscopique et sub-microscopique. On utilisa la microscopie électronique par transmission, et plus tard la microscopie électronique à balayage. Vers la fin de la période en question, on introduisit un micro-analyseur à sonde électronique. Cet appareil rendait pratique un grossissement allant jusqu'à 30 000 diamètres. On pouvait de plus agrandir les images photographiques par les moyens optiques ordinaires, permettant un grossissement d'ensemble dépassant 100 000.



C.M. Mitchell utilise un appareil à diffraction de rayons X acquis au début des années 50 (Photo - ONF)

Voici quelques références: "Ejection of atoms from metallic single crystals" par R.L. Cunningham et J. Ng Yelim (RS 10, 1966, réimprimé du American Journal of Physics, vol. 33, no 12, 1064-1069, 1965): "Simplified apparatus and technique for the determination of crystal orientation by ion bombardment" par R.L. Cunningham et J. Ng-Yelim (MB RR 146, 1965). "Grain boundaries in metals" par F. Weinberg (MB RR 44, 1959). "The role of lattice defects in the precipitation of carbon in alpha iron - direct observations of imperfections in crystals" par E. Smith (Interscience Publications, New York, 1962). "Tools and techniques in physical metallurgy" publié par Marcel Dekker, 2 volumes, New York, 1970; Rédacteur: Docteur F. Weinberg; Chapitre 2, "X-ray diffraction" par C.M. Mitchell; Chapitre 3 "Crystal growth and alloy prepara-



E.F. Laufer au premier microscope électronique à transmission install. aux LRMP en 1959, considéré le premier au Canada (Photo - George Hunter)



H. Thresh utilisant le premier microanalyseur à sonde électronique installé aux LRMP en 1964. L'instrument permet d'identifier les composés dispersés dans un alliage (Photo - George Hunter)



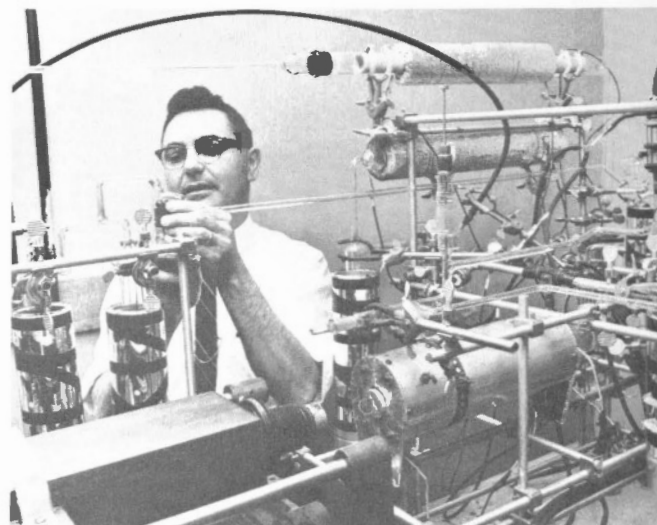
D.R. Bell au microscope métallographique quantitatif (Photo - George Hunter)

tion" par F. Weinberg et J.T. Jubb; Chapitre 6 "Electron microscopy" par E. Smith.

Dans la physique de la fusion et de la solidification, il y avait deux projets principaux: propriétés des métaux liquides, et solidification progressive des masses en fusion. Le premier programme fut exécuté en coopération avec le Canadian Zinc and Lead Research and Development Committee et s'occupait des propriétés des métaux liquides, principalement des alliages à base de zinc et de plomb, avec plus tard certaines études sur l'acier. On étudia les effets de la température et de la composition sur la viscosité, la densité et la tension de surface.

Le deuxième projet portait sur des études de ségrégation en solution, particulièrement en rapport avec les alliages binaires dilués; il s'étendit tard aux alliages ternaires. On fit usage d'éléments traçants. Les distributions de soluté obtenues pendant la solidification progressive firent l'objet d'analyses par ordinateur. Il était possible de décrire les courbes de distribution de soluté au moyen de deux paramètres physiques: effet du coefficient de ségrégation et diffusion.

Voici quelques références: "Viscosity of pure liquid zinc, determined by oscillating a cylindrical



D.W.G. White manerant la tension de surface d'un métal liquide (Photo - George Hunter)

vessel" par H.R. Thresh (1960-1967) (MB RR 133, 1964); "Theory and experiment in methods for the precision measurement of surface tension" (MB RR 157, 1965) et "Surface tension of molten zinc and some zinc alloys" (MB RR 1960, 1965), tous deux par D.W.G. White (1957-).

Traitement des Métaux - fonderie

La séquence allant de la fusion à la solidification fut exécutée à l'échelle de l'usine-pilote dans la fonderie expérimentale de la Direction, où l'on produisit des fusions allant jusqu'à 500 livres dans un four à arc électrique. Pour les métaux légers comme l'aluminium et le magnésium, il y avait une installation séparée.

Un projet important sur le fer nodulaire, dans la période immédiate de l'après-guerre, concernait l'addition de magnésium à la fonte brute pour donner un produit beaucoup moins fragile et plus résistant que la fonte standard. Ce procédé ne fut pas accepté très largement, en raison des dangers associés à l'introduc-



E. Cere et A. Lévesque déversant l'acier fondu du four à arc électrique de 600 livres (Photo - George Hunter)

tion d'un métal à bas point d'ébullition dans le fer en fusion. "Nodules and nuclei in nodular iron" par J.E. Rehder (American Foundryman, vol. 21, no 2, p. 44-48, 1952) et "Nodular iron hot-forged and rolled experimentally" par J.A. Perry et J.E. Rehder (Iron Age, vol. 1968, no 14, p. 229-233, 1951). Toutefois, au cours des quelques dernières années, on a vu un renouveau d'intérêt pour cet alliage.

Comme on l'a mentionné brièvement au chapitre 5, l'industrie des moulages d'acier présentait au Bureau des Mines, par l'intermédiaire du Steel Castings Institute of Canada, des problèmes concernant la fusion, les trous de coulée, les trous d'échappement et les traitements thermiques des aciers au carbone et alliés. De plus, on étudia le sérieux problème de la pénétration du métal dans les sables de noyau, en combinaison avec des méthodes améliorées de conditionnement des sables. L'objectif de ce premier programme pratique était d'améliorer le produit et de réduire des rebuts, ainsi que la coûteuse phase de nettoyage dans le procédé de fonderie. Le programme fut exécuté en collaboration avec l'American Foundrymen's Association (Comité sur les Propriétés physiques des Matériaux de Moulage des Fonderies de Fer à haute température). Un moulage mis au point par la Division fut adopté par l'Association comme norme pour la détermination de la qualité du sable dans la résistance à la pénétration des métaux: "Metal penetration" par S.L. Gertsman et A.E. Murton (American Foundrymen's Society Report S1-16, 1951).

Il y avait une activité comparable du côté des métaux légers ou non ferreux, de la part de Meier et Rylski. Un projet de recherche fut entrepris en 1947, commandité par l'American Foundrymen's Society, portant sur le moulage centrifuge des alliages. Trois rapports furent publiés sur des équipements spéciaux de fonderie, divers mélanges de sable, et une étude préliminaire de l'écoulement du métal et de la manière dont il est affecté par la méthode de coulage et la conception de la qualité du moule (Trans Am Foundrymen's Soc, vol. 57, pp. 602-631, 1949). Le quatrième rapport, sur les trous de coulée, fut publié en 1953 (Trans Am Foundrymen's Soc, vol. 61, p. 744-762). Tous ces rapports étaient dus à J.W. Meier et O.Z. Rylski. On utilisa des fours de fusion sous vide, pour la fusion et l'alliage des métaux, particulièrement des métaux de type réactif.

L'étude du dégazage sous vide et du moulage commença dans la fin des années 50. Le procédé avait pour but de retirer l'hydrogène et autres gaz qui causaient une fragilisation de l'acier, particulièrement nuisible dans les aciers à haute résistance. Des études comparatives de moulages ordinaires et dégazés furent effectuées au cours de la décennie suivant: "Vacuum degassing of steel, Part I: literature survey and preliminary work" par D.E. Parsons et W.A. Morgan (MB RR 47, 1959).



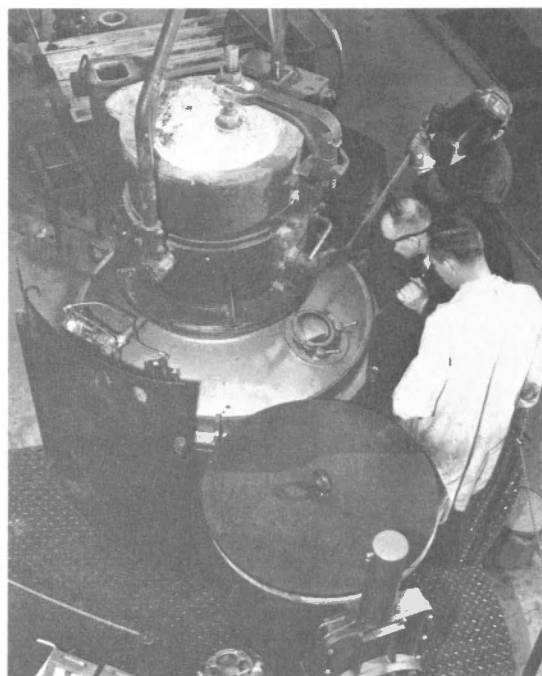
1



2



3



4

1 - J. Shields démarre le four pour la fusion d'un alliage d'aluminium, tandis que J. Buck prépare une fusion supplémentaire d'alliage de magnésium; 2 - R.H. Landry charge l'électrode consommable dans le four de fusion à arc sous vide (Photo - George Hunter); 3 - H.P. Guindon nettoie le four Balzer de fusion par induction sous vide (Photo - George Hunter); 4 - A. Levesque (masqué), M. Feltrin (portant les lunettes) et D.E. Parsons étudient le dégazage sous vide d'une masse fondue d'acier dans la fonderie expérimentale.

On inventa une sonde destinée à la détermination directe du pourcentage d'oxygène dans une masse d'acier en fusion; après développement, cette sonde fut mise sur le marché par une compagnie: "Oxygen probes in steel foundries" par S.L. Gertsman, D.K. Faurschou et J.C. Pope (Foundry, vol. 98, pp. 78-82, septembre 1970).

Les installations uniques de la fonderie, ainsi que les aptitudes de son personnel, furent utilisées très intensivement par l'industrie canadienne, pour un certain nombre d'objectifs au cours des années 50 et



H. Fairfield et J. Kosowan effectuant la trempe à bain d'huile de tiges de forage en acier à 1550°F (Photo - ONF)



R. Buhr



Groupe de la Fonderie, 1966. Premier rang, de gauche à droite: E. Brackenbury, A. Hébert, M. Feltrin, J. Brick, N. Devine, E. Constantineau; deuxième rang, de gauche à droite: A. Bélanger, L. Clement, A. Levesque, J. Ward, G. Swain, J. Kosowan, J. Shields, W. Cere, M. Cunningham, E. Regimbald

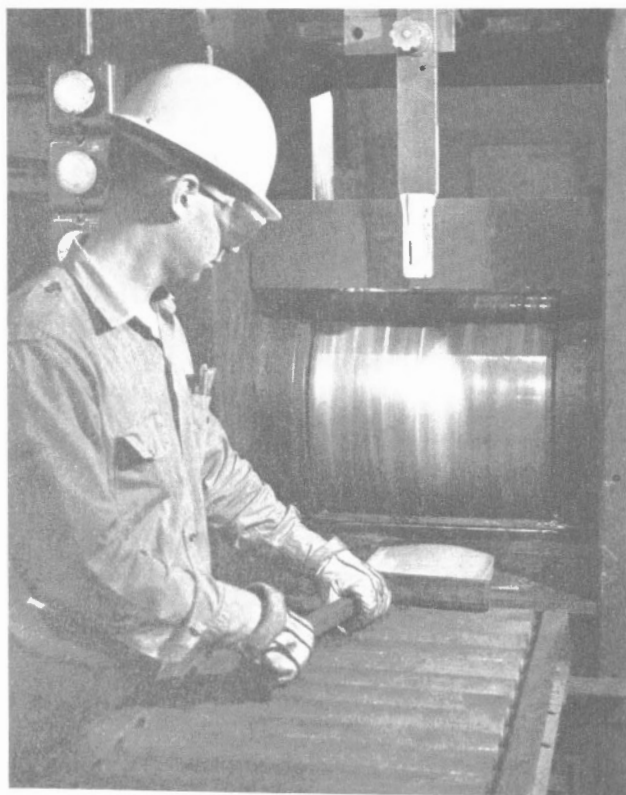
60. Il y avait une demande constante de production d'alliages spéciaux pour les projets de recherche de l'industrie, dans la mesure où il n'y avait pas d'installations comparables ailleurs au Canada. De plus, des idées concernant des nouveaux procédés permettant d'étendre les marchés des métaux faisaient l'objet d'essais dans ces installations; par exemple, les premiers essais concernant l'injection d'oxygène par le fond dans la production d'acier furent effectués à la fonderie au milieu des années soixante; ceci eut pour résultat le procédé de fabrication d'acier commercial connu en Amérique du Nord sous le nom Q-BOP. Une compagnie avait une idée portant sur une nouvelle méthode de coulage continu horizontal de l'acier, utilisant un sel fondu pour le transfert de chaleur, ainsi que pour le support du barreau métallique en cours de production; ce procédé s'avéra en fin de compte sans succès, mais aucune autre installation n'était disponible pour effectuer les expériences. Une autre fois, il fut nécessaire de produire pour la Commission géologique une forme moulée en acier extrêmement pur qui devait faire partie d'un aimant dans un appareil complexe; cette pièce fut également fabriquée dans la fonderie, car on ne put trouver aucune autre source.

Les visiteurs des laboratoires ont pu remarquer des plaques commémoratives dans divers emplacements du Ministère. On produisit des plaques pour commémorer les Jeux Olympiques ainsi que la circumnavigation de l'Amérique par le CGS Hudson. Le Docteur Convey lança l'idée d'un cadeau spécial de retraite pour les employés ayant accompli 25 années de services ou plus, sous la forme d'un castor sur une base moulée gravée de manière appropriée. Le castor est produit par le procédé "à la cire perdue" mentionné au chapitre 4. Une

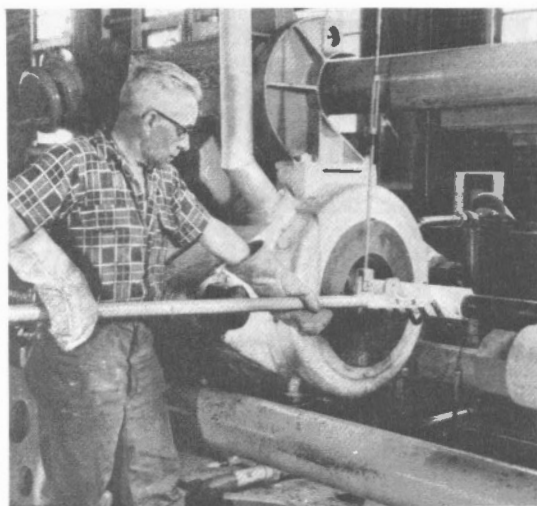
plaque a récemment été produite par le nouveau procédé de moulage sous vide, pour l'entrée de l'édifice Sir William Logan au 580 rue Booth.

Les installations de fonderie furent fortement mises à l'épreuve pendant les deux décennies, jusque dans les années 70, un peu comme la partie du traitement des minéraux, de pair avec l'expansion de l'industrie des minéraux et des métaux. Au cours des années 70, la situation devint moins difficile, et il fut possible de consacrer plus de temps aux travaux de recherche et développement sur les pratiques de fonderie: "New tool to improve gating design" par S.L. Gertsman, M.C. Ashton et R.K. Buhr (Foundry, vol. 99, pp. 54-56, janvier 1971), et "Evaluation of tests for control of foundry-sand systems" par A.E. Murton (Trans Am Foundrymen's Soc, vol. 77, 1969).

L'espace disponible ne permet pas de donner des détails; il faut toutefois mentionner que le traitement thermique était sous la responsabilité de la fonderie. Mike Feltrin, contremaître de la fonderie, prit sa



J. Vallières passe un barreau de nickel au lamissoir de 18 pouces (Photo - George Hunter)



A. Baker chargeant une billette d'aluminium dans la presse à zelfouler pour former une gaine tubulaire destinée à un prototype d'élément combustible à l'uranium.

retraite en 1965 après 36 ans de service comme chef des Opérations de Fusion pour la Direction. Pour sa contribution à l'effort de la Seconde Guerre mondiale, il reçut du Roi l'Ordre du MBE. Son successeur fut W.H.C. Cere qui prit sa retraite en 1971, suivi par R. Lacroix. Bob Buhr opérait la fonderie, avec le personnel technique, et l'assistance professionnelle des groupes des métaux ferreux et non ferreux, pour les coulées proprement dites. En 1967, le docteur M.C. Ashton (1967-1973) fut affecté à la fonderie. A la date de rédaction, le personnel professionnel de la section de fonderie est le suivant: R.K. Buhr, ancien combattant à la fois de l'armée de la RCAF, chef; C.J. Adams, le docteur K.G. Davis, A.E. Murton, et le docteur E.I. Szabo.

Traitement des métaux - Métallurgie des poudres

La métallurgie des poudres, comme procédé de production de métaux, date de l'utilisation des carbures cémentés, principalement dans les outils de coupe au carbure de tungstène, qui apparurent entre les deux guerres mondiales. Toutefois, vers la fin de la dernière guerre, la métallurgie des poudres était considérée comme un procédé économique pour la production de petites composantes sans usinage. Plusieurs études furent effectuées en 1946 au Bureau des Mines sur le frittage et la compaction de poudres métalliques, mais le lancement d'études continues eut lieu dans les années 50 à la demande d'Energie Atomique du Canada Ltée., sur les poudres d'aluminium frittées. Finalement, on produisit une poudre d'aluminium à 3,5% de zirconium. De plus, on étudia les domaines des

alliages durcis par dispersion et du moulage glissant de poudres au nickel. En 1962, on lança une étude sur les alliages aluminium-silicium hypereutectiques avec des pourcentages de silicium de 25, 35 et 45%. Ces alliages étaient façonnés par pression à chaud et extrusion, avec des densités allant de 97 à 100%. Ils présentaient des rapports résistance-poids élevés, un faible coefficient d'expansion thermique et une bonne résistance à l'usure. Leurs résistances à la rupture étaient de 33 000, 32 000 et 40 000 psi: "Hypereutectic aluminum alloys produced by hot compaction of atomized powder" par H.M. Skelly et C.F. Dixon (MB RR 184, 1966).

En 1967 fut lancé un projet sur l'évaluation de poudres de nickel produites par la Sherritt Gordon Company pour la production de pièces de monnaie en nickel. Ce procédé fut comparé au laminage à chaud et à froid de rubans de nickel, qui finit par être adopté pour la production des pièces de monnaie. On entreprit un programme de recherche étendu sur les poudres de fer, dans le but (a) de caractériser les poudres métalliques produites au Canada d'une manière moins ambiguë du point de vue scientifique, (b) d'étudier les facteurs impliqués dans le traitement des poudres pour la production de formes finies résistantes. Ce projet n'était pas achevé lors de la dissolution de la section en 1974.

Le groupe était dirigé par N.S. Spence, ancien combattant de la RCAF (1953-1975) assisté de deux professionnels: C.F. Dixon (1954-) et H.M. Skelly (1961-). Nev Spence était en poste à Chalk River à partir de 1953, date de son entrée à la Direction des Mines, et assistait le Docteur Lavigne dans le projet d'Energie atomique, pour les questions concernant les métaux de structure du réacteur expérimental. Lorsqu'il revint à Ottawa en 1956, le Docteur Convey continua à le consulter sur les questions de métallurgie nucléaire, et plus tard sur les questions concernant la Monnaie. Le programme de métallurgie des poudres dont il reçut la charge fut lancé en 1958. Nev prit sa retraite en 1975, ayant acquis une réputation de collègue informé et fiable.

Traitement des Métaux - Façonnage

Cette section s'occupait de toutes les questions de façonnage de produits semi-finis, autres que les moulages en sable et en coquille. A son entrée au Bureau des Mines en 1945, Perry reçut la tâche d'équiper le laboratoire de façonnage des métaux, comme on l'a noté au Chapitre 5. On consacra un peu moins de trois quarts de millions de dollars à l'équipement, qui comportait des machines de forgeage, de laminage, d'extrusion et d'étirage de câble. Le laboratoire fut mis en service en 1947, et au cours des cinq années suivantes fut consacré presque exclusivement à des travaux classifiés. Perry travailla aux techniques de production des barres d'uranium, des blindages protecteurs, et de l'assemblage des barres, au moyen de procédés de

laminage, d'extrusion à chaud et à froid, d'extrusion simultanée et de revêtement par extrusion. Un exemple typique de ses meilleurs travaux est le revêtement de zinc à froid, l'extrusion à paroi extrêmement mince d'aluminium à haute pureté, et le laminage de l'uranium en section mince, avec des textures cristallographiques spéciales pour les essais de stabilité dimensionnelle sous rayonnement. Ce dernier travail présentait un intérêt extrêmement urgent pour la sécurité du réacteur à l'époque, et attira l'attention à l'échelle internationale.

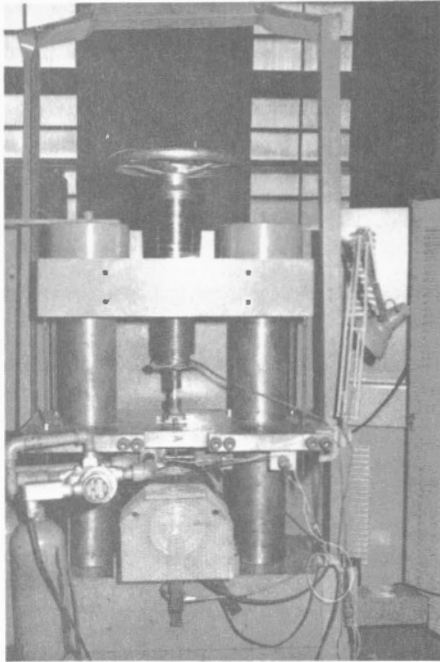
Une très grosse proportion des alliages ferreux et non ferreux, après moulage à la fonderie, étaient transférés au laboratoire de façonnage des métaux pour un ou plusieurs des procédés de "déformation" des métaux. Un de ces procédés fit l'objet d'un rapport publié, avant que la masse de travail n'empêchât Perry et Buhr de publier des résultats. Cette période de travail intense prit fin durant les années 70: "An ABC of cold extrusion of steel" par John Perry (Trans CIM, vol. 57 p. 64-67, 1954).

Un assistant de recherche, le docteur E.W. Winkler, fut nommé en 1964 pour aider aux travaux de recherche et développement, et il quitta la section en 1969 pour être remplacé par le Docteur M.J. Stewart en 1971. La Division des Services techniques conçut et construisit en 1972 un plastomètre à came, à partir d'idées données par Perry; cet appareil permit d'étudier le niveau de force nécessaire à des taux de déformation connus et constants, pour diverses opérations de travail à chaud sur les métaux et alliages. Les effets d'orientation préférentielle sur la plasticité à des taux de déformation élevée sur les alliages aluminium-cuivre et les aciers inoxydables du type 304 firent l'objet d'études. On mit au point une technique permettant d'effectuer des moulages directionnels d'aluminium-cuivre, de 4" de diamètre et 10" de long, pour obtenir une orientation axiale uniforme. On étudia la possibilité d'utiliser le phénomène de super-plasticité pour produire des forgeages d'alliages zinc-aluminium-cuivre avec des charges de forgeage très faibles (M.J. Stewart, Can Metall Quarterly, vol. 12, no. 2, pp. 1959-1969, 1973).

Perry prit sa retraite en 1974 avec près de 30 ans de service à la Direction des Mines, ayant fait preuve de ses capacités dans la meilleure tradition d'intuition des bons ingénieurs.

Traitement des Métaux - Soudure

La soudure est le procédé majeur pour la jonction des métaux. Le traitement systématique de la soudure au Bureau des Mines commença pendant la Seconde Guerre mondiale, en relation principalement avec le matériel militaire. Les travaux incluaient tant des recherches expérimentales sur la soudure que des diagnostics sur les ruptures d'ensembles soudés. Après la guerre, les



Plastomètre à came du Laboratoire de formage des métaux

activités de recherche et développement concernaient la soudabilité d'un grand nombre de nouveaux alliages, dans divers environnements, en particulier les conditions climatiques extrêmes au Canada, ainsi que l'amélioration des procédés de soudure. En 1948, une étude fut effectuée pour le Ministère de la Défense nationale sur la substitution de la soudure au rivetage dans les travaux de structure d'acier à Churchill au Manitoba. La recherche et le développement se poursuivirent sur divers aspects de cette question pendant de nombreuses années "Welding in cold climates - theory and practice" par K. Winterton (monographie sur la corrosion en climat froid, National Association of Corrosion Engineers, avril 1971). Il y eut des recherches sur la soudure associées au projet sur l'énergie atomique et au projet sur le titane, ce dernier faisant l'objet d'un rapport par K. Winterton (MB TB 71, 1965).

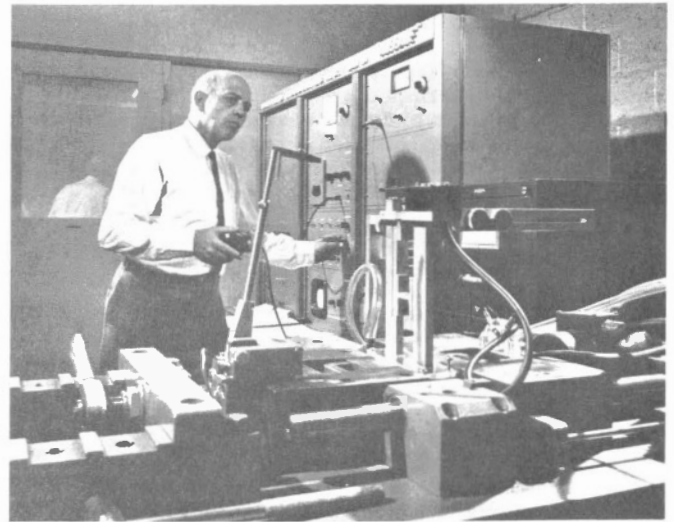
Les aciers de construction navale, les aciers de pipeline (en 1962), les aciers au carbone et à l'uranium, les aciers résistants à la chaleur au chrome-molybdène-vanadium, des aciers à vieillissement martensitique (aciers martensitiques à forte proportion de nickel, durcis par refroidissement et vieillissement contrôlés) et même les aciers au nickel à extrêmement haute résistance (Inconel) firent tous l'objet d'études quant à leurs propriétés de soudure: "Some problems in welding Inconel 718" par J. Gordine (1967-) (Weld Journal, vol. 50, p. 4805-4845, novembre 1971). Plus

récemment, on a accordé une attention considérable à la soudure des pipe-lines en usine et sur le terrain. À la date de rédaction, il s'agit là d'un des projets importants de la Direction.

On n'effectua pas de travaux importants de recherche et développement sur la soudure des métaux non ferreux, mais en 1971 on effectua des réparations de moulage au bronze plombé, par soudure utilisant une composition de remplissage à 92% de cuivre et 8% d'étain. On obtint une résistance à la rupture de 40 000 psi, et une élongation de 29% sur une longueur de jauge de 2 pouces. "Metal inert-gas welding of tin bronze castings" par M.J. Nolan (1948 - 1974) et K. Winterton (MB RR 92, 1962). On effectua quelques recherches supplémentaires en 1965 avec un fil de remplissage au bronze phosphoré (0,2% de phosphore) et cette recherche présente certains avantages de soudure, particulièrement avec addition de silicium.

Il faut noter que la plus grande partie des soudures était effectuée par le procédé à arc métallique en atmosphère inerte. On effectua des études considérables sur les facteurs influençant le fissurage de zone à la chaleur, qui constitue une des difficultés du procédé de soudure: "Weldability prediction from steel composition to avoid heat-affected zone cracking" par K. Winterton (Weld Journal, vol. 40, Welding Research Supplement, p. 2535-2585, juin 1961).

En 1964, on installa dans le laboratoire une nouvelle machine à souder verticale à protection



K. Winterton à l'appareil "Gleeble" pour imitation du cycle thermique contrôle d'un joint soudé (Photo - George Hunter)

gazeuse, permettant la soudure de plaque des 3/8 de pouce à 1½ pouce d'épaisseur en une seule passe. Ces soudures furent testées au moyen du test du renflement explosif, avec l'aide du Laboratoire des explosifs de la Direction.

K. Winterton prépara deux tours d'horizon utiles: "Selection of steels for the avoidance of brittle fracture" (MB IC 120, 1960); et "Brief history of welding technology" (MB IC 124, 1961).

La Section de Soudure était auparavant dirigée par H.J. Nichols (1943-1958) qui donna sa démission en 1958 et fut remplacé par le Docteur K. Winterton. W.P. Campbell et V.L. Caron étaient entrés à la Section en 1947 et 1948 respectivement. En 1965, le personnel principal était constitué comme suit: Chef - Docteur K. Winterton (1958-), W.P. Campbell (1947-), L.G. Girard (1961-1966), M.J. Nolan (1948-1974). A la date de rédaction, la Section de Soudure a la composition suivante: Chef - Docteur K. Winterton, W.P. Campbell, Docteur Z. Paley (1966-) et Docteur J. Gordine (1967-).

Applications des métaux - Evaluation du service

Un ensemble d'activités qui étaient au départ regroupées sous la rubrique Métallurgie mécanique représentaient essentiellement des travaux de recherche et développement sur le comportement des produits métalliques en service.

Une forte proportion des travaux entrepris sous cette rubrique concernaient les problèmes des utilisateurs de produits métalliques mentionnés au début de ce chapitre. Ces études portaient sur les questions de conception et de choix approprié des matériaux. Les fabrications étudiées comportaient: scies circulaires, socs de charrue, lames de chasse-neige, toiles métalliques de fourdriniers utilisés dans la fabrication du papier, et aciers à extrêmement haute résistance pour les hydrofoils, etc.

Il y eut également mise au point de nouvelles applications, par exemple en 1955 la conception et la production d'une plaque de base pour mortier de 81-mm, pour le Ministère de la Défense. On produisit deux types de plaque de base, l'une en alliage d'aluminium forgé au marteau et l'autre en alliage de magnésium moulé. La plaque d'alliage d'aluminium présentait une réduction de poids d'environ 50% par rapport à une plaque d'acier standard, et une réduction de coût d'environ 50%; la plaque de magnésium était également réussie, et représentait une réduction de poids de 60% par rapport à la plaque d'acier. Ces travaux furent effectués par Wlodek et ses associés dans ce qui était alors la Section de Métallurgie mécanique.

Deux projets de développement méritent mention, en raison du temps qui leur fut consacré. Le premier concernait l'amélioration des forêts d'extraction

minière. En 1947, on essaya d'appliquer le greillage, méthode permettant d'augmenter la résistance à la fatigue des composantes métalliques, aux tiges de forage, avec de bons résultats. On mit au point quatre machines différentes de forage en laboratoire, et quatre méthodes d'essai pour utilisation dans des conditions de simulation. La méthode consistant à travailler à froid les zones critiques des tiges de forage minier, par laminage en spirale, suggérée par Wlodek et plus tard brevetée, donna des résultats prometteurs en laboratoire et sur le terrain: "Mechanical-metallurgical improvements in drill steel" par T.W. Wlodek (Trans CIM, vol. 58, pp. 52-58, 1955). On effectua la conception et l'essai expérimental de pointes de forage montables comportant une résistance à la fatigue améliorée; le projet se termina en 1963.

Le Ministère du Transport avait fait usage de chaînes de bouée en acier doux. Celles-ci furent remplacées, en 1963, sur recommandation du Comité consultatif sur les Câbles et chaînes en acier allié, par une chaîne en acier faiblement allié permettant une réduction de la taille des maillons à un pouce de diamètre, par rapport aux tailles courantes allant de 1½" à 1¾". La Division suggéra un acier au cuivre et au nickel, permettant de fabriquer une chaîne avec des maillons de 5/8 de pouce de diamètre. Dans les essais de résistance en tension, la chaîne d'acier à haute résistance atteignit la rupture à 70 000 psi, et la chaîne d'acier faiblement allié à 50 000 psi. On prépara une masse de 10 tonnes de cet acier en fonderie, pour une évaluation portant particulièrement sur la soudabilité de l'acier. On produisit une chaîne de 270 pieds de long, pour essai dans la Baie de Fundy; toutefois, un maillon soudé à la main fut brisé, et la chaîne perdue. On fabriqua une deuxième chaîne, qui fut placée dans deux emplacements en Nouvelle-Ecosse, sur de faibles longueurs. Il n'y eut pas de rapport sur les résultats, dans la mesure où ils furent probablement dépassés par le résultat d'un test de comparaison au laboratoire d'Inco en Caroline du Nord entre des chaînes fabriquées en Stelcoloy "G" et l'acier cuivre-nickel fabriqué dans la Direction des Mines. Les tests durèrent plus de deux ans en trois emplacements maritimes: eau tranquille, emplacement présentant des aspersion, et enterrement dans la boue. En eau tranquille, on nota une corrosion des deux alliages, mais pas de corrosion de la soudure. Dans les conditions d'aspersion et de boue, il n'y avait pas de corrosion. Comme l'acier cuivre-nickel n'était pas disponible dans le commerce, et que les résultats étaient très voisins, on ne donna pas suite aux essais, et on mit fin au projet en 1968.

Application des métaux - Génie-physique

Cette activité revenait à l'origine à la Section d'essais mécanique, et fut constituée en un groupe séparé en 1953. Thurston devint chef du groupe, et fut accompagné de J.G. Buchanan (1950-1957) et F.W. March (1950-). Dans l'ensemble, le génie-physique représent-

ait la partie application de la physique des métaux, et il y avait quelques recouvrements entre les deux groupes. L'objectif du groupe de Thurston était d'étudier le comportement des composantes et ensembles métalliques dans les environnements de contrainte présents en service. Les sujets concernés par le Génie-physique étaient: fatigue des métaux, qui à l'époque était la responsabilité de T.W. Wlodek et de ses associés W.H. Bott et J. Harbec; rhéologie et fracture, qui constituait également une sous-section distincte, avec H.H. Bleakney et son associé F. Weinberg.

Des progrès considérables furent effectués en analyse expérimentale des contraintes pendant la guerre, au moyen des techniques à jauges de contrainte qu'utilisait particulièrement la technologie aéronautique. Il y avait un programme commun entre la Direction des Mines et le Laboratoire des structures du CNR dans ce domaine. Le groupe de Thurston contribua beaucoup à la mise au point des jauges de contrainte et autres méthodes de mesure pour la détection des changements de contrainte des environnements rocheux, au cours des premières études du groupe minier dans la Division des Carburants, qui seront décrites plus tard.

Il y avait de plusieurs méthodes disponibles pour la mesure des profondeurs de fissures dans les composantes métalliques, mais toutes ces méthodes présentaient des inconvénients. On mit au point une méthode par conduction en courant continu à quatre électrodes en 1955: "The measurement of crack depths by direct-current conduction method" par J.G. Buchanan et R.C.A. Thurston (Non-destructive Testing, volume 19, pp. 36-39, 43, 44, septembre-octobre 1956). Un instrument amélioré pour la mesure des profondeurs de fissure fut mis au point au cours des années 60. Une étude parallèle eut pour résultat la mise au point d'un instrument pour mesurer à la fois la profondeur des fissures et l'épaisseur des parois: "The measurement of wall thickness of metal from one side only, by the direct current method" par J.G. Buchanan, F.W. Marsh et R.C.A. Thurston (Non-destructive Testing, vol. 16, pp. 31-35, janvier-février 1958).

Thurston examina le mécanisme de fatigue des métaux au Congrès annuel CIM 1957 (Trans CIM, vol. 60, 1957), ainsi que les fissures de fatigue et leur effet de réduction de la résistance statique des métaux, dans une publication de la Direction des Mines: "Propagating and non-propagating fatigue cracks in metals" par R.C.A. Thurston (MB IC 115, 1960).

Wlodek, lui aussi, traita de la fatigue des métaux, dans ce cas en relation avec les forets de mine. Ainsi, il examina en 1958 les avantages relatifs des méthodes de grenailage, de durcissement de surface par induction, de laminage en spirale, et de la combinaison de ces méthodes, pour augmenter la durée de vie en fatigue des forets de mine, dans le rapport "The effect of different surface treatments on the fatigue strength of drill steel" par T.W. Wlodek, (CIM Bull,

pp. 89-101, février 1958; réimprimé MB RR 37, 1958).

Bleakney proposa, à partir d'expérience sur les aciers alliés et à faible teneur en carbone, de redéfinir les critères de déformation des métaux avant rupture. Il accepta "réduction de section" mais mit en question "élongation". Suite à sa recherche, on mit au point un appareil dans lequel un courant électrique était interrompu au moment où était atteinte une valeur particulière de la déformation, indiquant le point de séparation entre la déformation générale et la déformation localisée: "Criteria of ductility in uniaxial tension" par H.H. Bleakney (Trans CIM, vol. 65, pp. 73-79, 1962, également MB RR 75, 1961).

Dans ses travaux avec Bleakney, Weinberg étudia les phénomènes de limite de grain en cours de cisaillement, de fusion et de fluage. Des tricristaux d'aluminium soumis à une charge morte équivalente à une contrainte en cisaillement de 350 à 500 grammes par centimètre carré, furent observés pour détection de déformation et fluage de limite de grain. De plus, il se produisait un cisaillement à la limite en même temps qu'une migration de la limite de grain: "Grain boundary shear in aluminum" par F. Weinberg (Acta Metall, vol. 6, novembre 1954).

On examina des bicristaux d'aluminium et étain, pour déterminer les caractéristiques de fusion des limites de grain. Le point de fusion des limites de grain à grand angle précédait ou coïncidait avec le point de fusion de l'ensemble du spécimen, selon la contrainte appliquée. Les spécimens comportant des limites de grain à faible angle se comportaient comme des cristaux simples: "Grain boundary melting" par F. Weinberg et E. Teghtsoonian (Research in Progress Section of the AIME, New York, février 1956).

On mena des expériences pour déterminer les caractéristiques de fracture de bicristaux et tricristaux d'aluminium ultrapur, avec des configurations diverses de limites contrôlées, produisant des distributions différentes des contraintes. Les fractures n'étaient pas en accord avec les opinions exprimées dans les publications. "Behaviour of grain boundaries during creep" par F. Weinberg (Research in Progress Section of the AIME New York, février 1956).

Weinberg prit la tête de la Section de Physique des Métaux en 1961. Le même année, Wlodek fut transféré au Bureau du Directeur pour projets spéciaux, et Bleakney donna sa démission en 1965. Thurston resta Chef du Génie-physique jusqu'en 1971, date à laquelle il assumait le poste de Coordinateur de la Recherche dans le Bureau du Chef de la Division.

La Section de Génie-physique continua au cours des années 70 à consacrer des efforts considérables aux phénomènes de fatigue et de rupture des métaux, et à la solution de problèmes dans ce domaine. Le sujet général des propriétés de fatigue fit l'objet d'un tour d'horizon

zon "Fatigue properties of materials" par E.G. Eeles (1957-1970) et R.C.A. Thurston (MB TB 97, 1968). Un sujet apparenté était le fissurage en fatigue, dans "Fatigue crack propagating rate in metals" par S. Nunomura et R.C.A. Thurston (Proc Internat Conf on the Strength of Metals and Alloys, pp. 1015-1020, Tokyo 1967, publié 1968). On entreprit des recherches concernant les influences environnementales sur les propriétés de fatigue des métaux: "Atmospheric and surface effects in the fatigue of aluminum alloys" par E.G. Eeles et R.C.A. Thurston (Journal Am Inst Aeronautics and Astronautics, vol. 8, 1970).

Un programme majeur, sous les auspices de l'Organisation de coopération économique européenne, décrit sous le titre de "Tests de contrainte et charges spectrales" fut lancé en 1958 et poursuivi jusqu'en 1970, avec la participation de douze pays y compris le Canada. Le programme comportait la précontrainte de spécimens en contrainte directe, ou dans des machines de courbure rotative, à trois niveaux de contrainte avec des rapports de cycle variables. Les métaux choisis étaient les aciers au chrome-molybdène et un alliage d'aluminium. Le programme sur les aciers fut achevé en 1965. La conclusion, avec quelques réserves, était que des traitements en dommages doubles à faible niveau de contrainte, juste au-dessus des limites de fatigue, et à niveau de contrainte intermédiaire,

avaient tendance à augmenter la durée de vie résiduelle à des niveaux de contrainte supérieurs, pourvu que le nombre de cycles à niveau de contrainte intermédiaire soit réduit. Le programme sur l'aluminium fut modifié, et certains pays abandonnèrent le programme. En ce qui concerne la Division de Métallurgie physique, il fut arrêté en 1980. Un rapport de l'OCDE fut publié sur le programme de l'acier.

A la date de rédaction, la Section de Génie-physique a été combinée avec la Section des Métaux réfractaires, et le personnel est le suivant: Chef, Dr. A.J. Williams, D.C. Briggs (1958-), Dr. D.M. Fegredo (1962-), Dr. M.J. Godden (1968), Dr. F.S. Jeglic (1972-), F.W. Marsh (1950-), L.P. Trudeau (1966-), et Dr. O. Vosikovsky (1971-).

Application des Métaux - Laboratoires d'essais

Le Laboratoire de Résistance des Matériaux, connu sous le nom de laboratoire des essais mécaniques, et considérablement agrandi par rapport au temps du Docteur Haanel, était équipé pour exécuter des essais complets des propriétés physiques, savoir la résistance en tension, en compression et en cisaillement, la résistance à l'impact, la dureté, etc., sur des échantillons d'essais préparés par la Division des



J.A. Ellis effectue des essais de fatigue sur un échantillon métallique (Photo - George Hunter)



E.G. Eeles mesure l'effet de l'humidité sur les propriétés de fatigue d'un alliage d'aluminium (Photo - George Hunter)

Services techniques. Par exemple, en 1961, on prépara 18 500 spécimens de 100 variétés différentes de métaux. Norman Brown prit sa retraite en 1960, et P.J. Todkill assumait la direction. J. Harbec entra au laboratoire en 1956, et ces deux agents restent responsables du laboratoire.

Le Laboratoire des Essais non destructifs fut lancé en 1950, lors de la formation d'un laboratoire de radiographie industrielle, particulièrement pour l'examen des moulages et soudures. W.E. Havercroft fut transféré de la Division de la Radioactivité pour devenir Chef du Laboratoire d'Essais non destructifs, qui comportait non seulement des installations de radiographie, mais également des installations à ultrasons. A la demande du Ministère de la Défense nationale, on entreprit la formation du personnel de la RCAF à la radiographie appliquée à l'inspection des composantes d'avion, particulièrement aux moulages. En 1960, le Comité de la Radiographie industrielle de la Commission des Spécifications du gouvernement canadien demanda à la Direction des Mines d'entreprendre et de superviser l'examen et la certification de spécialistes de radiographie industrielle. Le laboratoire acquit une réputation internationale, et participa à des échanges continus avec les laboratoires d'autres parties du monde.

Etant donné que les gaz ont un effet négatif sur les propriétés des métaux, on développa des installations d'analyse pour la détermination de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote au début des années 50, dans le groupe de la Physique des métaux du Docteur Cunningham. Le Docteur Yao participa aux premiers travaux, et fut remplacé par G. Smelsky (1952-) au milieu des années 50. Le laboratoire fut administré à partir des années 60 par N.S. Spence.



G. Smelsky

Le récit précédent s'est efforcé de traiter sommairement des domaines principaux de programmes de recherche de la Direction des Mines, en une séquence d'organisation qui couvre les activités de recherche et développement sur les substances métalliques en passant par tous les procédés métallurgiques d'usine-pilote, jusqu'au comportement des métaux dans l'utilisation des produits métalliques. On a choisi certains projets pour illustrer la portée des travaux de recherche et développement. L'espace disponible ne nous permet pas de décrire plus avant, en particulier les instruments de laboratoire et équipements d'usine complexes qui ont été mis au point au cours des dernières années. Un séminaire de deux jours sur la recherche en cours fut organisé les 12 et 13 juin 1967 en l'honneur du Centenaire du Canada.

Pour conclure cette section, rendons hommage à Sol Gertsman, pour le courage dont il fit preuve face à la détérioration de sa santé vers la fin de la période couverte par ce récit.



Division de Métallurgie physique. Récipiendaires de la broche des 25 années de service de gauche à droite: S.L. Gertsman, R.V. Narroway, D.F. Dowling, W.H. Bott, W.E. Havercroft

LES MINÉRAUX INDUSTRIELS

Pour éviter toute confusion concernant les changements d'organisation au cours de la période 1946 à 1950, il sera utile de revenir à la dissolution de l'ancienne Division des Minéraux industriels en 1946. En 1945, Fréchette, qui en était le Chef, prit sa retraite et Parsons fut prié par Timm d'assumer la responsabilité de l'enrichissement des minéraux industriels.

Toutefois, en 1946, Parsons devint chef du Bureau des Mines, et Monture chef de la Division des Ressources minérales, qui avait repris son titre précédent, après avoir été nommée Division économique, avec des responsabilités accrues quant à l'évaluation et l'enrichissement des minéraux industriels, ainsi que l'évaluation des eaux industrielles et des matériaux routiers. La responsabilité des céramiques fut transférée à la Division de Préparation des minéraux et de Métallurgie (rebaptisée en 1949 Division de Préparation des minéraux et de Métallurgie des procédés, lors de la formation de la Division de la Métallurgie physique en 1949), qui avait succédé à la Division des Minéraux métalliques, avec à sa tête Traill qui resta à ce poste jusqu'en 1950.

Pendant cet interrègne de cinq ans, malgré la priorité accordée à l'uranium, des contributions considérables furent apportées à l'évaluation des minéraux industriels et des eaux industrielles ainsi qu'à l'enrichissement des minéraux utilisés dans les matériaux de construction et de la céramique. On poursuivit l'aide technique aux producteurs des divers minéraux non métalliques.

La décision de reconstituer la Division des Minéraux industriels, à la suite de la formation du Ministère des Mines et Relevés techniques fut probablement due à deux facteurs - augmentation rapide de la demande et des importations des minéraux industriels (les importations dépassaient alors la production domestique) - tant en groupe qu'individuellement. Une bonne partie de l'industrie était aux mains de petits entrepreneurs canadiens, qui recherchaient l'aide technique de nos institutions gouvernementales de recherche et développement. La déclaration du Ministère pour l'année fiscale 1950-51 mentionnait entre autres "...le besoin de recherches plus étendues particulièrement sur l'utilisation des minéraux ..." mettant ainsi l'accent sur le rôle d'application assumé par la Direction des Mines depuis le début de son existence.

La Division fut reformée en juin 1950, avec pour Chef M.F. Goudge. Ses objectifs étaient les mêmes qu'auparavant, avec un accent plus fort sur la nécessité d'améliorer la pureté, pour assurer la qualité de performance des divers minéraux utilisés dans les industries chimiques et autres industries manufac-



M.F. Goudge (Photo - NFB)

turières, ainsi que pour les besoins de la construction. De plus, malgré une croissance presque continue de la demande de la plupart des denrées, on reconnaissait que les minéraux industriels du Canada devaient être concurrentiels avec ceux provenant des Etats-Unis et de plus loin encore. Dans bien des cas, cet objectif fut réalisé en grande mesure. La valeur de la production des minéraux industriels augmenta un peu plus rapidement, en valeur relative, que celle des minéraux métalliques. Sur la base des chiffres de 1950, la valeur de la production des minéraux industriels était de 227 millions de dollars et celle des minéraux métalliques de 617 millions de dollars. En 1965, avant le début de la période d'inflation accélérée, les valeurs de production étaient de 761 millions de dollars et de 1908 millions de dollars respectivement. En général, dans une forte proportion, les minéraux industriels canadiens faisaient face à une concurrence de prix plus forte que les minéraux métalliques, principalement de la part des Etats-Unis.

En 1950, la Division fut organisée en quatre groupes: Minéraux non métalliques, Céramique, Eaux industrielles et Matériaux de Construction (Chapitre 5). Plus tard, on institua une section d'Usinage (119).

En plus des minéraux non métalliques, on effectua des études du potentiel des ressources pour les minéraux des métaux d'alliage comme le manganèse et le chrome, des métaux légers comme le magnésium et le lithium, et des métaux plus rares comme la niobium, le tantale et le beryllium. La Direction entreprit une



Personnel de la Division des Minéraux Industriels, 1951:

Premier rang, de gauche à droite: Vera Becker, Phyllis Nield, Lucy Mangione, (Mrs. Norm Champ), Teresa Bélanger, Eileen James (Prudham), Madeleine Kane, Cecile Mulligan (née Leclair), Betty Townsend (née Moffett), Rena Mills, Kay Fraser, Marjorie Rice, Ghislaine Lecours;

Deuxième rang: Vic Haw, Graham Brown, Monty Goudge, V.L. Eardley-Wilmot, Jim Nevin, Art MacPherson, Madeleine Saulter, Geoff Bruce, visiteur, Leo Vallée, Jim Thomas, Joe Bond, Lou Beer, J.B. Phillips;

Troisième rang: George F. Carr, Bob Simpson, Harry Lauder, Norm Champ, Steven Romanchuk;

Dernier rang: Gordon Matthews, Darcy Charette, Ian Wright, Ralph Shonk, Gerry Miller, Hector Mercier

enquête spéciale sur les minéraux industriels à Terre-Neuve dans la première période, avant la formation de la Division. Toutefois, l'enquête fut achevée et le rapport publié dans la nouvelle période (120).

La Division des Minéraux industriels eut une existence séparée de 1950 à 1959, durant presque aussi longtemps que la première Division de 1936-1946. En 1959, elle fut amalgamée avec la nouvelle Division de Traitement des minéraux. Il est significatif que la reconnaissance professionnelle des différences techniques et de marché entre les minéraux métalliques et les minéraux non métalliques par la CIM et l'AIME au cours des années 1930 (Chapitre 4) ait justifié l'existence séparée d'un groupe des Minéraux industriels en tant que section intégrante des deux institutions jusqu'à l'heure actuelle.

Evaluation des Ressources

Les spécialistes des ressources se distribuèrent, par choix personnel ou par nomination, dans la Division

des Ressources minérales ou dans la Division de Préparation des Minéraux et de Métallurgie en 1946, lors de la dissolution de l'ancienne Division des Minéraux industriels, et de nouveau lors de la reconstitution de la Division des Minéraux industriels en 1950. Le facteur principal décidant de cette nomination était sans doute l'inclination de l'agent concerné à l'activité de laboratoire par opposition aux travaux de terrain ou aux activités de bureau.

Dans les minéraux industriels, une approche intégrée, impliquant l'acquisition d'une connaissance intime de la ressource, depuis son état naturel jusqu'à l'utilisation des produits, était plus essentielle encore que dans les cas des métaux standard, étant donné que la nature des marchés et l'étroitesse des marges de bénéfice les rendaient extrêmement sensibles aux fluctuations de prix et aux différences de pureté, décidant de la possibilité de les exploiter économiquement.

Au cours de l'interrègne, 1946-1950, plusieurs nouveaux membres du personnel furent recrutés dans le

groupe des minéraux industriels, et furent nommés dans la Division des Ressources minérales. H.M. Woodrooffe (1946-1974), A.R. MacPherson (1946-1951) tous deux anciens combattants de l'armée, C.G. Bruce (1948-1955), F.G. Carr (1948-1956), T.H. Janes (1948-1957) et V.A. Haw (1950-), ce dernier ancien combattant de l'armée de l'air.

Dans la nouvelle Division des Minéraux industriels, V.L. Eardley-Wilmot fut nommé ingénieur en chef de la Section des Minéraux non métalliques, après transfert depuis la Division des Ressources minérales. Il prit sa retraite en 1951, après 30 années de service dans la Direction des Mines, et fut remplacé par Woodrooffe qui en 1959 devint Chef du groupe des Minéraux industriels dans la Division du Traitement des Minéraux, puis Chef de cette Division en 1965.

La Section des Minéraux non métalliques est divisée en deux sous-sections; la première conservant sa désignation d'origine, et la deuxième baptisée Usinage des Minéraux industriels, lors de l'entrée de R.A. Wyman dans la Direction en 1954. Celui-ci devint Chef de la Section, et a conservé ce poste jusqu'à l'heure actuelle.

Section des Minéraux non métalliques

Il y avait un avantage évident à avoir un tel groupe lié de près au groupe du Traitement, et en fait certains des membres participèrent aux travaux de la section d'usinage, ou entreprirent leurs propres études de laboratoire, en plus de leurs travaux de terrain. En 1957, la composition de ce groupe était la suivante: H.M. Woodrooffe, Chef, R.K. Collings (1952-), J.E. Reeves (1956-1969), E.G. DeWolf (1956-1957), C.M. Bartley (1957-1974) et J.S. Ross (1957-1965).

Une des responsabilités principales de cette section était la préparation des tours d'horizon concernant les minéraux industriels pour la publication du Ministère intitulée "Canadian Mineral Industry" ("Canadian Mineral Yearbook" à partir de 1962). Les céramiques, ainsi que la plupart des matériaux de construction, faisaient l'objet de rapports de la part des agents des sections. La liste suivante indique les produits, avec les spécialistes concernés pour l'année 1964:

H.M. Woodrooffe	- Amiante
R.K. Collings	- Silice, sel, gypse et anhydrite
J.W. Reeves	- Graphite, minéraux de lithium, mica, néphéline syénite, phosphate, talc, stéatite, pyrophyllite
C.M. Bartley	- Potasse, sulphate de sodium, soufre et spath fluor
J.S. Ross	- Trioxyde d'arsenic, baryte, bentonite, ciment, diatomite, chaux, calcaire, magnésite et brucite, pigments et charges minéraux

J.G. Brady	- Argile et produits d'argile
F.E. Hanes	- Sable, gravier et pierre concassée, granulés de toiture, pierres de construction et d'ornement
H.S. Wilson	- Agrégats légers

La Division des Ressources minérales, après 1950, conserva la responsabilité des rapports sur les produits métalliques et les hydrocarbures, à l'exception du charbon qui était sous la responsabilité de la Division des Carburants. Jusqu'à la séparation de la Division des Ressources minérales de la Direction des Mines en 1957, la Division des Minéraux industriels était responsable des rapports sur les minerais de métaux légers et rares.

Il n'y eut pas de changement de politique concernant la division des responsabilités jusqu'à la formation du Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources en 1966. Les Ressources minérales devinrent une direction distincte, qui progressivement prit la responsabilité des tours d'horizon. En 1970, deux tours d'horizon seulement - argiles et agrégats légers - par Brady et Wilson respectivement, furent préparées dans la Direction des Mines, pour la dernière fois. Ce changement était regrettable: il est indéniable que l'on acquiert une connaissance et une expertise considérable sur un certain produit en travaillant de près aux problèmes techniques posés par cette ressource.

Silice

Au cours de la période 1946-1950, une des préoccupations concernant les minéraux industriels était le volume élevé d'importations de silice de haute qualité, contenant moins de 0,3% d'oxyde ferrique, pour la fabrication du verre, du silicate de sodium, et de carbure de silicium, et même pour utilisation dans l'industrie de la fonderie; ceci conduisit, en 1947, au ré-examen des gisements, et à des études d'enrichissement. On publia un tour d'horizon de la situation de la silice au Canada: "Silica in Canada" par A.R. MacPherson (Mémoires de la Division 104, 1949).

Au Canada, la silice s'obtenait, et s'obtient encore, principalement à partir des grès et des quartzites. Deux procédés furent mis au point en 1950 et 1951; le premier consistait en un broyage et un grillage, suivi par lixiviation acide et lavage; on traita ainsi 20 tonnes provenant de Gananoque en Ontario. Le deuxième procédé était une méthode à sec, avec broyage, classement par air et élimination des minerais métalliques par séparation magnétique. On traita environ 100 tonnes de grès de Nepean, près de Bells Corners en Ontario; on considérait à l'époque que le produit final pourrait satisfaire aux besoins de l'industrie.

Lorsque Collings entra à la Direction des Mines en 1952, un de ses projets principaux portait sur la silice de haute qualité. Il publia une révision du

rapport de MacPherson (Mémoires de la Direction 134, 1956). On poursuivit la recherche sur la production du silice de haute qualité pendant plusieurs années, et on démontra finalement qu'un lavage par attrition à forte densité de pâte et une extraction des pyrites par flottation produisaient de bons résultats; la méthode fut adoptée par les usines d'exploitation. Les gisements qui produisaient les sables de qualité suffisante pour la production de verre provenaient du grès du Potsdam de l'ouest du Québec et de l'est de l'Ontario, et particulièrement des gisements de St. Canut et St. Donat au Québec: "Silica sand - Canadian sources of interest to the domestic glass industry" par R.K. Collings, (Journal of the Can Ceram Soc., vol. 32, pp. 39-45, 1963, réimprimé MB TB 69, 1965).

Nous ne disposons pas de l'espace nécessaire pour des descriptions détaillées de la gamme variée de minéraux industriels traités par cette section, ainsi que par la section d'usinage des minéraux industriels. De 1952 à 1959, les échantillons reçus et testés par la Division des Minéraux industriels ainsi que par la Division de Préparation des minéraux et de Métallurgie des procédés, pour les minerais métalliques, firent l'objet de Classifications en tableaux incluses dans le rapport annuel du Ministère. L'année culminante de la période de 1950 à 1959 fut 1958, au cours de laquelle on reçut ou recueillit 684 échantillons. Parmi ceux-ci, 393 concernaient les matériaux de construction et les céramiques, le reste représentant 27 variétés de minéraux industriels provenant de toutes les provinces, à l'exception de l'Île-du-Prince-Édouard et du Yukon. Ces échantillons firent l'objet d'études à des degrés variables de détail:

andalousite	- Nouvelle-Écosse 3
apatite	- Ontario 2, Québec 4
amiante	- Yukon 1, Colombie-Britannique 1, Ontario 3, Québec 12
baryte	- Colombie-Britannique 1, Québec 1, Nouveau-Brunswick 2
bentonite	- Colombie-Britannique 17
béryl	- Manitoba 4, Québec 2
diatomite	- Colombie-Britannique 3, Ontario 1, Québec 1
dolomite	- Ontario 1, Québec 2
feldspath	- Ontario 5, Québec 1
spath fluor	- Colombie-Britannique 1
grenat	- Colombie-Britannique 1, Ontario 13
graphite	- Ontario 6, Québec 5
gypse	- Ontario 1, Nouvelle Ecosse 1
kyanite	- Ontario 1
calcaire	- Ontario 5, Québec 1
magnésie	- Québec 3
magnésite	- Colombie-Britannique 5, Québec 4
marne	- Ontario 5
mica	- Colombie-Britannique 1, Ontario 3, Québec 2
néphéline syénite	- Ontario 11
phosphate	- Québec 11

potasse	- Saskatchewan 1
pyrophyllite	- Colombie-Britannique 3, Terre-Neuve 20
cristaux de quartz silice	- Québec 5
	- Colombie-Britannique 5, Manitoba 2, Ontario 64, Québec 12, Nouvelle-Écosse 5
talc	- Colombie-Britannique 7, Ontario 16, Québec 13
zéolites	- Nouvelle-Écosse 1

On effectua des essais d'usinage complets sur le feldspath, le quartz, le graphite, l'apatite et la marne et dans chaque cas la section d'usinage mit au point une méthode de concentration. De plus, on effectua des études de flottation de béryl et de zéolites.

En 1958, le total des demandes de renseignements, accompagnées dans certains cas d'échantillons supplémentaires à ceux mentionnés ci-dessus, était d'environ 1750; la Section put répondre à une forte proportion d'entres elles.

Au cours des années 60, après la période d'apogée des années 50, le nombre moyen d'échantillons de minéraux industriels reçus pour traitement, tests ou études quelconques s'établit à un niveau stable de 150-200 par an, ce qui laissa plus de temps pour la recherche interne.

Trois minéraux principaux d'importance internationale représentent à l'heure actuelle, et ont représenté pendant presque toute la décennie précédente plus des trois quarts de la valeur de tous les minéraux industriels produits, à l'exception des minéraux structuraux; ce sont l'amiante, la potasse et le soufre.

Amiante

On se rappellera que la Direction des Mines était associée au développement de l'industrie de l'amiante depuis le temps du Docteur Haanel. Dans la période qui suivit la Seconde Guerre mondiale, il y eut une relance de la prospection, avec découverte d'un certain nombre de gisements nouveaux. La Direction des Mines reçut en 1950-57 plusieurs échantillons, en lots allant de quelques-uns à 26. Les plus grands volumes provenaient d'ordinaire du Québec, mais certains des nouveaux gisements se trouvaient au Yukon, en Colombie-Britannique, en Ontario et à Terre-Neuve; les ouvertures de nouvelles mines et les extensions des mines anciennes au cours des années 60 firent croître la production canadienne.

Une étude complète fut entreprise en 1957, dans le but d'établir une corrélation entre les propriétés physiques et chimiques des fibres d'amiante, et la performance industrielle du produit; cette recherche se poursuivit jusqu'en 1969. A.A. Winer se joignit au groupe en 1962, et consacra un temps considérable à ce problème, qui mettait en jeu l'orientation et la

dispersion des fibres d'amiante, l'alignement des fibres, ainsi que leur longueur, leur diamètre et leur surface. On fit usage, pour photographier des fibres dispersées, de grossissements optiques allant jusqu'à 170 000 et de photographie à haute vitesse. On finit par mettre au point une méthode permettant de déterminer le rapport de la longueur au diamètre des fibres; cette méthode consistait à photographier une fibre en suspension dans un liquide, la valeur de la longueur étant obtenue par un mesureur de taille semi-automatique, et le diamètre par un appareil à division d'image. On assura la détermination de la surface par adsorption de gaz, au moyen d'un chromatographe peu coûteux: "Investigation of the surface of chrysotile asbestos fibre" par A.A. Winer et L.L. Sirois (Conference of Metallurgists, Queen's University 1967, Réimprimé MB RS 49, 1967).

On étudia les impuretés associées avec la fibre d'amiante et la roche mère, particulièrement les impuretés de magnétite; on mit au point des instruments de terrain à la Direction des Mines et à la Commission géologique du Canada, pour mesurer la susceptibilité magnétique en champ faible et à saturation: "Lowfield magnetic susceptibility of asbestos" par A.A. Winer, D. Karpoff (1966-1970) et D.T.A. Simonds (MB RR 232, 1970) et "Magnetic properties of asbestos, with special reference to the determination of absolute magnetite contents" par E.J. Schwartz et A.A. Winer (CIM Bull, pp. 55-59, décembre 1971).

On mit au point une méthode plus rapide permettant de mesurer le degré d'humidité dans les fibres d'amiante, et cette méthode a depuis été utilisée par les producteurs au Canada et à l'étranger: "Azeotropic distillation for the measurement of free water in

chrysotile asbestos" par A.A. Winer et P. Prud'homme (Rapport d'enquête 71-4, Division du Traitement des Minéraux, 1972). Le terme "azéotropique" désigne un mélange présentant un point d'ébullition constant.

La recherche sur l'orientation des fibres donna lieu à une découverte pratique, savoir qu'en utilisant un champ électrique, il est possible d'orienter les fibres d'amiante dans les liquides et les plastiques. Cette propriété a été utilisée pour renforcer les plastiques. On obtint pour cette découverte des brevets canadiens, britanniques et américains.

Winer appliqua l'expérience acquise dans le traitement de ce domaine difficile au domaine plus général des particules: "Practical problems in particle size and surface area measurements" par A.A. Winer et I.F. Wright (Journal of Can Ceram Soc, vol. 35 1966, Réimprimé MB RS 39, 1967). Winer travailla également, avec le groupe de recherche sur les minéraux métalliques, sur les phénomènes électriques de surface (CIM Bull, pp. 410-414, avril 1969).

L'amiante chrysotile était le principal minéral industriel exporté par le Canada depuis le début de sa production, environ 100 ans plus tôt. En 1949, la production était de près de 575 000 tonnes courtes, représentant une valeur de près de \$40 millions. C'était là un niveau inférieur à la capacité de production normale, soit 700 000 tonnes courtes, en raison d'une grève prolongée. Les exportations en 1949 représentaient 534 000 tonnes courtes de produits usinés, grossiers et de rebut, ainsi que de produits fabriqués, la valeur de ces derniers étant de \$365 000; la valeur des importations de produits fabriqués était de \$2,6 millions. Au cours de cette année-là, la production du Canada représentait environ 70% de la production mondiale d'amiante.

En 1969, la production canadienne représentait 1,6 million de tonnes, soit \$195 millions, et les exportations 1,56 million de tonnes, pour une valeur de \$216 millions. Les exportations de produits fabriqués représentaient \$4 million, et les importations étaient de \$13 millions, y compris \$1,4 million d'amiante non manufacturée.

En raison de l'augmentation de la production mondiale, particulièrement en URSS et en Afrique du Sud, la part du Canada dans la production mondiale était tombée à environ 30%, bien que représentant environ 70% des exportations mondiales de fibres. En 1974, la production d'amiante était passée à 1,8 million de tonnes courtes, pour une valeur de \$302 millions.

Potasse

La première production commerciale de potasse fut lancée au Canada en 1962 par International Minerals and Chemical Corporation (Canada) Limited (IMC) à Ester-



F. Barton mesurant la distribution de longueur des fibres d'amiante (Photo - George Hunter)

hazy, Saskatchewan, avec une capacité de production industrielle de 2 100 000 tonnes courtes de chlorure de potassium, soit 1 280 000 tonnes d'équivalent K_2O . En 1969, sept autres compagnies avaient lancé des nouvelles mines. Ces nouvelles compagnies, ainsi que la deuxième unité de IMC, avaient une capacité annuelle totale de 12 480 000 tonnes courtes. Il s'agissait d'une réalisation remarquable rappelant le succès de l'extraction de l'uranium au cours des années 50, si on garde à l'esprit le fait qu'il s'agit de mines souterraines, avec des puits de mine allant jusqu'à 3500 pieds de profondeur, et exigeant une congélation du sol et un revêtement d'anneaux d'acier ou un coulage à la traversée de la formation Blairmore - techniques utilisées dans beaucoup des puits de mine de charbon profonds en Europe. A la fin de 1970, une autre compagnie d'extraction souterraine, Hudson Bay Mining and Smelting Company Limited, entra en production, dans le district de Regina.

Une des mines, Kalium Chemicals Ltd., dans la région de Regina, faisait l'extraction par solution, et il y a lieu de noter que la Division des Minéraux industriels effectua quelques recherches sur l'extraction par solution dans les années 50.

Des études de terrain sur la potasse de Saskatchewan avaient été effectuées par le Bureau des Mines à partir de 1946, dans des puits forés à la recherche de pétrole, particulièrement dans la période intensive de développement de mines au milieu des années 50; la Division analysa des échantillons.

La forte capacité de production canadienne contribua à un surplus temporaire de potasse sur les marchés mondiaux. Le gouvernement de la Saskatchewan introduisit un système de quota et la stabilisation des prix. En 1970, le quota permis moyen était de 45½% de la capacité réelle. La production brute de chlorure de potassium cette année-là était de 5,7 millions de tonnes courtes, soit 3,5 millions de tonnes d'équivalent de K_2O , avec des expéditions représentant 5,6 millions de tonnes pour une valeur de \$116,4 millions. Les exportations de chlorure de potassium en 1970 étaient de près de 5,5 millions de tonnes courtes pour une valeur de 121,3 millions de dollars. Malgré tout, on importait 71 000 tonnes courtes de potasse, entièrement des États-Unis, pour une valeur de \$2,2 millions. De plus, on importait 9000 tonnes de produits chimiques à base de potasse, pour une valeur de \$1,9 millions.

En 1974, la production était passée à 6 millions de tonnes courtes d'équivalent K_2O , avec exportation d'environ 6,4 millions de tonnes d'équivalent K_2O . Le prix, qui en 1969 était bas, à environ \$20 par tonne courte d'équivalent K_2O , au lieu de \$37,5 en 1965, fut augmenté par le gouvernement de la Saskatchewan, passant à \$33,75 par tonne courte en 1970. En 1974, le prix était d'environ \$70 par tonne courte d'équivalent K_2O , restant malgré tout bien en-dessous du prix en Europe. Le plus gros producteur du monde était l'URSS.

A la date de rédaction, tout indique que le Nouveau-Brunswick pourrait devenir la deuxième province productrice au Canada, car les travaux d'exploration sont prometteurs.

Soufre

En 1949, le Canada produisait un total de 262 000 tonnes courtes d'équivalent de soufre, pour une valeur de \$2 millions, destinées principalement à la fabrication d'acide sulfurique. De cette quantité, environ 45% provenait de la pyrite, qui était un sous-produit de l'extraction des sulfures métalliques, et 55% provenait des gaz de haut-fourneau. Près de 281 000 tonnes courtes, d'une valeur de \$5,2 millions, étaient importées sous toutes formes, pour satisfaire aux besoins totaux représentant près d'un demi-million de tonnes de soufre par an, le plus gros consommateur canadien étant l'industrie de la pâte à papier. Au cours de cette période, on entreprit des études et des recherches à la Direction, pour récupérer le soufre à partir des sulfures et des gaz d'échappement.

En 1951, on construisit en Alberta la première usine destinée à la récupération du soufre élémentaire à partir du gaz sulfurique contenu dans le gaz naturel. A la fin de 1970, il y avait 30 usines de ce genre en Alberta, une en Saskatchewan et une en Colombie-Britannique, la capacité journalière totale dépassant 17 900 tonnes. Au cours de la même année, la production canadienne représentait près de 4,4 millions de tonnes pour une valeur de \$38 millions, le gaz acide produisant 3,5 millions de tonnes, dont 53 000 tonnes courtes provenaient de l'usine Great Canadian Oil Sands, première exploitation commerciale de sable bitumineux au Canada.

Ainsi, la situation du Canada était passée d'un déficit sérieux à la deuxième place au monde, après les États-Unis, et à la première place pour l'exportation, à 35% du marché mondial. Les exportations en 1970 étaient de près de 3 millions de tonnes courtes, pour une valeur d'environ \$43 millions, avec \$1,2 millions supplémentaires pour l'exportation de pyrite destinée à la production de soufre, principalement vers les États-Unis. Les importations provenant des États-Unis représentaient 53 000 tonnes pour une valeur de près de \$1,5 millions. En 1970, la consommation canadienne était de près de 1,6 millions de tonnes dont 50% provenaient des minerais sulfurés et des gaz de haut-fourneau, et le reste du gaz acide. En fait, la production canadienne de soufre est en grande partie involontaire, étant donné qu'il s'agit d'un sous-produit.

Autres minéraux

Bartley était l'agent responsable de la potasse et du soufre, et, comme on l'a mentionné ci-dessus, de plusieurs autres minéraux. Il publia un tour d'horizon

de la situation de l'industrie canadienne du spath fluor à la fin des années 50 (121). Le spath fluor est très répandu au Canada, mais sa qualité n'est pas très élevée; il est généralement associé à d'autres minéraux. On a déployé beaucoup d'efforts à diverses époques pour récupérer ce minéral, particulièrement pendant les deux guerres mondiales. La Direction des Mines joua alors un rôle central dans la mise au point des meilleures méthodes d'enrichissement de divers minerais. À la suite de l'entrée de Terre-Neuve dans la Confédération canadienne, la seule production continue provenait des gisements de faible teneur de la péninsule de Burin à Terre-Neuve. En 1970 la production atteignit un record de 158 000 tonnes par an, toute la production étant utilisée pour la production d'aluminium métallique. Etant donné les coûts élevés et les problèmes environnementaux de la mine, l'avenir de l'exploitation est incertain au moment de la rédaction.

Un autre minéral - la baryte - a fait l'objet d'une attention constante dans l'évaluation des ressources et des travaux d'enrichissement. Ross publia un examen d'ensemble des minéraux de baryum au Canada (122).

Les ressources canadiennes de bentonite sont limitées, et on déploya des efforts considérables au début des années 60 pour évaluer et améliorer des échantillons provenant en grande partie de l'Alberta et du Manitoba. La bentonite était utilisée pour contrôler la viscosité des boues de forage de puits de pétrole, et comme agent de liaison dans les sables de fonderie, mais depuis la fin des années 50, le plus gros consommateur est devenu l'industrie des minerais de fer, pour la fabrication de boulettes de concentrés de minerais; ainsi, la consommation de bentonite au Canada était de 63 000 tonnes en 1961, et passait à 278 000 tonnes en 1969. Ross publia en 1964 un examen général de la bentonite dans la série des Monographies (123), qui fut le dernier des examens de dernière minérale publié par la Direction des Mines, dans une série lancée au début de l'histoire de la Direction, au temps du Docteur Haanel.



R.K. Collings



R.A. Wyman

La Section des Minéraux non métalliques entretenait une tradition d'encouragement à l'économie, par le traitement des résidus et de matériaux que l'on aurait pu considérer comme des rejets. Par exemple: dans les années 50 on récupérait la baryte pour utilisation dans les boues de forage, à partir des rejets de minerais de métaux communs; on récupérait le talc dans les rejets de roche par amélioration du broyage, et on récupérait la chaux des boues carbonatées rejetées dans le traitement des minerais d'uranium. Dans les années 60 et dans le début des années 70, on entreprit un projet à long terme pour préparer des produits de gypse comme le plâtre, le placoplâtre, etc., à partir de résidus de gypse provenant des usines d'engrais phosphatés. On mit au point avec succès une technique d'enrichissement comportant le classement par taille, le lavage, le séchage, le broyage, la calcination et le traitement: "Evaluation of phospho-gypsum for gypsum products manufacture" par R.K. Collings (CIM Bull, pp. 41-51, septembre 1972).

Etant donné l'accroissement de l'attention officiellement accordée à partir de la fin des années 60 aux questions d'économie et de contrôle de la pollution, la section orienta une plus grande partie de ses travaux de recherche vers le traitement des résidus pour la récupération de produits utiles, et son nom changea en 1971, devenant section des Minéraux non métalliques et résiduaires. La première étude porta sur les résidus des opérations minières et métallurgiques: "The utilization of mineral wastes" par R.K. Collings, A.A. Winer et D.G. Feasby (Journal of the Can Ceram Soc, vol. 42, pp. 61-67, 1973). Un article précédent était publié dans la revue annuelle d'octobre 1971 du Northern Miner, par Brady, Collings, Bartley et Winer: "The wastefulness of wastes".

Collings succéda à Woodrooffe comme chef de la Section en 1959. En 1974, le personnel se composait de R.K. Collings, chef, C.M. Bartley (retraité en 1974), A.A. Winer et D.G. Feasby (1972-1975).

Avant son transfert à la Direction des Ressources minérales en 1968, Reeves publia un article général

dans ce domaine, intitulé "Factors of particular significance to the economics of industrial minerals" (MB IC 202, 1968).

Usinage des minéraux industriels

Lors de la re-formation de la Division des Minéraux industriels en 1950, A.R. MacPherson était deuxième en ancienneté dans la section des Minéraux non métalliques, et était responsable entre autres de la fonction d'enrichissement. Avant son départ de la Direction des Mines en 1951, il mena à bien un projet sur l'enrichissement du gypse par méthode sèche, dans le but d'en extraire l'impureté principale, la dolomite. Cette méthode fit l'objet du rapport "Recent investigations into the beneficiation of Canadian gypsum" par A.R. MacPherson (Memorandum Series 111, 1950).

Dans la période précédant l'arrivée de R.A. Wyman à la Direction des Mines en 1954, on exécuta quelques étapes de traitement dans l'usine pilote de préparation des minerais. A la nomination de Wyman comme chef de la Section d'usinage des minéraux industriels, les travaux d'enrichissement furent entièrement séparés de la Division de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie des procédés, pour éviter la contamination par le fer et les autres métaux. Pour une raison semblable, il était impossible d'effectuer des travaux d'enrichissement du charbon dans l'usine des minéraux industriels.

Wyman entra à la Division à un moment où on effectuait une étude majeure sur la kyanite, et il participa à l'enrichissement de ce minéral, comme on le mentionnera dans la Section sur les Céramiques.

Lithium

En 1955, on effectua une étude majeure sur des échantillons de spodumène - cinq provenant du Manitoba, trois de l'Ontario et trois du Québec. On mit au point un procédé de concentration pour chaque gisement majeur. Lorsque les minéraux de lithium lourds se présentaient à l'état disséminé, la récupération se faisait entièrement par flottation; par contre, s'ils se présentaient en gros cristaux, on utilisait des moyens lourds avant la flottation. A l'échelle de l'usine-pilote, les concentrés présentaient un pourcentage de lithium supérieur aux 5% exigés par le marché, et la récupération dépassait 84%. Les gisements du Manitoba, particulièrement ceux de Bernic Lake, sont apparus périodiquement dans l'histoire de la Direction des Mines, et justifient un traitement condensé. On se rappellera que sous le rubrique "Autres métaux," on a décrit une étude du spodumène exécutée par la division de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie vers la fin des années 40, portant sur un échantillon provenant de Cat Lake dans le district de Lac du Bonnet, qui inclut Bernic Lake. Également en 1961, Nickel, de la Division des Sciences minérales, étudia le min-

éral complexe de Bernic Lake, et cette étude fut suivie d'autres recherches en 1962, portant sur l'extraction chimique du césium, à la Division de Métallurgie extractive. En 1968, la Section des Minéraux métalliques de la Division de Traitement des Minéraux s'occupait de mettre au point un procédé de concentration pour le tantale. Wyman, en 1973, mit au point, améliora et breveta au Canada et aux Etats-Unis des procédés pour la récupération du lithium à partir du spodumène et de l'amblygonite, principaux minéraux du lithium. Les opérations en usine-pilote à la mine de Bernic Lake furent couronnées de succès, et la direction dénomma le produit "superconcentré". Toutefois des contraintes financières empêchèrent la compagnie de passer à la récupération commerciale du lithium.

Dans les années 50, on avait de fortes espérances concernant la production canadienne de lithium, et on publia un tour d'horizon: "Lithium" par V.A. Haw (MB Info Circular IM-1, 1955).

Dans le rapport annuel de 1959 du Ministère des Mines et Relevés techniques, on déclarait qu'"une importance et une valeur fondamentales s'attachent à la recherche à long terme lancée pendant l'année sur la flottabilité des minéraux purs non métalliques". Wyman prit la responsabilité de cette entreprise, et la mena à bien, comme l'indiquent les trois rapports mentionnés ensemble dans la bibliographie (124). Cette recherche mettait en jeu la flottation de minéraux purs avec des collecteurs non ioniques, anioniques et cationiques, utilisés avec plusieurs types de modificateurs dans des systèmes acides, neutres et basiques. Un des aspects importants de cette recherche, du point de vue de la réduction de la pollution, était l'utilisation d'agents de flottation dégradables. L'information contenue dans ces publications et d'autres attira une attention considérable au niveau international.

Avant de s'intégrer à la Division du Traitement des minéraux en 1959, la section était composée des professionnels suivants: R.A. Wyman, chef; G.A. Kent (1955-) et R.M. Buchanan (1955-). Dans la nouvelle division, Buchanan devint chef de la Section de la Minéralogie des minerais. F.H. Hartman (1959-1975) entra à la Section en 1959, et K.M. Brown (1961-1973) en 1961. La Section exécuta environ 500 études de traitement entre 1955 et 1973, dont on indique quelques exemples ci-après.

Kaolin

En raison du manque de kaolin de haute qualité, qu'il était nécessaire d'importer principalement des États-Unis et du Royaume-Uni, on déploya à diverses périodes des efforts pour améliorer les qualités inférieures disponibles au Canada, principalement dans les provinces de l'Ouest. En 1958, W.J.D. Stone (1957-1960) appliqua des méthodes de séparation par hydrocycloclone et par décantation à une argile du Manitoba, qui

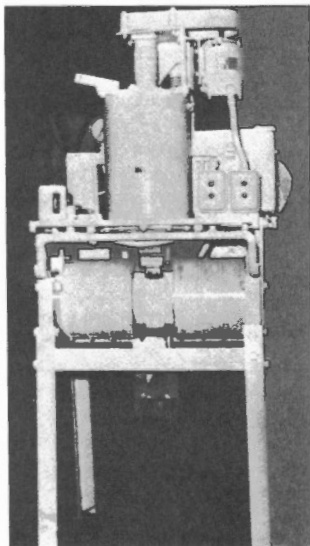
fit l'objet d'une étude conjointe avec Brady: "Investigation of a clay from Arbog, Manitoba" par J.G. Brady et W.J.D. Stone (MB IR 58-214). Cette recherche se poursuivit en 1961, par traitement chimique et flottation. En 1971, le projet fut relancé avec personnel supplémentaire. On utilisa des mélanges synthétiques de kaolin et silice comme échantillons standard pour la mise au point des techniques de séparation.

Magnésite

En 1963, Kent lança un projet de recherche sur l'enrichissement de la magnésite du nord de l'Ontario, qu'il poursuivit pendant plusieurs années, mettant au point un procédé applicable aux minerais de calcite. Ce procédé se composait d'une calcination, suivi d'une lixiviation à l'acide faible, d'une évaporation et d'une transformation thermique du produit en magnésie ou chaux pure, utilisable pour des applications chimiques ainsi que pour des produits réfractaires. A titre d'exemple, dans le cas de la magnésie, la pureté était de 99.5%, avec seulement 0.03% de silice et 0.006% d'oxyde ferrique. Des brevets furent octroyés aux États-Unis et au Canada pour ce procédé, qui est décrit dans "Production of high-purity magnesia" par G.A. Kent (MB RR 163, 1965). On notera que les deux projets ci-dessus furent directement utiles au groupe des céramiques.

Baryte et Célestite

En 1967 fut exécuté un projet urgent sur la



Séparation magnétique Jones par voie humide

séparation de la baryte et de la fluorite contenues dans un gisement de Lake Ainslie, à l'île du Cap Breton, en Nouvelle-Écosse. Le procédé de concentration fut conçu à partir de données établies dans les études de flottation, et fut breveté au Canada. Les opérations en usine pilote furent couronnées de succès, tant à l'intérieur de la Direction qu'au Collège technique de la Nouvelle-Écosse; elles furent exécutées par la Kilborn Engineering Company pour un client. Le projet n'eut pas de suite commerciale, en raison de difficultés financières éprouvées par l'entrepreneur.

Quelques années plus tard, le procédé fut appliqué avec succès à un gisement de célestite (sulfate de strontium) à Loch Lomond, au Cap Breton, par les entreprises Kaiser Resources, après des études supplémentaires en usine pilote au Collège technique de la Nouvelle-Écosse. L'installation commerciale entra en fonction en 1973. Au cours de ces travaux conjoints au Collège, on étudia de nouveaux collecteurs de flottation dégradables (taurates), à des concentrations et températures diverses. Le procédé de la Direction des Mines fit de nouveau l'objet d'essais au Laboratoire de recherche Lakeview en 1970, sur un minerai de fluorite-célestite de Colombie-Britannique.

En 1971, Wyman présenta une communication générale sur la recherche en flottation à la Direction des Mines: "Solving industrial mineral flotation problems at the Mines Branch, Ottawa, Canada" (Trans AIME, Vol. 250, pp. 231-236, sept. 1971). Wyman et sa section manifestèrent leur initiative, se tenant au courant des innovations d'équipement qui pourraient améliorer la séparation des minéraux économiques et des gangues dans l'ensemble du procédé de concentration. Ainsi en 1959 la Section remarqua les travaux de B.H. Jones en Angleterre sur la séparation magnétique de matériaux faiblement magnétiques sous forme de particules fines, et fit l'acquisition de la première machine de ce type utilisée au Canada. Après des essais considérables, le séparateur s'avéra être un instrument d'enrichissement utile. "Wet magnetic separator for feebly magnetic minerals" par G.H. Jones et W.J.D. Stone (International Mineral Processing Congress, pré-publication numéro 34, London, 1960). On encouragea par la suite une compagnie de Montréal à assurer la distribution de ce séparateur au Canada. Les études sont décrites dans "Illustrative applications of the Jones wet magnetic mineral separator" par R.A. Wyman, W.J.D. Stone et F.H. Hartman (MB TB 36, 1962). L'étude des propriétés magnétiques des minerais d'uranium fut poursuivie pendant plusieurs années à partir de 1963. Pour compléter le séparateur magnétique de Jones, on installa en 1977 des équipements nouveaux pour champs magnétiques plus intenses. Ces nouveaux équipements sont décrits dans "Concentration of uranium minerals from Canadian ores by magnetic means" par F.H. Hartman et R.A. Wyman (MB TB 118, 1969).

Wyman était le deuxième membre de la Direction des Mines à s'engager dans le développement du tri automatique des minéraux. On a vu au chapitre 5

qu'environ 15 ans plus tôt, Lapointe avait fait usage d'un système de détection fondé sur le rayonnement naturel des minerais radioactifs. Wyman devait travailler sur un domaine plus vaste de minéraux industriels. En 1960, on acheta une machine électronique de tri Gunson, normalement utilisée pour les produits agricoles, et on l'adapta au tri des minéraux. Dans ces études, on étudia le coefficient de réflexion des minéraux et des fonds, ainsi que d'autres variables causant l'acceptation ou le rejet de particules par la machine à trier. Incidemment, la compagnie canadienne fabriquant la machine bénéficia de ces travaux, et exporte maintenant des machines à trier les minéraux sur les marchés mondiaux. Les études font l'objet d'une description dans "Application of electronic sorting to minerals beneficiation" par R.A. Wyman (MB TB 82, 1965). Le système de détection adopté dépendait de propriétés des minéraux comme la radioactivité, la conductivité, etc. En général, les minéraux industriels se distinguent particulièrement par leurs propriétés optiques - fluorescence, réflectivité et transparence: "Sorting by electronic selection" par R.A. Wyman, (Proceedings of the United Nations Interregional Seminar on Ore Concentration in Water-short Areas; New York, 1966).

En 1967, on installa des équipements de tri photométrique, et il s'avéra possible d'appliquer les méthodes de tri sur une base scientifique presque routinière: "Photometric sorting" par R.A. Wyman (Can Min Journal, vol. 90, pp. 79-80, mai 1969). Wyman publia également dans la série des Monographies: "Selective electronic mineral sorting to 1972" (MB Monograph 878, 1973).

Wyman et ses associés poursuivirent la recherche sur les propriétés physiques des minéraux industriels, et sur les divers procédés d'enrichissement. Ils exécutèrent des études sur les propriétés de broyage des minéraux non métalliques en général, et sur la technologie de broyage fin, concernant en particulier le broyeur vibrant Humboldt utilisé conjointement avec le classificateur "microplex" Alpine, ainsi que sur le transport des minéraux et produits par des systèmes de transport et d'alimentation à vibration. Ces études sont décrites dans "Operating characteristics of a vibrating mill" par F.A. Hartman et R.A. Wyman (MB TB 94, 1967), et dans l'étude parallèle "Material-transporting characteristics of selected vibrating equipment" par R.A. Wyman (MB TB 95, 1967).

On effectua des expériences sur le séchage de matériaux de taille et d'humidité variables par chaleur rayonnante, par ultrasons, par des méthodes en lit fluidisé sec et par flocculation. Une partie de ces travaux furent effectués en coopération avec d'autres sections de la Division, particulièrement la Section des Céramiques; ils sont décrits dans "Experiments with radiant heat for drying minerals" par R.A. Wyman et T. Marshall (MB TB 183, 1973).

K.M. Brown fut transféré au bureau du Directeur en 1971 et prit sa retraite en 1973. Il était entré à la direction en 1961, après de nombreuses années dans l'industrie de l'extraction des métaux au Canada et à l'étranger. En 1974, Wyman était encore Chef de la Section d'Usinage industriel avec Kent et Hartman, assistés de R.E. Atkinson (1972-1973).

CÉRAMIQUES

L'évaluation systématique des ressources d'argile et de schiste fut l'oeuvre de Keele, tout d'abord comme agent de la Commission géologique à partir de 1910, et plus tard comme Chef de la Division des Céramiques de la Direction des Mines de 1915 à 1921. Cette activité fut poursuivie à partir des années 20 jusqu'à la fin des années 40, mais pas avec la même intensité qu'auparavant, pour plusieurs raisons. La Dépression des années 30 entraîna une pénurie et des mouvements de personnel et par ailleurs, on était occupé à l'évaluation et aux autres problèmes concernant les briques de structure (voir chapitres 4 et 5).

Pendant l'interrègne, de 1946 à 1950, au cours duquel le groupe des Céramiques faisait partie de la Division de la Préparation des minéraux et de la Métallurgie, une des activités principales consistait à satisfaire à la demande toujours croissante des gouvernements provinciaux, des producteurs d'argile et des particuliers, pour l'évaluation des essais physiques et de cuisson des argiles et schistes. Ainsi, en 1946, on reçut 95 échantillons, alors qu'en 1948 on en reçut 240, dont plus de la moitié provenait de l'Alberta et de la Colombie-Britannique; beaucoup de ces échantillons concernaient les produits réfractaires.

Prince, qui était responsable de la Section, avait conscience de l'importance de l'évaluation des ressources, bien que sa nomination comme chef du groupe des Céramiques ait été essentiellement orientée vers l'établissement d'une base scientifique plus ferme pour la gestion du domaine plus exigeant des matériaux réfractaires. A.R. MacPherson effectua un recensement des argiles et schistes de l'Île du Prince-Edouard, qu'il décrivit dans "Clays and shales of Prince Edward Island" (Memorandum Series 91, 1947).

Les demandes de solutions pour les problèmes concernant les matériaux réfractaires augmentèrent rapidement dans la période d'après-guerre. Une étude fut exécutée à la demande du gouvernement provincial de la Nouvelle-Écosse, dans laquelle on prépara des briques de silice à partir de quartzite de la Nouvelle-Écosse, pour utilisation sidérurgique; cette étude fut décrite dans le rapport d'étude (Investigation Report) 46-1 (Division des Minéraux métalliques, section des céramiques, 1946). Dans d'autres cas, on effectua des recherches sur les briques réfractaires fabriquées à partir de brucite et de magnésie, et sur l'effet de la



H. Mercier effectuant la cuisson de briques dans le four Remney (températures atteignant 3500°F)

variation de la taille des grains et du rapport chaux-silice sur les propriétés de la brique; cette étude fut décrite dans les rapports 47-1 et 47-2 respectivement.

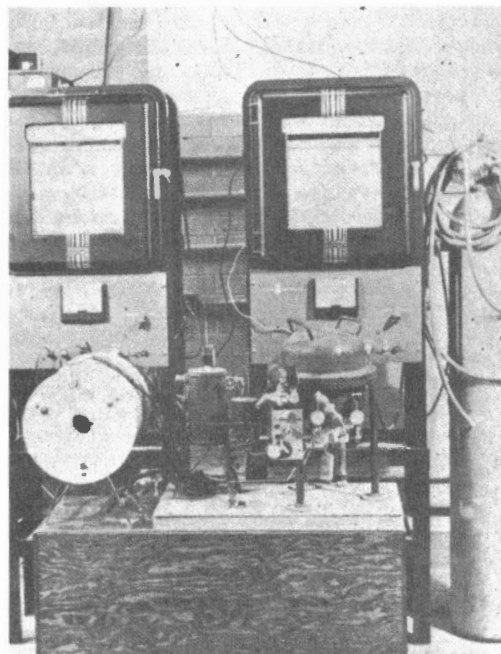
Prince s'occupa de plus en plus de recherches sur les systèmes d'équilibre de phase à haute température des oxydes réfractaires comme la thorie, la bérylie et la zirconie en rapport avec le programme de l'énergie atomique du Conseil national de recherches. Lorsque la Division des Minéraux industriels fut reconstituée en 1950, Prince devint chef de la Section, nouvellement baptisée Chimie physique et cristaux, dans la Division de la Préparation des Minéraux et de la Métallurgie des procédés. Les ingénieurs du groupe original des Céramiques, complétés par quelques autres et dirigés par Phillips comme ingénieur en chef, rejoignirent la Division des Minéraux industriels en 1950.

L'étude de produits céramiques, y compris les argiles et schistes communs pour fabrication de briques et de tuiles de structure, se poursuivit à un rythme accéléré. Pendant la période 1952 - 1959, on effectua près de 2000 études de ce genre. Ce travail s'ajoutait aux projets internes, comme la recherche sur l'amélioration des qualités des argiles de cuisson canadienne pour la production de briques à four "super-résistantes". De plus, un programme fut lancé en 1950 pour l'essai de tous les types de briques réfractaires, fabriquées au Canada et importées; il s'agissait d'obtenir les données nécessaires à la préparation de spécifications pour la Commission des spécifications du gouvernement canadien (CGSB). L'objectif était également d'indiquer la manière dont on pourrait apporter des améliorations, et de déterminer le type de briques le mieux adapté à une application scientifique. En 1951, à la demande de la Marine royale canadienne (RCN), la

portée du programme fut étendue aux ciments à haute température et aux produits réfractaires plastiques et moulables. En 1955, on avait évalué au total 250 types. Le RCN prescrivit en 1953 que tous les produits réfractaires utilisés dans ses installations devaient satisfaire aux tests de la Direction des Mines. Les données furent également fournies au CGSB, ainsi qu'aux fabricants, pour les aider à améliorer leurs produits.

Pour aider à l'échantillonnage et à l'examen des gisements d'argile et de schiste, Phillips publia la circulaire d'information IM-2 en 1954; il publia également la circulaire d'information IM-3, en 1956, sur les argiles et schistes de l'est du Canada, de l'Ontario aux Maritimes. Pendant cette période, le groupe fut responsable d'une évaluation complète des gisements d'argile réfractaire et semi-réfractaire à Shubenacadie, en Nouvelle-Écosse, avec pour résultat la production commerciale de brique brune de façade et de quelques produits réfractaires.

Un autre rapport général des ressources sur certaines argiles de l'Ouest fut publié par J.G. Brady (1952-): "Nature and properties of some Western Canadian clays" (MB TB 21, 1961). Lors de son recensement des ressources de l'Ouest, Brady effectua une étude minéralogique détaillée de la formation de Whitemud dans le sud de la Saskatchewan et le sud-est de



Appareil d'analyse thermique différentielle pour l'étude des argiles.



R.M. Buchanan

l'Alberta, qui constitue une source principale d'argile à grès réfractaire (argile semi-réfractaire). Cette étude est décrite dans "Effect of the mineralogical composition of Whitemud Formation clays on their utilization" par J.G. Brady (MB RR 99, 1962).

C'est à l'arrivée de Brady (blessé dans l'armée au cours de la guerre) à la Direction des Mines en 1952 que fut entrepris un examen systématique sur le terrain et en laboratoire, avec caractérisation des argiles et schistes céramiques. Il faut noter que les argiles de haute qualité - argile à porcelaine, argile réfractaire, argile à balles et argile à grès - sont rares au Canada, particulièrement en Ontario et au Québec, où des phénomènes importants de glaciation et d'érosion au cours des temps géologiques ont sans aucun doute entraîné la perte de nombreux gisements de surface. Par contre, la glaciation a produit de grands gisements d'argile ordinaire convenant à la production de briques et tuiles de structure, mais beaucoup d'entre elles présentent une proportion élevée de chaux et une "marge de cuisson" (différence de température entre la vitrification et le ramollissement après cuisson) peu étendue. L'exploitation sélective et le traitement permirent une utilisation plus étendue de ces argiles. Brady recueillit un grand nombre d'échantillons, partant de la Colombie-Britannique et progressant vers l'est.

On introduisit des méthodes d'évaluation améliorées, par exemple, l'analyse thermique différentielle: "Physical properties and differential thermal analyses of some Canadian clays and shales" par J.G. Brady (Journal of Can Ceram Soc, vol. 26, pp. 71-89, 1957).

Phillips prit sa retraite en 1956, après 29 ans de service dans le groupe des Céramiques de la Direction des Mines. S.M. Matthews prit la tête du groupe. Avant sa démission en 1959, il publia un article sur le laboratoire de céramique de la Direction des Mines: "Ceramic research and facilities at Mines Branch, Ottawa" par S.M. Matthews (Journal of Can Ceram Soc, vol. 28, pp. 35-38, 1959).

La minéralogie des argiles et l'étude par diffraction aux rayons X constituèrent des techniques supplémentaires appliquées en 1957 pour l'évaluation des argiles et des schistes. Ceci conduisit à la formation d'une section distincte de Minéralogie des minerais dans la Division du Traitement des minéraux, qui avait succédé en 1959 à la Division des Minéraux industriels avec R.M. Buchanan (1955-), chef, Dr. R.S. Dean (1961-) et Dr. J. Soles (1961-). Ce groupe était responsable envers le Chef de la Division, car il assurait un appui à toutes les sections de la Division, ainsi qu'à d'autres divisions de la Direction, par exemple, celles des Carburants et des Pratiques minières. Une forte proportion de ces activités, toutefois, concernait les argiles ainsi que les matériaux céramiques et de construction. Avant la formation de la Section de la Minéralogie des minerais, Vic Haw, minéralogiste accompli, avait effectué de nombreuses études pour les divisions. Il encouragea la coopération entre les experts en minéralogie et en pétrographie et les agents responsables des denrées minérales.



R. Dean applique une technique de lyophilisation à la préparation d'échantillons d'argile pour analyse minéralogique (Photo - George Hunter)

Brady, qui devint chef de la Section des Céramiques après le départ de Matthews en 1959, coopéra étroitement avec Dean pour un recensement des argiles et schistes à céramique dans tout le pays. Ils étudièrent l'effet de la composition sur les argiles non traitées et traitées. La première de six publications concernait la Colombie-Britannique; elle fut suivie par des publications sur les ressources en matériaux céramiques du Québec et de l'Ontario. Les provinces de l'Atlantique furent couvertes en deux rapports distincts, et les provinces des Prairies sous forme préliminaire. Tous les échantillons des provinces des Prairies furent recueillis, mais le travail analytique ne fut pas achevé. Les tests d'évaluation comportaient l'analyse thermique différentielle, la gravimétrie thermique, la dilatométrie, les études de gradient de température et la cuisson.

L'évaluation d'échantillon d'argile et de matériaux céramiques provenant de diverses sources, ainsi que l'aide à l'industrie, se poursuivirent au cours des années 60 et 70, pendant lesquelles Ken Bell apporta une contribution importante. Les problèmes étaient plus complexes et spécialisés qu'auparavant. Par exemple, à la demande d'Énergie atomique du Canada, Limitée, on mit au point un blindage dense au fluorure de lithium à 83% de la densité théorique, pour un nouveau type de spectromètre aux rayons gamma, par une technique de cuisson à 2 étapes: "Dense lithium fluoride for gamma-ray-free neutron shielding" par V.D. Svikis (MB RR 119, 1964). D'autres exemples:

- études de la plasticité, des propriétés de cuisson et de l'expansion thermique de schistes locaux
- corrélation de mélanges d'argile plastique, avec préparation des matériaux, conception du four et barème de cuisson pour une nouvelle usine de briques de revêtement dans l'est de l'Ontario
- élaboration d'une méthode pour l'incorporation de résidus de feldspath provenant d'un gisement du Québec dans la fabrication de briques de façade de qualité supérieure
- étude des efflorescences sur les briques de revêtement jaunes et grises pour une compagnie de Toronto
- études de sérieux problèmes de traitement dans la formation, le séchage et la cuisson de tuyaux d'égout fabriqués à partir de matériaux locaux dans une compagnie de New Glasgow, en Nouvelle-Écosse, et recommandations pour surmonter les difficultés
- établissements de barèmes de cuisson pour un fabricant d'appareils sanitaires de Colombie-Britannique, dans l'utilisation de néphéline syénite canadienne pour remplacer le feldspath importé
- étude effectuée pour un producteur de brique des Maritimes, utilisant des méthodes de laitier de verre, de sables à mortier et de phosphate d'aluminium comme additifs au schiste local

Certains projets furent inspirés par le personnel lui-même, par exemple, la mise au point de céramiques de stockage thermique, qui commença en 1959. Dans la

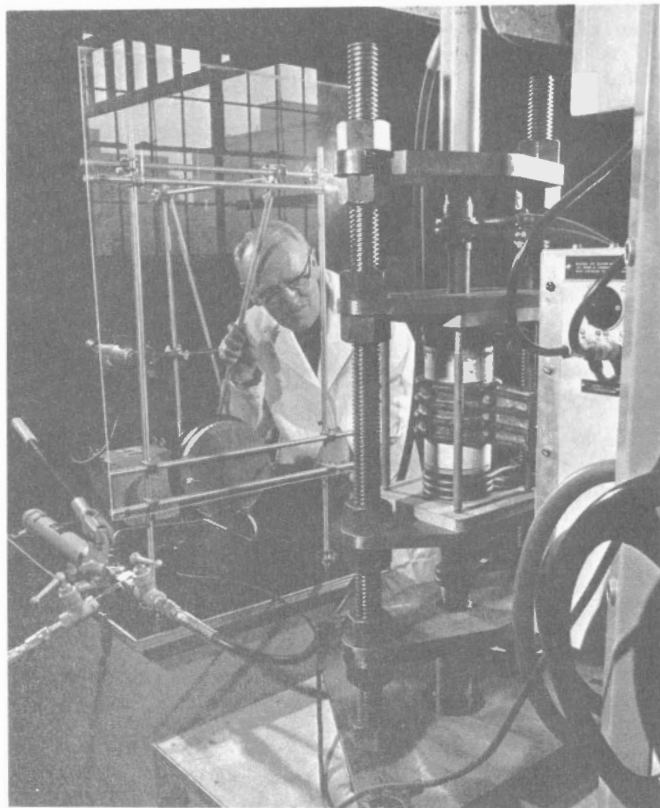
première phase de cette recherche, les matériaux les plus prometteurs incorporent de l'alumine calcinée et de la magnésie brûlée: "Non-metallic thermal storage media" par V.D. Svikis (MB RR 96, 1962). Dans la deuxième phase de la recherche, on essaya des matériaux possédant des chaleurs spécifiques élevées - des silicates comme le talc, l'olivine et la serpentine, et des oxydes comme la magnétite et l'hématite; on découvrit qu'ils possédaient des capacités de chauffage élevées et des propriétés mécaniques adéquates: "Non-metallic thermal storage media for block-type electric space heaters" par V.D. Svikis (MB RR 206, 1969). Étant donné les préoccupations actuelles d'économie d'énergie, on a vu se ranimer l'intérêt porté au stockage thermique en céramique dans les heures creuses, pour utilisation dans les heures de pointe du chauffage résidentiel électrique.

Un projet sur le pressage à chaud des céramiques fut lancé en 1963. On construisit une installation composée de fours spéciaux à induction et d'une presse à double action spécialement construite pour pression "isostatique". On entreprit des recherches sur un schiste à forte proportion de chaux provenant de Dundas en Ontario, pour production de tuyaux d'égout. Après expérience considérable, on fabriqua un produit satisfaisant à partir d'un mélange de 50% de schiste calciné et 50% de schiste pulvérisé, mis en boulettes et comprimé sous vide à 10 000 psi: "Some experiences in isostatic pressing of high-calcine bodies" par K.E. Bell (Journal of Can Ceram Soc, vol 37, pp. 38-40, 1968).

Un projet sur les hautes températures fut lancé en 1965, pour la production de matériaux réfractaires en magnésie brûlée à partir de la magnésite à Timmins en Ontario. On mit au point un produit contenant 92% de magnésie brûlée résistante à l'hydratation. On établit les valeurs optimales pour les températures de calcination et de brûlage, pour les tailles de grains et pour les pourcentages d'additifs: "Dead-burned magnesia from an Ontario magnesite concentrate" par V.K. Svikis (Bull of American Ceram Soc, vol 48, No. 7, pp. 724-728, juillet 1969).

On lança, en 1960, un projet sur les propriétés thermiques, et particulièrement la conductivité thermique des produits céramiques, des roches et des minéraux, qui se poursuivit pendant plusieurs années. On entreprit des essais "en tournoi" avec d'autres laboratoires, selon la méthodologie ASTM. La méthode de comparaison utilisée fut modifiée pour améliorer la productivité, et on mit au point des normes: "Comparative method apparatus and standards for measurement of thermal conductivity" par V.V. Mirkovich (MB RR 156, 1965). On étudia l'expansion thermique et la stabilité thermique en on construisit un four à choc thermique.

On étudia, conjointement avec les divisions des Carburants et de la Pratique minière, la conductivité thermique appliquée au forage thermique des roches dans l'industrie minière: "Experimental study relating



J. Bond opérant une presse à chaud pour céramique
 presse à chaud pour céramique (Photo - George Hunter)

thermal conductivity to thermal piercing of rocks" par V.V. Mirkovich (Int J. Rock Mech Min Sci, vol. 5, No. 3, pp. 205-218, 1968). Une étude parallèle en minéralogie et pétrographie concernant le même projet avait déjà été exécutée par le Dr. Soles, E. Hanes et V.D. Svikis en collaboration avec L.B. Geller: "Experimental studies relating mineralogical and petrographic features to the thermal piercing of rocks" par J.A. Soles et L.B. Geller (MB TB 53, 1964). On établit une relation quantitative entre la susceptibilité des roches au percement et leurs propriétés thermiques. La recherche sur la diffusivité thermique commença en 1967.

Un projet fut lancé en 1971 pour mettre au point une zirconie stabilisée destinée à la production d'un électrolyte à l'état solide pour la sonde à oxygène inventée par la Division de la Métallurgie physique. On utilisa une technique cryochimique pour produire de la zirconie de haute pureté. A la date de rédaction, les techniques de fabrication ont été améliorées, pro-

duisant des corps céramiques denses et résistants au choc.

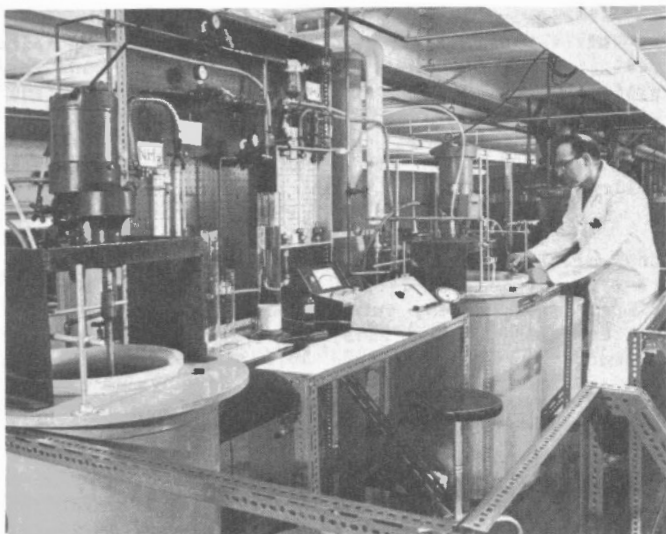
En raison de la durée des deux projets que nous allons maintenant décrire, et de l'importance qui leur a été accordée, ils seront décrits sous leur propre rubrique.

Céramiques électroniques

En 1950, un projet de recherche et de développement fut lancé à la demande du Ministère de la Défense nationale, sur la possibilité de préparer des matériaux céramiques électroniques possédant des propriétés diélectriques spéciales. Des produits spéciaux furent mis au point et fournis au MDN. En 1952, à la demande de la Commission de la recherche pour la défense, on entreprit le développement de céramiques piézo-électriques pour servir aux équipements ultrasoniques. La première céramique mise à l'essai fut le titanate de baryum, et on fabriqua plusieurs milliers de spécimens pour les essais. Dans le début des années 60, on effectua des travaux supplémentaires de développement, pour améliorer les propriétés piézo-électriques; le procédé consistait à broyer finement du zirconate de plomb et du titanate de plomb, puis à mélanger les deux composants pour les compacter et à les fritter: "Electromechanical properties of three experimental lead zirconate - lead titanate ceramic compositions" par T.B. Weston (MB RR 100, 1962). L'accord général était que pour assurer des propriétés électriques optimales, le grain de la céramique devait être très fin, pour permettre un frittage à densité maximum, sans introduction d'impuretés.



I.F. Wright et T. Weston vérifiant un oscilloscope



L. Shaheen prépare des oxydes hydratés à propriétés céramiques par coprécipitation (Photo - George Hunter)

Pour atteindre ce but, on décida d'établir un groupe de trois divisions - Traitement des minéraux, Métallurgie extractive et Sciences minérales - aidées par la Section Navale. La Division de la Métallurgie extractive produisit, par co-précipitation et séchage en pulvérisation un produit pur, d'abord en lots d'une livre, puis dans une usine-pilote capable de produire des lots de 15 livres. "The effects of some variations in fabrication procedure on the properties of lead zirconate-titanate ceramics made from spray-dried, coprecipitated powders" par A.H. Webster, T.B. Weston et V.M. McNamara (Réimprimé du Journal of Can Ceram Soc, vol. 35, pp. 61-68, MB RS 32, 1966). La Division des Sciences minérales étudia les propriétés de frittage. Les boulettes furent finies par la Section Navale, et la Division de la Métallurgie des procédés exécuta l'évaluation électrique, qui indiqua une amélioration par rapport aux céramiques commerciales. Les études d'équilibre de phase du système $PbO-TiO_2-ZrO_2$ furent exécutées par la Division des Sciences minérales. Le programme se poursuivit jusqu'en 1968, car il fallait évaluer de nombreuses variables, comme les changements de composition, les effets de la durée et de la température de frittage, de légers excès ou manques d'oxyde de plomb, etc.: "Symposium on the preparation and properties of lead zirconate-lead titanate piezo-electric ceramics", Avant-propos par I.F. Wright (4 articles réimprimés de Can Ceram Soc, vol. 34, 1965, MB RS 8, 1966). Une compagnie devait entreprendre la production commerciale de la céramique en question.

En 1969, un examen de ce domaine indiqua qu'on pourrait pas accorder autant de temps aux céramiques

piézoélectriques, et qu'il faudrait peut-être accorder plus de temps aux céramiques diélectriques. En 1972, un des projets entrepris fut la mise au point d'un matériel approprié pour les diélectriques à micro-ondes, à la demande du Centre de recherche sur les communications. À la date de rédaction, le tétratitanate de baryum semble un composé prometteur. Ian Wright, qui entra au Bureau des Mines en 1948, était responsable de ce projet de 1950 à 1974, date de sa retraite.

Kyanite

En 1951, on identifia la kyanite et le silicate d'aluminium dans un des nombreux échantillons constamment envoyés pour évaluation à la Division des Minéraux industriels. Cet échantillon particulier de gneiss graphitique provenant de Mattawa, en Ontario, avait été soumis pour obtenir une opinion quant à sa valeur comme source de graphite. On y trouvait en association du grenat et du mica, dont on pensait qu'il pourrait peut-être, comme sous-produit, contribuer à la valeur d'exploitation de ce gisement important. Bien que plusieurs intéressés de l'industrie aient consacré beaucoup d'efforts, sur une période de plusieurs années, à mettre le gisement en production, leurs efforts ne produisirent pas de fruits. On identifia d'autres gisements en Ontario, dans les districts de Sudbury et de Clarendon Township (sud de l'Ontario) ainsi qu'en Colombie-Britannique, dont provint un spécimen "flottant" identifié par la Direction des Mines en 1931. Jusqu'à maintenant, aucune exploitation économique n'a été lancée pour aucun de ces gisements. Vic Haw, qui faisait partie à l'époque du groupe des ingénieurs des ressources en minéraux industriels, présenta une communication au Canadian Institute of Mining and Metallurgy: "Kyanite in Canada" par V.A. Haw (CIM Bull, pp. 27-35, Janvier 1954).

La kyanite est le matériaux qui sert de source pour la production de mullite, silicate à forte proportion d'aluminium, considéré comme un produit réfractaire supérieur. Le minéral doit être concentré pour assurer une haute pureté, et le concentré est soumis à une transformation thermique pour produire la mullite. Pendant les années 50, des recherches importantes furent effectuées par les sections d'Usinage et des Céramiques de la Division. Étant donné la dissémination de la kyanite canadienne (le gisement de Mattawa représentait un pourcentage de 15% environ de kyanite), l'enrichissement exigeait une concentration magnétique, un broyage fin et une flottation, suivi d'une lixiviation acide pour réduire la concentration d'impuretés à un niveau acceptable. Les études de flottation effectuées en laboratoire et en usine-pilote sur les kyanites du district de Sudbury firent l'objet d'un rapport par R.A. Wyman (Industrial Minerals Division Research Report IM 189, 1955).

Dans la première phase de la recherche, le concentré de kyanite poreux était condensé et stabilisé au

moyen d'acide phosphorique et de phosphate d'aluminium avant compaction et calcination: "Processing of certain North American kyanite concentrates into volume-stable, dense and highly refractory aggregates" par V.D. Svikis et J.G. Phillips (Bull Am Ceram Soc, vol 35, No. 8, pp. 305-308, 1956). Au cours de la deuxième phase, la recherche indiquait qu'il serait avantageux d'ajouter 20% d'oxyde d'aluminium à la kyanite, pour produire un corps présentant un rapport aluminium-silice proche de celui d'une mullite véritable. Ceci permettait un choix pour certaines des variables importantes du procédé, comme la concentration d'acide phosphorique, la pression de compactage, la température de calcination et la production d'un agrégat présentant des propriétés désirables: "Properties of improved, phosphate-stabilized refractory materials made from Canadian kyanite concentrate" par V.D. Svikis (Bull Am Ceram Soc, vol. 38, No. 5, pp. 264-268, 1959). Ces publications extérieures étaient fondées sur des rapports de recherche de la division des minéraux industriels, IM 168, 1954 et IM 212, 1956, tous deux par V.D. Svikis.

On vu renaître un certain intérêt pour la kyanite au cours des années 60, et on prépara un produit réfractaire amélioré de "mullite", à partir d'une kyanite de Temiskaming dans l'Ontario et d'aluminium Alcan; toutefois, ces recherches supplémentaires n'eurent pas pour conséquence la production industrielle du produit réfractaire.

Matières premières des céramiques

La plupart des gisements d'argile du Canada sont du type commun, et sont considérablement utilisées extensives pour la fabrication de briques ordinaires et de façade, de divers types de tuiles, de tuyaux d'égoût, etc. Des schistes finement broyés complètent les besoins de la fabrication de briques. Les argiles de haute qualité ou du type kaolin réfractaire sont rares, et se présentent en gisements restreints, principalement dans l'ouest du Canada. L'Ontario et le Québec manquent d'argile de haute qualité, et par conséquent il y a une importation substantielle d'argile brute vers ces provinces, pour satisfaire à leurs besoins.

Depuis sa formation, il y a environ 60 ans, la Section des Céramiques a constamment aidé les entrepreneurs à améliorer le caractère réfractaire des produits d'argile, et à étendre les possibilités d'application.

L'industrie canadienne de l'argile a atteint un volume important. Etant donné la variété des unités de mesure, il est plus simple, dans l'examen de la production d'argile canadienne, de mentionner des valeurs monétaires. Du point de vue historique, il est intéressant de noter que la valeur des produits d'argile canadienne en 1886, première année pour laquelle on dispose d'archives, était de 1,1 million de dollars, à

comparer à 3,7 millions de dollars pour le charbon et 1,5 million de dollars pour l'or. Il s'agissait alors des trois principales denrées minérales, pour une production minérale totale d'une valeur de 10,2 millions de dollars. La plus forte production de produits d'argile avant la Seconde Guerre mondiale eut lieu en 1929, pour une valeur de 13,9 millions de dollars.

En 1949, les produits d'argile canadiens avaient une valeur de 18 millions de dollars, pour la production domestique, et 14,5 millions de dollars à partir d'argiles importées, principalement des États-Unis et du Royaume-Uni. De plus, la valeur des produits d'argile importés était de 30,6 millions de dollars, principalement des États-Unis et du Royaume-Uni. En 1949, les rapports sur la bentonite étaient distincts de la fabrication d'argile. Cette année-là, la production de bentonite canadienne était de 17 000 tonnes courtes, dont environ 8 000 tonnes étaient traitées (broyées et activées) et utilisées dans le raffinage du pétrole, le forage des puits de pétrole, et comme agent de liaison dans les sables de fonderie. Il y avait quelques importations de matériaux activés des États-Unis. En 1969, la bentonite était comprise dans les chiffres d'ensemble de production d'argile canadienne. Par contre, les importations, qui incluaient la terre à foulon, les argiles activées et les terres, représentaient 311 000 tonnes courtes, pour une valeur de \$4,6 millions. La consommation rapportée était de 278 000 tonnes, dont 211 000 tonnes étaient utilisées dans la production de boulettes de minerai de fer. Il y avait trois producteurs canadiens de bentonite, mais la production doit avoir été très faible, par comparaison à l'importation.

En 1969, la valeur de la production canadienne d'argile, y compris la bentonite et les produits d'argile, était de 51,2 millions de dollars. Si l'on tient compte d'un taux d'inflation d'ensemble de 30 à 40% sur 20 ans, il semble que l'industrie canadienne



J. Brady

ait doublé sa production. Toutefois, les importations d'argile et de produits d'argile avaient apparemment augmenté plus vite encore, étant donné qu'en 1969 ils représentaient une valeur de \$76,3 millions, avec toutefois une compensation sous forme d'exportations d'une valeur de \$14 millions.

Organisation de la Section des Céramiques

Le personnel professionnel de la Section des Céramiques en 1965 était le suivant: Chef, J.G. Brady (1952-), V.D. Svikis (1953-1970), T.B. Weston (1948-), H. Mercier (1927-1967), K.E. Bell (1960-) et Dr. V.V. Mirkovich (1961-). Weston était l'un des agents qui travaillaient avec le groupe de l'uranium de la Direction des Mines à Chalk River. Il y a lieu de noter que pas moins de 5 agents de la Section des Céramiques et des Matériaux de construction étaient diplômés de l'Université de Saskatchewan, qui était connue pour son programme de génie des céramiques.

En 1965, la Section Navale, comprenant son chef, V.A. McCourt (1947-1972), R.H. Moore (1948-1969), et W.A. MacDonald (1951-), fut transférés administrativement à la Division du Traitement des minéraux, dont le nom fut changé en Section de la Préparation et des Propriétés des matériaux. Ian Wright fut nommé au poste de Chef des céramiques spéciales, comme coordinateur des travaux intersectionnels et divisionnels sur les céramiques électroniques. En 1968, le Dr. T.A. Wheat se joignit au groupe de céramiques, et en 1970, le Dr. M. Palfreyman fut nommé à ce groupe mais le quitta en 1974.

En 1968, la subdivision des minéraux industriels fut établie officiellement et Jack Brady en devint le gérant de recherches. Ian Wright devint chef de la section des Céramiques jusqu'à sa retraite en 1974, après quoi il fut remplacé par Bell.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Répetons que ce groupe, par le passé, représentait la continuation des anciennes divisions des Céramiques et des Matériaux routiers, fondées en 1915 et 1916 respectivement. Elles furent combinées en une division en 1922, qui devint une section de la Division des Minéraux industriels en 1936, puis fit partie de la Division des Ressources minérales en 1946, pour être finalement recombinaisonnée avec les autres sections en 1950, sous l'appellation générale de "Construction" dans la Division rétablie.

Ce dernier nom était approprié, étant donné l'importance particulière de toutes les branches de l'industrie de la construction - routes, barrages hydroélectriques, bâtiments industriels, commerciaux et d'habitation - dans "l'explosion" de la construction après la guerre. Une fois de plus, la Direction des

Mines se montra capable de répondre à une tendance industrielle et économique. L'activité de recherche et de développement dans la Section de la Construction au cours de la première période s'est maintenue en grande partie jusqu'à l'heure actuelle.

Un effort considérable fut consacré aux matériaux de construction dans la période de l'après-guerre entre 1946 et 1950, en prévision d'une reprise de la construction. Certains projets entrepris, qui n'ont pas été mentionnés jusqu'ici, sont:

- le recensement des matériaux routiers le long de la route de l'Alaska, dans la région de Fort Smith, à la demande de la Direction des Levés et du Génie du Ministère des Mines et Ressources
- la production de granulés de toiture à partir d'ardoises et de rhyolite canadienne
- des expériences préliminaires sur les agrégats légers
- l'utilisation de syénite et de diopside dans la fabrication de la laine minérale (en 1947, la production de laine minérale, par un procédé mis au point par Goudge, avait une valeur d'environ \$5 millions)
- des examens sur le terrain des matières premières pour l'industrie de la construction dans l'est du Canada.

A titre d'indice de l'utilisation de béton au Canada, la production de ciment dépassait le million de barils (175 000 tonnes courtes) en 1904, passant à douze millions de barils en 1929, retombant à trois millions de barils en 1933, et ne retrouvant le niveau de 1920 qu'en 1947. En 1949, la demande était passée à près de seize millions de barils, soit huit millions de tonnes courtes; il fallait importer 2,2 millions de barils supplémentaires. En 1967, la crête de production d'après-guerre atteignait 8 millions de tonnes courtes, avec un surplus à l'exportation de plus d'un demi-million de tonnes, et à l'importation de 50 000 tonnes. En 1975, dernière année de ce récit, la production annuelle de ciment était de 9,7 millions de tonnes, avec un potentiel de production annuelle totale d'environ 16,6 millions de tonnes.

Les composants d'agrégats naturels ou de poids normal du béton, pour être économiques, doivent être situés à proximité des régions de construction ou des régions habitées. De ce point de vue, le Canada n'était pas pourvu de gisements étendus et bien placés de sable et de gravier, à proximité de chantiers de construction importants, et par conséquent, il était nécessaire de produire ces denrées par broyage de roches. En 1904, la production de sable et gravier représentait près de 400 000 tonnes, en 1929 près de 28 millions de tonnes, et en 1949, la production dépassait 63 millions de tonnes. En 1969, la production était de 201,5 millions de tonnes, après une crête en 1966, au niveau de 217,3 millions de tonnes, que l'on peut attribuer à l'effet de la construction de l'Expo. Du total de 1969, environ 42% était constitué de gravier concassé, dont les deux plus gros utilisateurs étaient les travaux routiers

(près de 147 millions de tonnes) et les agrégats pour béton (près de 24 millions de tonnes).

L'intérêt que la Direction des Mines portait aux matériaux de construction pendant la Première Guerre mondiale, avec l'apparition de véhicules à moteur, se concentrait en particulier sur les matériaux routiers; K.A. Clark, connu pour ses travaux sur les sables bitumineux, et qui devait travailler plus tard au Conseil de recherches de l'Alberta, fut responsable d'un certain nombre de recensements de sources de matériaux routiers dans le pays. Clark fut également responsable de l'introduction d'essais pour l'évaluation de matériaux routiers. Un des associés de Clark était R.H. Picher, qui exécuta une bonne partie des travaux de terrain déjà mentionnés. Il effectua le dernier levé régional en 1950 et 1951 le long du chantier de la route Trans-canadienne à Terre-Neuve, à la demande du Ministère des Ressources et du Développement.

Picher fut nommé ingénieur en chef de la Section des Matériaux de construction, en 1950. Il prit sa retraite en 1954, après 37 ans de service à la Direction des Mines, et fut remplacé par V.A. Haw, qui était entré à la Section des Minéraux non métalliques en 1950. Haw devint chef intérimaire de la Division des Minéraux industriels, lorsque Monty Goudge prit un congé de retraite en 1958, et accepta ensuite un poste dans l'industrie. Monty prit sa retraite en 1959, après 36 ans de service. N.G. Zoldners (1947-1974) fut nommé chef de la Section en 1959. D'autres professionnels qui entrèrent dans la section furent J.G. Matthews (1949-1952), R.A. Simpson (1950-1957), H.S. Wilson (1952-) et F.E. Hanes (1956-1974).

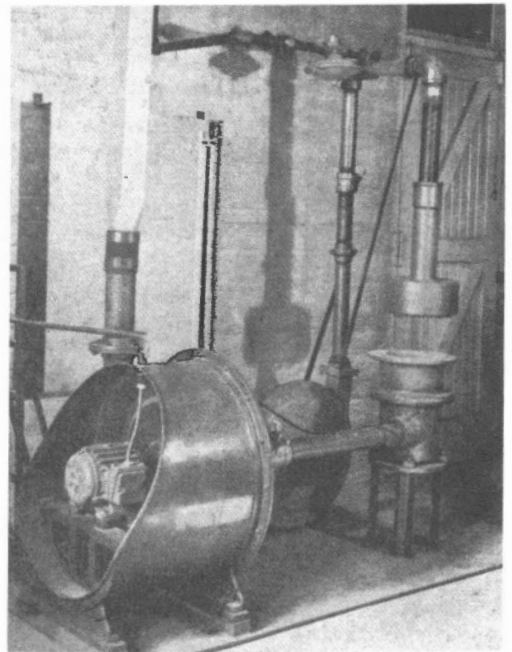
La recherche et le développement à la Direction des mines porta sur le sable et trois catégories d'agrégats grossiers. Le récit suivant de ces travaux respecte l'ordre chronologique.

Agrégats Légers

La pénurie d'acier structural après la guerre fut l'un des facteurs qui encouragea l'évaluation des agrégats légers dans la fin des années 40. Un pied cube de béton utilisant des agrégats légers pèse 95 à 120 livres. J.G. Matthews, avec plus tard H.S. Wilson, exécuta un recensement des argiles et schistes qui, chauffés rapidement en dessous de 2400°F dans des fours rotatifs, libèrent des gaz, produisant un effet de "gonflement" qui donne des particules rondes, légères et solides, avec un revêtement vitrifié. L'un des avantages des agrégats légers est l'absence des substances délétères qui se trouvent dans les agrégats naturels. Un autre avantage est qu'il est possible de les produire en l'absence d'agrégats naturels ou de roches. On effectua également des recherches avec des additifs qui pourraient causer un gonflement des argiles non susceptibles de gonflement spontané.

L'autre procédé exigeait un broyage suivi d'un frittage dans un pot ou une machine. Un rapport en six parties fut publié entre 1952 et 1954 (126). Plus tard, des travaux d'évaluation supplémentaires furent effectués par Wilson au Québec et en Ontario (MB TB 48, 1963 en anglais et MB TB 51, 1963 en français, respectivement). On produisit des agrégats légers à partir de résidus de schiste provenant des mines de charbon à ciel ouvert au Nouveau-Brunswick et des résidus de lavage du charbon et des schistes bitumineux de Nouvelle-Écosse. On les fabriqua également à partir des cendres volantes des installations thermo-électriques chauffées au charbon. Ces travaux de recherche stimulèrent la production commerciale d'agrégats légers, et on considère qu'environ 6 usines sont entrées en fonction à la suite de ces recherches: "Development of the Canadian lightweight aggregate industry" par H.S. Wilson (MB IC 137, 1962).

Le béton structural léger était coulé sur place ou formé en panneaux ou dalles pré-fabriquées, et dans une moindre mesure, en composantes de constructions pré-contraintes. Le premier édifice de 22 étages entièrement en béton léger fut l'édifice du Trust National construit en 1962 à Toronto. Plus de 13 000 verges cubes de béton léger à 115 livres par pied cube furent utilisées pour les colonnes, les poutres et les planchers. Wilson effectua un examen supplémentaire de



Pot à frittage pour l'évaluation des matières premières d'agrégats légers.

l'industrie des agrégats légers en 1968 (Canadian Pit and Quarry, vol. 9, septembre 1968). Voir également un rapport pour l'Organisation des Nations Unies pour le Développement industriel, intitulé "Production and Utilization of lightweight aggregate" par H.S. Wilson (Rapport ID/WB: 16/1, 1968). Une étude a été entreprise récemment en conjonction avec l'industrie pour déterminer la possibilité d'économiser une partie de la chaleur perdue dans la production des agrégats légers, pour compenser l'augmentation du coût des carburants. On a proposé l'utilisation d'échangeurs de chaleur en lit mobile à contre-courant pour économiser de l'énergie, contenue tant dans les gaz d'échappement que dans le schiste, en proportion d'environ 36%: "The recovery of waste energy in the production of expanded shale aggregate" par V.V. Mirkovitch (MB TB 184, 1974).

En 1950, C.G. Bruce (1948-1950) identifia des gisements assez importants de vermiculite dans la région de Perth en Ontario. Soumis à la chaleur, ce précieux minéral subit une expansion ou une exfoliation, le résultat étant un matériau isolant en vrac ou un plâtre isolant, propre également à d'autres usages, y compris l'horticulture. Bruce fit rapport de cette ressource à l'assemblée annuelle du Canadian Institute of Mining and Metallurgy à Québec en 1951 (CIM Bull, pp. 489-493, août 1952). Divers personnes intéressées de l'industrie essayèrent plusieurs fois dans les années 50 et 60 de développer la production canadienne de vermiculite. Sur ce point, des tests d'enrichissement furent exécutés par R.A. Wyman (MB IR 64-66). Toutefois, il semble que les firmes canadiennes fabricantes de vermiculite exfoliée et de perlite expansée, (qui fit également l'objet d'études à la Direction des Mines) considèrent plus économique d'importer des matières premières des États-Unis.

En 1969, on produisit environ 800 000 verges cubes, soit plus d'un million de tonnes courtes, d'argile, schiste et laitier expansés, pour une valeur de \$3,8 millions; de plus, environ un demi-million de verges cubes de vermiculite et perlite expansées, et une toute petite quantité de pierre-ponce étaient fabriquées à partir de matériaux importés, pour une valeur de \$4,4 millions.

Agrégats normaux

Le béton préparé avec des agrégats normaux pèse de 140 à 150 livres par pied cube de mélange. En 1951, on lança un recensement des roches convenant à la fabrication d'agrégats de sable et gravier au voisinage du fleuve Saint-Laurent, en connection avec le projet de construction de barrages hydro-électriques et d'écluses par la Commission hydro-électrique de l'Ontario et l'administration de la voie maritime du Saint-Laurent. Il s'agissait de la région où Keele et Cole avaient exécutés des travaux de reconnaissance environ 30 ans auparavant pour évaluer des formations rocheuses vierges comme sources de matériaux struc-

turaux.

Dans le recensement en question, une forte proportion des échantillons provenait de carrières actives ou abandonnées, qui pour la plupart se trouvaient à une distance inférieure à 30 milles du fleuve. De plus, on préleva certains échantillons à 50 milles du fleuve, et à la demande des producteurs, on tira des échantillons de plusieurs emplacements encore plus éloignés, dans le sud et le sud-ouest de l'Ontario. On fabriqua des spécimens de béton au laboratoire, sur lesquels on effectua des tests de durabilité, combinant des cycles de gel et de dégel, jusqu'à rupture. La détérioration des échantillons soumis à ces tests fut surveillée par sonoscope (impulsions ultrasoniques) et par essais de compression. Deux rapports intermédiaires (Rapports de la Division des Minéraux industriels numéros 101 et 102, 1951 - 1952) précédèrent le rapport "Durability of aggregates in concrete mixes (Final report)" par R.H. Picher (MB Memorandum Series 129, 1954).

En raison de la pénurie d'agrégats naturels de sable et gravier dans la région de la voie maritime, la section continua à participer pendant plusieurs années à ce projet que l'on peut décrire comme l'exploit national des années 50. On effectua des essais de broyage d'échantillons de calcaire, de dolomite, et de grès, atteignant jusqu'à 50 tonnes, et on évalua les conditions économiques de la production d'agrégats pour les grandes quantités de béton nécessaires à la construction de la voie maritime, ainsi qu'au plan de génération hydro-électrique. La compétence acquise entraîna des demandes d'étude d'agrégats naturels et fabriqués, ainsi que des plans d'enrichissement de certains de ces agrégats par séparation en médium lourd, pour enlever les matériaux délétères. Ces demandes provenaient des Commissions hydro-électriques du Manitoba, du Québec et du Nouveau-Brunswick: "Concrete aggregate production" par V.A. Haw (Trans CIM, vol. 60, pp. 336-342, 1957).

Au cours des années 60, le volume de construction d'édifices en béton était tel qu'il apparut une tendance esthétique consistant à utiliser des agrégats "exposés" composés de gravier pigmenté et de morceaux de diverses roches canadiennes, incorporées à la surface des panneaux de béton, pour donner de la couleur au béton naturel et éviter son effet morne. L'industrie utilisa toute une collection de roches canadiennes. On poursuivit également l'évaluation des matériaux de revêtement de routes.

Agrégats lourds

En 1959, et pendant deux ou trois ans après, on effectua des expériences pour produire un béton lourd et dense pesant 230 à 300 livres par pied cube de mélange, pour le blindage des sources nucléaires. On essaya divers matériaux comme agrégats, y compris la baryte, le ferrophosphore et l'ilménite à faible

teneur. "An investigation into the use of ferro-phosphorous as an aggregate for the production of heavy concrete" et "High density concrete with ilmenite aggregate" (MB IR 58-9 et MB IR 58-166), tous deux par V.A. Haw. En fin de compte, on sélectionna le deuxième agrégat, qui produisait un béton pesant 240 livres par pied cube, accepté non seulement au Canada mais également aux États-Unis.

Béton

En 1950, il apparut une pénurie dans la capacité de production de ciment au Canada, et ceci conduisit à une étude des substituts minéraux du ciment, y compris des substances connues sous le nom de pouzzolanes, terme d'origine italienne désignant des matériaux apparentés aux roches volcaniques: tufs de leucite. Les pouzzolanes comportent maintenant des matériaux siliceux finement broyés naturels ou calcinés. Elles ont des propriétés importantes comme additifs, pour réduire la chaleur d'hydratation, la perméabilité et les changements de volume des mélanges de béton. Au cours d'une autre étude sur la réactivité des cherts poreux comme composantes des agrégats de calcaire, on envisagea l'utilisation de matériaux pouzzolaniques comme additifs pour contrer cette réactivité. Pendant les années 60 et à la date de rédaction, on utilise des pouzzolanes dans des études concernant les mélanges de béton.

La période des années 60 connut des progrès considérables quant à l'évaluation et la standardisation des tests des propriétés du béton et du ciment. On acheva en 1960 un programme de recherche destiné à étudier l'effet de périodes prolongées à températures extrêmes sur les propriétés physiques des bétons préparés à partir de divers types d'agrégats, et utilisés dans la construction canadienne: "Effect of high temperatures on concretes incorporating different aggregates" par N.G. Zoldners (MB RR 64, 1960). Une étude parallèle, faisant usage de ciment à l'alumine et de différents agrégats, fut exécutée par la suite: "High-temperature behaviour of aluminous cement concrete containing different aggregates" par N.G. Zoldners, V.M. Malhotra et H.S. Wilson (MB RR 109, 1963).

Le durcissement du béton dépend fortement du temps, et pourtant il est très important de disposer d'un test sans retard permettant de comparer les résistances de divers mélanges de béton. En 1963, on commença à effectuer des recherches sur une méthode de test accéléré à l'eau bouillante permettant d'établir en 28 heures la résistance à la compression du béton à 28 jours. Par des méthodes de régression statistique, on établit une relation mathématique entre la résistance accélérée et la résistance normale à 28 jours (127). On effectua des recherches supplémentaires, pour pouvoir prédire d'avance la résistance terminale du béton à 91 jours. Au cours des années qui suivirent, on

exécuta des travaux considérables d'essais de terrain sur cette méthode; elle fut utilisée dans la construction des barrages hydro-électriques comme le complexe Manicouagan Outardes et Churchill Falls. Beaucoup de firmes de béton, d'ingénieurs-conseils et de commissions hydro-électriques acceptèrent ce test dans leurs travaux de construction en béton. L'ACNOR et l'ASTM acceptèrent cette méthode d'essai comme norme, à la suite d'essais "en tournoi" effectués par les laboratoires associés. L'expérience de cinq ans acquise sur cette méthode fut publiée dans le Journal of the American Concrete Institute: "Some field experience in the use of an accelerated method of estimating 28-day strength of concrete" par V.M. Malhotra et N.G. Zoldners (Journal Am Conc Inst, vol. 66, No. 11, pp. 894-897, 1969, avec discussion dans le volume 67, No. 5, pp. 424-434, 1970). Un tour d'horizon des opinions prévalentes sur la relation entre la maturité du béton et sa résistance fut publiée par Malhotra dans une circulaire d'information en 1971: "Maturity concept and the estimation of concrete strength - a review" par V.M. Malhotra (MB IC 277, 1971).

Il faut noter, pour les besoins de la chronologie, que le programme d'essai du ciment fut lancé en 1960 par le sous-comité des exigences physiques et des matériaux d'essai du comité de l'ACNOR sur les ciments hydrauliques; la Direction des Mines assura la coordination du programme, qui se poursuivit jusqu'en 1973. Il y eut trois phases, chacune couvrant des périodes allant de 18 mois à 3 ans, au cours desquelles on distribua dans tout le Canada des échantillons de ciments commerciaux aux laboratoires qui participaient à l'expérience, et qui exécutèrent un programme pré-établi de tests physiques et chimiques, employant principalement les méthodes de l'ACNOR avec quelques méthodes de l'ASTM. Les rapports furent publiés dans la série de rapports d'étude de la Direction des Mines, programme ACNOR d'essai des ciments, phase I et phase II, (IR 62-102, IR 66-74, tous deux par Zoldners et Malhotra, et IR 73-39 par G.G. Carrette). Des échantillons de la dernière phase (III) servirent à des études sur l'effet des variations des sables sur la résistance en compression du mortier de ciment (MB IR 72-21, 1972, par Zoldners et Carrette).

En 1964, on lança des travaux de développement sur l'essai "à l'anneau" pour déterminer la résistance en tension de béton moulé à un diamètre de 12 pouces, pour fabrication de cylindres, utilisant des agrégats d'une taille maximum de trois quarts de pouce. "Ring test for tensile strength of concrete" par V.M. Malhotra, N.B. Zoldners et H.M. Woodrooffe (ASTM Materials Research and Standards, vol. 6, janvier 1966). Cette recherche fut exécutée en coopération avec l'École polytechnique de Montréal et plusieurs universités étrangères. L'équipement de moulage, avec ses accessoires, fut prêté à la Fondation de recherche de l'Ontario, Ontario Hydro et le Ministère ontarien des routes. Des plans, ainsi que certains équipements, furent expédiés, à la demande d'organisations de

recherche et de développement, aux États-Unis, au Royaume-Uni et au Mexique, pour évaluation de la méthode d'essai. Le test à l'anneau s'avéra être une méthode satisfaisante pour la mesure de la résistance en tension du béton fabriqué avec des agrégats allant jusqu'à un maximum de 2 pouces. Malhotra reconnut les difficultés présentes dans la mesure de la résistance du béton en tension: "Problems associated with determining the tensile strength of concrete" par V.M. Malhotra (MB IC 191, 1967). V.M. Malhotra et N.G. Zoldners effectuèrent des comparaisons des résistances de tension en anneau avec les résistances en compression, en flexion et en cisaillement de tension (Journal of Materials, vol. 2, pp. 160-199, janvier-mars 1967, avec discussion).

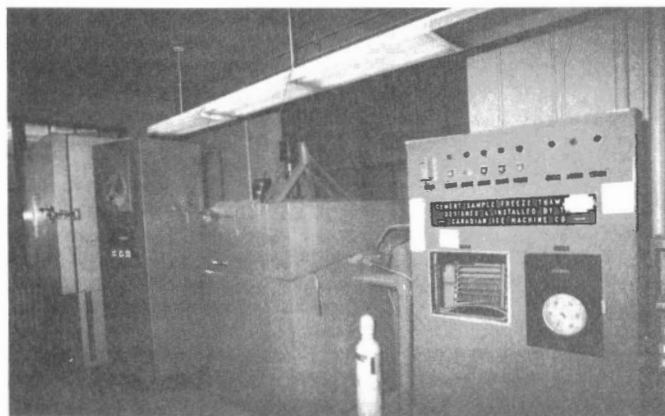
Il était nécessaire de pouvoir déterminer la durabilité et la résistance du béton sur les chantiers, plutôt que d'avoir à attendre les résultats provenant de laboratoires éloignés. Ainsi, de 1962 à 1964, fut exécuté un projet de coopération avec l'École polytechnique, pour évaluer la durabilité du béton au moyen de méthodes non destructives, faisant intervenir une congélation et un dégel lent, et un traitement par impulsions ultrasoniques de blocs d'essai de béton coulés sur place de 18 x 18 x 54 pouces, au chantier du barrage de Manicouagan. En 1968, Malhotra publia une monographie sur les essais non destructeurs (128). On poursuivit la recherche en chantier sur l'évaluation de la résistance et de la durabilité du béton en 1969, sous forme de coopération avec l'Université d'Ottawa dans le programme d'extension sur la construction. Dans la première phase de ce projet, de gros spécimens de béton d'essai, sous forme de dalles, blocs et colonnes, furent coulés dans des conditions d'été et d'hiver, et des carottes furent prises et examinées pour déterminer les résistances en compression à divers âges. Les résultats furent comparés avec les spécimens d'essai standards. Dans la deuxième phase, on prépara des mélanges de laboratoire sur une vaste gamme de résistances, qui furent durcis à 73°F puis transférés dans une pièce froide à -31°F: "Effect of below freezing temperatures on strength development of concrete" par V.M. Malhotra et Carl Berwanger de l'Université d'Ottawa (American Concrete Institute, Special Publication 39, pp. 37-58, 1973).

À la fin de la période couverte par ce récit, un projet était en cours sur l'évaluation de la résistance et de la durabilité, ainsi que sur l'amélioration des propriétés environnementales des ciments et bétons, et sur la conception de bétons destinés à des usages spécifiques. Voici quelques exemples. On acquit et on installa des équipements utilisables à des températures allant jusqu'à -75°F, pour étudier le béton dans des conditions climatiques extrêmes. Dans le but d'augmenter la résistance à la chaleur du ciment de Portland, on étudia des microcharges incluant des résidus minéraux industriels comme la cendre volante, la poussière siliceuse précipitée, etc.; on mit au point une nouvelle technique d'extraction pour déterminer sur place la résistance du béton; cette technique faisant usage

forme spéciale, dont l'extrémité élargie était coulée dans le béton; cet essai fit l'objet d'un rapport à la Second International Conference on New Developments in Non-destructive Testing en Roumanie en 1974, et fut publié dans le compte rendu, ainsi que dans la publication de RILEM (Association des laboratoires d'essai de recherche sur les matériaux et la construction, Paris, France) avec laquelle la section des matériaux de construction, laboratoire de réputation internationale, était en contact étroit depuis le début des années 60. "Evaluation of the pullout test to determine the strength of in situ concrete" par V.M. Malhotra (RILEM matériaux et construction, vol 8, no. 43, pp. 19-31, janvier-février 1975). On mit au point un béton à haute résistance à partir de ciment de Portland maigre à faible résistance de deux jours, au moyen d'une technique d'infiltration de soufre, qui consistait à immerger un béton durci à l'humidité puis séché dans le soufre fondu. On nota une forte augmentation de la résistance en compression: "Development of sulfur-infiltrated high-strength concrete" par V.M. Malhotra (Journal Am Conc Inst, vol 72, pp. 466-473, septembre 1975). On proposa un nouveau béton "sans fines" ne comportant pas de sable, pour économiser les coûts de transport, particulièrement dans le nord, en dépit du fait qu'il pourrait être nécessaire d'ajouter des produits spéciaux pour résister au gel et au dégel: "No-fines concrete - its properties and applications" par V.M. Malhotra (MB. IC 313, 1974).

Pierre

La pierre s'utilise principalement sous forme concassée pour les agrégats de béton, la rocaille, les enrochements, la pierraille de route, le ballast, et pour les industries chimiques et métallurgiques. Sous forme pulvérisée, elle s'utilise principalement dans l'agriculture. Une proportion mineure est utilisée dans



Équipement automatique gel-dégel pour les essais du béton

la construction. Le tableau suivant présente la consommation en 1960 à 1969, en milliers de tonnes courtes:

	1960	1969
Calcaire	36 406	59 610
Marbre	69	86
Granit	5 237	5 400
Grès	3 421	2 276
Schiste	180	105
Total:	45 313	67 477
Valeur (\$ millions)	60,6	88,2

Les fluctuations étaient importantes d'une année à l'autre, 1966 et 1967 dépassèrent toutes deux \$9 millions en valeur de production, en raison des activités de construction de l'EXPO 67.

La pierre de construction, monumentale, ornementale, et pour d'autres usages à l'état entier, représente un très faible pourcentage du total. Ainsi en 1979, cette catégorie représentait en tout environ 140 000 tonnes.

Le terme "granit" s'applique commercialement à la plupart des roches ignées, y compris les roches métamorphiques. Heber Cole examina l'industrie du granit au cours des années 1930 mais la monographie sur le granit fut préparée par Carr en 1955 (64).

Les producteurs de pierre ornementale et de pierre de taille reçurent l'aide du groupe de la construction dans l'évaluation de leurs produits. A titre d'exemple, notons la microsyénite noire du lac St Jean, au Québec, concurrente de la "douce noire", de réputation internationale; le granit noir de River Valley, en Ontario, pierre de construction de qualité, et offrant des possibilités pour le curling; et un grès jaune-rouge à grain fin des environs de Trois Pistoles, au Québec. La Division mit au point une présentation de pierres de construction provenant de divers emplacements du Canada, à l'attention des architectes et des marchands de pierre du Canada et de l'étranger. La présentation aida les autorités de l'EXPO à choisir des morceaux de belles roches de la vaste gamme offerte au Canada, dans la préparation de panneaux de béton à agrégats colorés. On pu noter l'apparition de carreaux de béton poli contenant des agrégats de couleurs et textures désirables, moulés sous pression.

La Division aida également à obtenir de l'industrie de la pierre de gros blocs de roche, pour utilisation dans la "cour géologique" du Pavillon canadien de l'EXPO 67. Les roches furent choisies pour leurs qualités et caractéristiques ou pour leur importance économique.

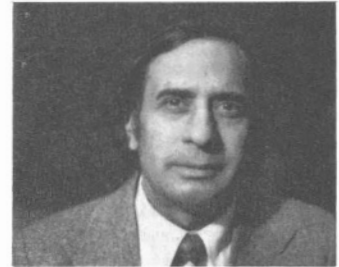
Vers la fin des années 60, à la demande du Ministère des Affaires indiennes et du Nord, on étudia des affleurements de lapis-lazuli, comme sources de pierre précieuse, pour la production locale par les Esquimaux de dessus de table et autres ornements.

En 1965, les professionnels de la Section des Matériaux de construction étaient: Dr. N.G. Zoldners (1957-1974), chef, H.S. Wilson (1952-), F.E. Hanes (1956-1974) et V.M. Malhotra (1962-). A la date de rédaction, le chef est V.M. Malhotra, avec H.S. Wilson, G.G. Carette (1966-), et Dr. E.E. Berry, qui entra à CANMET en 1975.

Eaux industrielles

On a mentionné au chapitre 4 le lancement en 1934 d'un recensement systématique des eaux industrielles, dû à Leverin, qui était alors dans la Division de la Chimie de la Direction des Mines au Ministère des Mines. En 1936, cette section fut transférée à la Division des Minéraux industriels du Bureau des Mines, dans le Ministère des Mines et des Ressources.

Bien que le recensement des eaux industrielles ait été poursuivi après la retraite de Leverin en 1944, c'est à la nomination en 1946 de J.F.J. Thomas, ingénieur expérimenté dans le traitement et l'utilisation des eaux industrielles, que cette activité fut relancée. On équipa un laboratoire mobile, pour permettre



V.M. Malhotra



H.S. Wilson



G.G. Carette

d'effectuer diverses analyses d'échantillons d'eau dès leur recueil; certaines analyses devaient toutefois s'effectuer dans les laboratoires de chimie centraux du Bureau, sous la responsabilité d'Inman et de Charette. Le Dominion Water and Power Bureau du Ministère, ainsi que des compagnies privées, coopérèrent en recueillant et en envoyant des échantillons au Bureau des Mines. Le dernier rapport de Leverin (MB Rep 807, 1942) fut révisé, mis à jour et publié en 1947 sous la référence MB Rep 819.

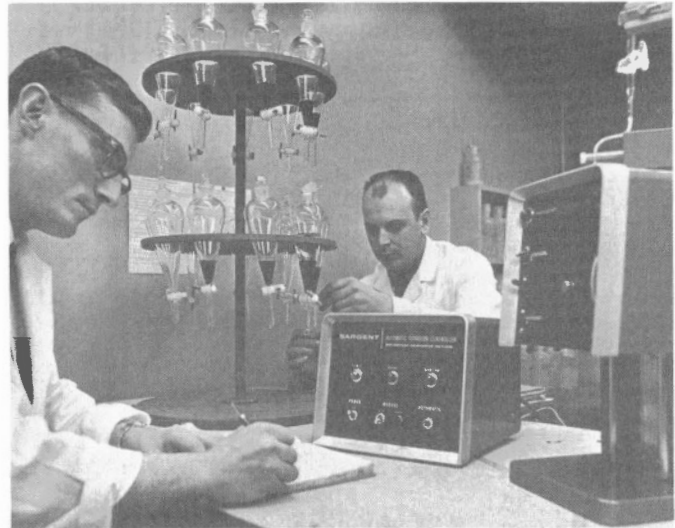
En 1950, la Section des Eaux Industrielles fut affectée à la Division des Minéraux industriels, nouvellement reconstituée. Il y eut toutefois un recensement plus complet après la Seconde Guerre mondiale, dans lequel on étudia les bassins des rivières principales, qui furent décrits dans une série de rapports (129).

Les échantillons avaient été prélevés et analysés avant le transfert du laboratoire au Ministère de l'Environnement.

Avec des stations d'échantillonnage d'eau en place dans les divers bassins d'écoulement, la Section poursuit des recensements détaillées des ressources d'eaux industrielles du Canada à proximité des industries, par exemple dans les rivières et les lacs proches des camps de l'industrie de l'uranium. Dans certaines régions, la section effectua des recensements des ressources d'eau municipales. À la demande du Ministère des Affaires du nord et des Ressources nationales, on exécuta également des analyses de sources chaudes. De même, on analysa des échantillons d'eaux souterraines pour la Commission géologique, ainsi que des échantillons d'eaux fluviales pour la Direction de la Géographie.

On publia un rapport spécial sur la dureté de l'eau: "Interim report on hardness of major Canada water supplies" par J.F.J. Thomas (Memorandum Series 132, 1956). On effectua un recensement systématique de la qualité de l'eau dans les camps militaires, à la demande du Ministère de la Défense nationale, et ces résultats firent l'objet du rapport numéro 12 de la série Water Survey Report: "Water quality at some Canadian military establishments 1956-57" par J.F.J. Thomas (MB Rep 865, 1959) et d'un supplément pour les années 1959-62, du même auteur (MB Rep 872, 1963).

En 1960, on lança un recensement de cinq ans sur les ressources d'eau principales de l'ouest du Canada, pour mesurer les variations à long terme de la qualité chimique, avec 35 emplacements consacrés à ce travail. En 1963, il fut nécessaire de ralentir ce projet, en raison d'autres engagements - par exemple, à la demande de la section canadienne de la Commission internationale conjointe, on recueillit des données portant sur l'utilisation à venir des eaux des cours d'eau internationaux pour les besoins futurs de l'irrigation. La section coopéra également avec le Ministère



W.H. Traversy et M.J. Malette effectuant un dosage spectrophotométrique du calcium et du magnésium dans les eaux superficielles (Photo - George Hunter)

des Forêts dans des études de conservation des eaux sur le versant est des Rocheuses, et dans l'étude de 15 cours d'eau du bassin supérieur du fleuve Saskatchewan.

Simultanément, on accordait une attention considérable à la corrosion aqueuse et à la coloration des eaux, sujet qui a été mentionné brièvement dans la section sur la corrosion. On vit augmenter les demandes d'aide technique de la part de l'industrie et des organismes gouvernementaux sur les problèmes concernant l'utilisation de l'eau, particulièrement sur les problèmes de la corrosion, du fait que la plupart des eaux de surface du Canada sont douces et corrosives. On établit des moyens appropriés de traitement et de contrôle de l'eau à un certain nombre d'installations gouvernementales d'eau chaude et de chauffage à la vapeur. On accentua également l'étude de la contamination des eaux par les résidus industriels. Sur ce point, on accorda une attention particulière au traitement et au contrôle des eaux résiduelles provenant des opérations d'extraction des métaux communs, dans un projet exécuté en coopération avec les ministères des Terres et mines et des Pêcheries du Nouveau-Brunswick.

En 1965, la Conférence annuelle des ministres provinciaux des mines demanda une étude détaillée de la pollution causée par les activités minières dans tout le Canada. Ces développements entraînaient l'expansion du projet à long terme sur les variations de qualité de l'eau, pour en faire un réseau national de la qualité de l'eau, avec 150 stations d'échantillonnage prévues

sur le territoire. Les Maritimes prenaient la tête avec 15 stations d'échantillonnage, et un laboratoire régional temporaire fut établi à Dartmouth en 1965, pour être transféré plus tard à Moncton. De plus, on prévoyait un laboratoire régional pour Calgary.

La Section maintenait la liaison avec l'American Society for Testing and Materials, l'American Water Works Association et L'OCDE en Europe, sur la mise au point de méthodes d'analyse des eaux fluviales, des eaux industrielles et des eaux résiduelles. On mettait de plus en plus l'accent sur la modernisation des instruments d'analyse de l'eau, et sur la prestation d'information sur les éléments mineurs et les traces.

En 1951, la Section des Eaux industrielles se composait de deux ingénieurs, J.F.J. Thomas (1946-1965) et S. Romanchuk (1950-1952). En 1953, ce dernier fut remplacé par W.J.S. Craigen (1953-1956) qui revint à la Direction des Mines en 1973. En 1957, les professionnels étaient les suivants: J.F.J. Thomas, J.P. Lively (1954-1965), W.J. Traversy (1954-1965) et J.J. Lynch (1955-1961). En 1961, Lynch fut transféré à la Commission géologique et R.M. Gale entra au groupe. Les quatre agents furent tous transférés avec le laboratoire, en octobre 1965, à la nouvelle Direction de la Recherche sur les eaux du Ministère. Dans la réorganisation gouvernementale de 1970, le laboratoire fut de nouveau transféré à la Direction des Eaux intérieures du Ministère de l'Environnement.



Section des Céramiques - subdivision des Minéraux industriels - 1960

De gauche à droite: debout - Jack Brady, Dave Svikis, Léo Vallée, Tom Weston, Joe Bond, J. Mirkovich, B. Hanson, K. Bell, G. Miller, Leo Zengals; assis - Doris Gibson, Hector Mercier.



Récipiendaires de la broche des 25 années de service: Premier rang, de gauche à droite: J.T. Nevin, J.C. Sala, V.A. McCourt, H.M. Woodroffe, J.R. Reardon, J.G. Banks; deuxième rang, de gauche à droite: V. Sabourin, R.H. Moore, P. Vanasse, E. Gourgon.

COMBUSTIBLES

Dans les années 50 et 60, l'économie énergétique canadienne, particulièrement dans les provinces les plus peuplées et les plus industrialisées, l'Ontario et le Québec, passa d'une situation où elle dépendait en grande partie du charbon, canadien et importé (et de ses dérivés le coke et le gaz de ville, fabriqués au Canada), à une situation où elle dépendait principalement du gaz naturel canadien et du pétrole canadien et importé; ce dernier, destiné à la partie est du pays, compensait les exportations de l'Alberta, vers les États-Unis.

On vit remplacer en masse le chauffage aux combustibles solides dans les domiciles, les bureaux et les usines, par le chauffage au pétrole. Le gaz de ville fut remplacé entièrement par le gaz naturel. Même certaines stations thermoélectriques des Maritimes et du Québec se mirent à brûler du pétrole importé. Les chemins de fer remplacèrent les locomotives à vapeur par des diesels dans le début des années 60.

La géographie étendue du Canada imposait un coût particulier, dû à la nécessité de construire des pipelines transcontinentaux: il fallait une canalisation de pétrole brut (Interprovincial) de l'Alberta jusqu'au centre de raffinage de Sarnia en Ontario, avec lignes doubles jusqu'à Supérieur, dans le Wisconsin, pour exportation vers les États du Midwest, et une canalisation à gaz naturel de l'Alberta jusqu'à Toronto et Montréal. Les canalisations de pétrole et de gaz naturel furent construites pour disposer des excédents de pétrole et de gaz naturel provenant de l'Alberta, et en moindre mesure de la Colombie-Britannique, en les expédiant vers les États du Nord-Ouest qui manquaient d'hydrocarbures, et jusque vers la Californie. Ce schéma d'approvisionnement et de commerce était dû à la géographie canadienne, ainsi qu'à la situation d'alors et aux prix mondiaux du pétrole, qui étaient essentiellement plus bas que ceux de l'ouest du Canada. Les Maritimes, le Québec et l'est de l'Ontario étaient approvisionnés en pétrole du Vénézuéla, et aussi du Moyen-Orient; la plus grosse partie, à l'exception des besoins des Maritimes, était raffinée à Montréal. Ceci était une disposition raisonnable dans l'économie libre de l'époque; de plus, les réserves relativement restreintes de l'ouest auraient diminué beaucoup plus

rapidement si elles avaient dû approvisionner l'ensemble du Canada. Par ailleurs, aucun expert pétrolier de l'Ouest ne prévoyait à l'époque de pénurie dans le "Tiers-monde". Toutefois, il y avait des signes précurseurs, comme la nationalisation partielle du pétrole en Iran et plus tard au Moyen-Orient, et en 1967 la guerre au Moyen-Orient.

Le pays connaissait alors une ambiance générale d'optimisme. Vers la fin des années 50, la capacité de raffinage fit plus que tripler au Canada. Vers le milieu des années 60, l'économie canadienne, fondée sur le pétrole et le gaz naturel était extrêmement florissante. Au cours de cette période, on entendait des déclarations faciles selon lesquelles le Canada possédait dans ses sables bitumineux la troisième ressource de pétrole au monde, avec des chiffres allant jusqu'à 700 milliards de barils. On fondait également de très grands espoirs sur les progrès rapides de l'énergie nucléaire, qui allait remplacer les combustibles fossiles dans la production d'énergie électrique.

On considérait en général que le charbon était dépassé. Peu de gens étaient au courant des faits moins fantaisistes, par exemple le fait qu'il n'y a jamais eu de réserves récupérables de pétrole conventionnel en Alberta dépassant 15 à 20 ans, même en tenant compte du fait qu'environ 50% des besoins de l'est du Canada étaient couverts par les importations. On ne parlait pas non plus beaucoup à l'époque de l'excédent des découvertes de gaz naturel par rapport aux découvertes de pétrole - par exemple, dans une période de six ans, entre 1951 et 1956, on effectua environ 3 700 forages d'exploration, qui établirent 67 bassins de pétrole dépassant un million de barils alors que l'on découvrit dans la même période 134 réservoirs de gaz dépassant 10 milliards de pieds cubes. Ce rapport des découvertes semble se maintenir à l'heure actuelle. Un document présentant la situation du Canada pour les combustibles fossiles à la fin des années 50 parut en 1960: "Fuel technology in Canada" par A. Ignatieff (présenté à l'Institute of Fuel par R.J. Brearley avec discussion; Journal of the Institute of Fuel, Londres, vol. 33, pp. 223-237, mai 1960).

Le tableau ci-joint illustre les changements

Année	Charbon		Energie hydraulique	Gaz naturel (y compris importations)	Pétrole			Total %	
	Prod. Can.	Importations			Prod. Can.	Importations	Total		
1949	23	31	54	8	4	6	28	34	100
1959	7	11,5	18,5	9,5	14,5	32	25	57,5	100
1969	3	6	9	6	31	35	19	54	100

Sans déductions d'exportations. Origine: Dominion Coal Board (Chiffres à 0,5% près)

rapides des combustibles dans la distribution des sources d'énergie du Canada au cours de la période de 1949 à 1969.

En 1950, l'approvisionnement total en énergie du Canada représentait près de 2,4 quads (1 quad = 10^{15} Btu, soit en gros l'équivalent de 40 millions de tonnes courtes de charbon bitumineux ou 190 millions de barils de pétrole). En 1975, l'approvisionnement énergétique était de 7,9 quads. À la date de rédaction, la demande d'énergie, y compris certaines exportations, équilibre l'approvisionnement, mais l'avenir est incertain.

En 1973, le quadruplement des prix du pétrole par l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) frappa comme un coup de tonnerre une société qui n'y était pas préparée. Un facteur important dans le débat public qui suivit fut la confusion portant sur la différence entre "ressources" et "réserves", que l'on a mentionnée plus tôt dans ce récit. Les estimés des ressources minérales sont établis d'après les indices géologiques pertinents aux venues des minéraux, et ces estimés portent sur la quantité du minéral "en place". Par contre, les réserves de minéraux correspondent à la quantité du minéral qu'il est possible de récupérer économiquement et de "concentrer" ou "purifier". Ces réserves récupérables dépendent de la disponibilité de techniques économiques pour une époque donnée. Les réserves de minéraux solides susceptibles d'extraction et présents en gisements raisonnablement continus sont d'ordinaire plus faciles à établir que celles des hydrocarbures liquides, qui sont dispersés dans des roches de porosité et de perméabilité variables, entraînant des degrés variables de récupérabilité.

L'importance de l'énergie pour le Canada se voit par comparaison de la valeur monétaire de la production canadienne de combustibles pendant les 20 ans de 1949 à 1969. En 1949, la valeur de la production de combustibles fossiles au Canada était de \$184 millions, en 1959, de \$535 millions en 1969, de \$1465 millions, et en 1975 elle atteignait \$6653 millions, presque autant que la valeur combinée de tous les autres produits minéraux du Canada.

C'était là la situation générale de l'énergie au Canada, qui servait de cadre aux activités de recherche et de développement sur les combustibles fossiles de la Direction des Mines pendant environ 25 ans à la suite de la Seconde Guerre mondiale. Sans l'appui combiné du Directeur, du Dominion Coal Board et de l'industrie du charbon, et sans détermination du personnel, la recherche sur le charbon à la Direction des Mines aurait connu des difficultés. En ce qui concerne le pétrole, la plus grosse partie des activités de recherche et de développement de la Direction concernait le bitume et le pétrole lourd de l'Alberta, qui exigeaient des efforts considérables de recherche scientifique et technologique, avec un besoin correspondant d'appareils et d'équipement coûteux, dont une bonne partie exigeait conception et construction. Parfois, en l'absence

de finances et de personnel, la situation était peu prometteuse. Seule la ténacité et le dévouement du docteur Montgomery et de ses associés permirent de poursuivre le programme qui s'avère maintenant être un succès, au moment critique où le Canada doit faire face au défi de l'autonomie dans le domaine du pétrole.

Organisation de la Division des Combustibles après la Seconde Guerre mondiale

La Division des Combustibles présente une histoire continue depuis sa formation en 1910; elle n'a pas connu de réorganisation jusqu'en 1967, et seulement deux changements mineurs de nom, de "Combustibles et Essais des combustibles" à "Division des Combustibles" en 1936, et à "Division des Combustibles et de la Pratique minière" en 1959. En 1967, le groupe des Combustibles et le groupe des Mines devinrent des centres séparés.

En ce qui concerne la portée des programmes de recherche et de développement de la Division à partir de 1950, la recherche sur le charbon incluait l'extraction du charbon, qui au départ concernait les problèmes des mines "profondes", des dangers représentés par les équipements électriques et la combustion interne dans des atmosphères gazeuses, ainsi que par les poussières respirables et explosives; l'évaluation qualitative du charbon et des ressources thermiques par recensement et analyse, la préparation (nettoyage et briquetage), et l'utilisation (carbonisation et combustion). On mettait un accent particulier sur la combustion du charbon, pour aider une industrie du charbon en difficulté, mais une partie de cette recherche fut également appliquée aux hydrocarbures. Ainsi, comme on le notera plus tard, l'effort de recherche et de développement sur le charbon, depuis la fin des années 50, concernait l'utilisation du charbon en vrac dans le chauffage institutionnel, la production d'énergie électrique, la métallurgie et les autres applications industrielles. Le programme de recherche et de développement sur le pétrole et le gaz naturel comportait l'évaluation de la qualité par recensement et analyse, avec certaines évaluations des caractéristiques des réservoirs, la recherche fondamentale sur la constitution du bitume, des substances bitumineuses et du charbon, et le raffinage du bitume de l'Athabasca, des pétroles lourds et des résidus. On notera dans le cas des hydrocarbures que la recherche était concentrée sur les ressources de moins bonne qualité, alors que les pétroles légers et le gaz naturel en usage à l'époque n'apparaissaient que dans les recensements et analyses au niveau national, y compris celles de l'hélium dans le gaz naturel.

La situation immédiatement après la guerre fut présentée à la British Commonwealth Scientific Specialist Conference on Fuel Research en 1950 à Londres, dans une communication de L.E. Gilmore portant sur les installations de recherche sur les combustibles au Canada, et dans une autre communication sur les installa-

tions éducatives et de formation pour la recherche sur les combustibles au Canada, par le docteur Alan E. Cameron, Président du Collège technique de la Nouvelle-Écosse. Ces deux communications furent regroupées en un seul document en deux parties, et présentées à l'assemblée générale annuelle du Canadian Institute of Mining and Metallurgy à Québec en 1951 (130). À la demande du congrès de Londres, Swinnerton prépara une bibliographie des rapports, publiés et non publiés, de recherche sur les combustibles au Canada de 1950 à 1955 (Report FRL 246, 1956).

En 1950, le nombre d'employés était d'environ 50, passant à environ 130 en 1965, y compris les étudiants d'été (ce chiffre inclut les recherches minières). Le budget des combustibles et des mines était d'environ 20% du total alloué à la Direction des Mines.

À la fin de la Seconde Guerre mondiale, beaucoup de membres importants du personnel quittèrent le service, comme suit:

- R.A. Strong (1924-1945), chef de la Section de Carbonisation, mourut en 1955 après 21 ans de service, et fut remplacé par E.J. Burrough (1927-1963).
- S.C. (Sid) Ells, Sables et Schistes bitumineux (1911-1945, aux Combustibles depuis 1936), prit sa retraite après 34 ans de service.
- E.S. Malloch (1914-1947), chef de la Section du Génie mécanique de la combustion, prit sa retraite après 33 ans de service, et fut remplacé par C.E. Baltzer (1923-1965).
- J.H.H. Nicolls (1914-1949, auparavant membre d'un projet conjoint sur le charbon de l'Université McGill et de la Direction des Mines), chef du Laboratoire analytique sur le charbon et la tourbe, prit sa retraite après 35 ans de service et fut remplacé par W.J. Montgomery (1948-).
- Dr. T.E. Warren (1929-1952), chef de la section d'hydrogénation, prit sa retraite après 23 ans de service et fut remplacé par le Dr. D.S. Montgomery (1948-).
- P.V. Rosewarne (1921-1954), chef des laboratoires du pétrole et du gaz, prit sa retraite après 33 ans de service et fut remplacé par H. McD. Chantler (1924-1958), qui prit sa retraite après 34 ans de service, et fut remplacé par R.G. Draper (1949-).
- A.A. Swinnerton (1921-1958), chef de l'évaluation des ressources en tourbe et schistes bitumineux, prit sa retraite après 37 ans de service, et fut remplacé par T.E. Tibbetts (1950-) pour la tourbe, et par le Dr. D.S. Montgomery et R.G. Draper pour les schistes bitumineux, regroupés avec les sables bitumineux.
- R.G. Offord (1928-1958) agent responsable de l'analyse des gaz, prit sa retraite après 37 ans de service et fut remplacé par A. Yates (1950-).
- Walter Kritsch, technicien du laboratoire du charbon, dont le père avait travaillé à la Division de 1910 à 1936, prit sa retraite en 1956 après 43 ans de service ininterrompu depuis 1913, établissant pour l'époque le record de service d'un technicien dans

la Direction.

Le deuxième chef de la Division, R.E. Gilmour, pris également sa retraite en 1954 après 36 ans de service. Il était un des auteurs du système de classification du charbon d'Amérique du Nord (ASTM) et de la méthode de caractérisation des propriétés du charbon. Du point de vue humain, on se rappellera toujours son caractère modeste et aimable.

En 1960, la division connut une lourde perte, par la mort prématurée d'Ed Swatsman, après 32 ans de travail ferme et méthodique.

La perte relativement rapide de personnel expérimenté, causée par les restrictions de recrutement pendant la dépression et la guerre, fut palliée avec quelques difficultés. Une bonne partie de la formation devait être assurée au travail, en raison du réservoir relativement restreint de chercheurs et techniciens formés dans le domaine des combustibles au Canada.

Ignatieff et D.S. Montgomery furent nommés en 1954 chef et chercheur principal respectivement. Des conseillers étaient affectés à leur bureaux dans la section des projets spéciaux: H.A. Graves (1947-1958), conseiller du directeur pour les mines à partir de 1953, remplacé par M.A. Twidale (1958-1971) à la suite de sa mort prématurée sur le terrain; K.W. Bowles (1935-1975) pour les procédés d'hydrogénation à partir de 1958; le Dr. W.A. Herrman (1956-), à partir de 1960, comme spécialiste des combustibles liquides synthétiques. Dr. John H. Walsh (1955-1974), comme conseiller du directeur pour la métallurgie des procédés primaires à partir de 1959, et le Dr. H. Frisch (1960-1970) pour les échanges internationaux et l'information.



Le Docteur M. Boyer, Sous-ministre, présente un Certificat à R.E. Gilmore à l'occasion de sa retraite, en présence de Mme Lillian Gilmore.

Avant sa retraite, Swinnerton prépara en 1957 une brève histoire de la division des combustibles pour le cinquantième anniversaire du Ministère des Mines, qui coïncidait avec la durée de la période de recherche continue sur les combustibles fossiles dans le gouvernement fédéral (131).

Rapports divisionnaires

Grâce à la diligence d'A.J. Reynolds (1965-1971) agent administratif de la Division des combustibles, qui détenait le record de service administratif et de bureau dans la même division, les diverses séries de rapports publiées par la division ont été cataloguées.

Le dernier rapport imprimé en composition dans la série "Investigations of Fuels and Fuel Testing" (Études sur les combustibles et les essais de combustibles) de la Direction des mines fut MB Rep 737 pour l'année 1932.

En raison sans doute de la Dépression et de l'augmentation du nombre d'études industrielles, dont les résultats n'étaient pas accessibles au public, on lança la pratique de limiter la circulation de ce type de rapport. Le tableau suivant décrit les diverses séries qui ont été en vigueur depuis 1930. On continua

à publier les résultats des recherches finies et des recherches présentant un intérêt général pour l'industrie et le public, sous forme de rapports de la Direction des mines et dans la série des Mémoranda. A partir de 1959, on publia des résultats dans les séries de la Direction des mines Monographies, Recherche, Bulletins techniques et Circulaires d'information, et à l'occasion dans des rapports de recherche non catalogués. Les rapports analytiques étaient numérotés et publiés par les laboratoires concernés sans catalogage. La pratique fut établie de préparer dans ces séries de rapports divisionnaires des ébauches, qui étaient ensuite publiées dans les séries cataloguées de la Direction des mines. Pendant et après la Deuxième guerre mondiale, il y a eu de brèves séries non cataloguées de rapports des sections de carbonisation et de combustion, ainsi que des "Rapports de la division des combustibles", ou des rapports non publiés, mais on a omis ces rapports de la liste cataloguée suivante:

Rapports historiques

Le Bureau du directeur émettait de temps en temps de demandes de comptes rendus de projets, qui constituaient essentiellement un rapport pour les chefs du ministère ou le ministre. En 1958, en rapport avec ce genre de demandes, la division décida de préparer pour

Série	Premier numéro	Dernier numéro	Nombre total de numéros publiés	Remarques
Report of Investigations of the Carbonization Section (RICS)	Juil. 1930	Jan. 1945	199	Études sur le charbon, y compris recensement physique et chimique.
Fuel Research Laboratories Report (FRL)	Jan. 1945	Juil. 1957	267	Études sur le charbon et les hydrocarbures.
Technical Memorandum (TM)	Jan. 1955	Déc. 1959	581	Quelques études, toutes les visites, codés comme suit: numéro - année - section de la division, par exemple 1/55 - FP (Fuel and Power, combustibles et énergie).
Internal Report, Fuels and Mining Practice Division (IR-FMP)	Jan. 1960	Déc. 1963	905	Toutes les études, visites, mémoranda et traductions, codés comme suit: année - numéro - section, par exemple, IR FMP 60/1 - MIN (Mines).
Divisional Report, Fuels and Mining Practice Division (DR-FMP)	1964	1966	565	Toutes les études, visites, mémoranda et traductions, codés comme suit: année - numéro - section, par exemple IR FMP 64/1 - SP (Projets spéciaux).
Divisional Report (FD) Fuels Research Centre	Jan. 1967	Déc. 1970	430	1967 est la dernière année qui inclut les mines.

Après 1970, la liste des rapports apparaît dans les rapports divisionnaires semi-annuels au directeur.

Note: Le suffixe identifiant la section est omis dans le récit.

le directeur une histoire de toutes les activités de recherche de la division. Un supplément fut préparé en 1963 pour certains cas, et plusieurs exemplaires furent préparés sous forme regroupée (IR FMP (63/205 Admin.).

Ces rapports historiques exprimaient la continuité de la recherche poursuivie au cours du temps dans l'évaluation des ressources de combustibles fossiles du Canada, au fur et à mesure de leur exploration, de leur exploitation et de leur préparation pour usages économiques. Les rapports représentent également la structure de la division fondée sur les denrées, au cours d'une longue histoire. Les lecteurs intéressés pourront consulter ces rapports, qui excèdent la portée du présent récit. Dans le résumé suivant, l'année est soulignée.

Tourbe

- "Development and progress of peat investigations conducted by the Division of Fuels" par A.A. Swinnerton (1921 - 1958) (TM 4/57 POS [Peat and Oil Shales]).

Charbon

- "Summary of activities, Solid Fuel Analysis Section, 1907 to 1958" (TM 57/58 SF, [Solid Fuels]). Supplement of Summary of activités 1958-62 IR (FMP 63/10 SF) par W.J. Montgomery (1948 -).
- "Development and progress of major projects of Coal Preparation and Surveys Section" par T.E. Tibbetts (1952 -). Ce rapport se compose de quatre parties: recensement physique et chimique des veines de charbon canadiennes; recensement des charbons canadiens, briquetage des combustibles et des minéraux; préparation, manutention et stockage du charbon (IR FMP 63/80 Prep [Preparation]).
- "Development and progress of the Carbonization Section" par E.J. Burrough (1927 - 1963) and J.C. Botham (1948 -) (TM 5/58-CG [Carbonization and Gasification]) et Supplément 1 à TM 5/58 (IR FMP 63/62 CG) par J.C. Botham.
- "Development and progress of mechanical engineering and combustion projects of the Fuels Division" - Part 1, 1907 à 1950, par C.E. Baltzer (1923 - 1965); Part 2, 1950 à 1958, par E.R. Mitchell (1949 -) (TM 89/58 Mech [Mechanical Engineering]) et Supplément 1 - Historical writeup of the Combustion Engineering Section, July 1958 to December 1962, par E.R. Mitchell (IR FMP 63/85 FP) par C.E. Baltzer.

Schistes

- "Development of the oil shale investigations conducted by the Fuels Division, Mines Branch, Department of Mines and Technical Surveys, 1908 to 1942" par A.A. Swinnerton (TM 35/58, POS).

Pétrole et gas naturel

- "Summary of activities - Petroleum and Gas Analysis Section, 1907 to 1962" par R.G. Draper (1949 -) (IR FMP 63/106 LF [Liquid Fuels]).
- "Developments and progress of Petroleum Reservoir Engineering Section" par R.P. Charbonnier (1954 -)



Célébration des vétérans du service (fin des années 60).

Premier rang, gauche à droite: Docteur D.S. Montgomery (1948 -) chef, Recherche sur les combustibles (1967 - 1975), W.H. Harper (1927 - 1969), K.W. Bowles (1931 - 1971), H.P. Hudson (1921 - 1969);

Deuxième rang: A.J. Reynolds (1935-1971), L.G. Nadon (1949 - 1973);

Hudson et Harper étaient engagés volontaires dans la deuxième guerre mondiale, et atteignirent le grade d'officier.

(IR FMP 63/42 PRE [(Petroleum Reservoir Engineering)],

Raffinage du pétrole

- "Summary of work of High Pressure Chemistry Section, 1929 to 1958" par K.W. Bowles (1931 - 1971) (TM 138/58 HPC, [High Pressure Chemistry]). Ce rapport donne les détails des travaux effectués dans l'ancienne section de l'hydrogénation sur le raffinage et sur la séparation des bitumes. Supplément 1, résumé du travail de la section de chimie à haute pression, 1958 à 1962, par W.H. Merrill (IR FMP 63/90 HPC).
- "A brief history of research in the catalysis project, 1956 to 1963" par B.I. Parsons (1955 -) (IR FMP 63/31 HPC).
- "Development and progress of the Petroleum Engineering Section" (TM 120/58 PET [Petroleum Engineering]) et Supplément 1 (IR FMP 63/71 PET) par F.L. Booth (1945 - 1975).

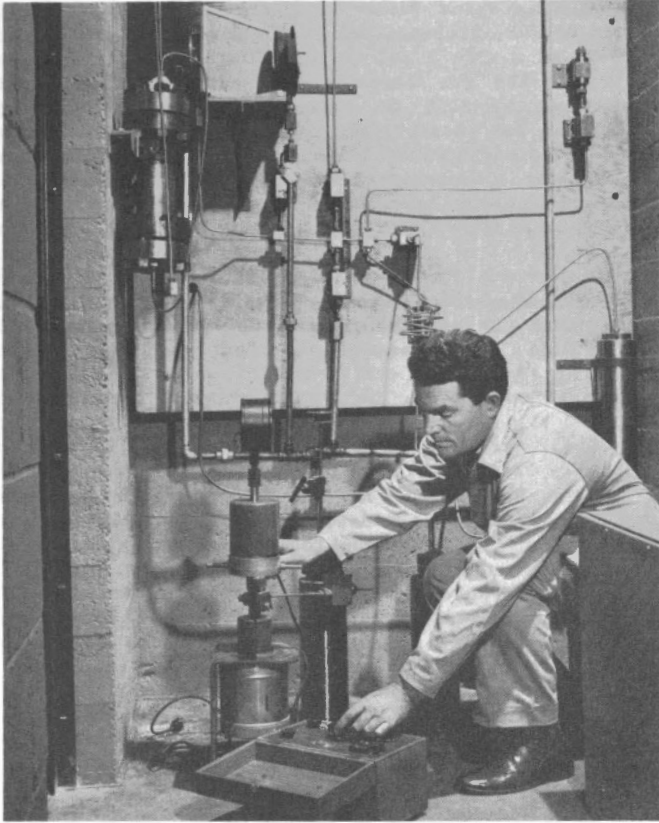
Recherche fondamentale

- "Historical development of the Fundamental Research Section" (IR FMP 60/205 RBS [Research on bituminous substances]). Supplément 1 (IR FMP 63/34 RBS) tous deux par D.S. Montgomery (1948 -).

Services d'ingénierie

- Etant donné que la division participait énormément à des travaux de recherche et développement à

Tourbe



R.E. Carson, vérifie l'installation de porosimétrie à haute pression en relation avec la recherche sur les catalyseurs (Photo - George Hunter).

l'échelle pilote, il était nécessaire de disposer de moyens de conception et de génie de construction; ces capacités furent assurées par H.P. Hudson (1921 à 1969), qui était auparavant à la section de génie mécanique et de combustion, surtout pour le programme de recherche et développement sur le charbon, et R.E. Carson (1948) qui était précédemment avec la section d'hydrogénation, surtout pour le programme de recherche et développement sur les hydrocarbures.

- "Survey of Fuels Division investigations on potential uses for coal in gas turbines in the Canadian metallurgical industry and miscellaneous methods of utilizing other solid fuels, 1946-58" (TM 141/58CE [Construction and Equipment]) et "Supplement 1" (IR FMP 63/60 CE) par H.P. Hudson.
- "Development and progress of the Engineering Design Section (TM 121/58 Engineering Design) and Supplement 1 (IR FMP 63/79 ED), par R.E. Carson.

En raison d'une pénurie sérieuse de combustible au Québec pendant la dernière partie de la deuxième guerre mondiale, un projet conjoint fut entrepris par les gouvernements du Québec et Fédéral. L'aide technique fut assurée par le Bureau des mines, qui collabora étroitement avec le ministère québécois des ressources naturelles. On s'efforçait de produire de la tourbe combustible près de la ville de Québec, et la production fut d'environ 1500 tonnes en 1943; toutefois, les résultats de l'année suivante furent décevants, et le projet fut abandonnés.

Dans la période d'après guerre en cours d'examen, on fit un autre effort pour encourager l'utilisation de la tourbe dans les régions rurales proches des sources de tourbe; on mit au point, on construisit et on essaya un appareil qu'il était possible de fixer à une fournaise normale au charbon ou au bois. Les efforts furent couronnés de succès, et on prépara des recommandations à l'usager sur la préparation "efficace" de la tourbe brute: "Preparation and burning of peat as a domestic fuel" par H.P. Hudson et T.R. Skerry (Mines Memorandum Series 127, 1954).

Le climat économique d'ensemble et l'amélioration des approvisionnements en combustible décourageaient l'utilisation de la tourbe comme combustible. Par conséquent, l'effort de la division après la guerre fut orientée vers la poursuite de l'évaluation des ressources de sphaigne pour les besoins de l'agriculture et de l'horticulture. A cette époque, la superficie des tourbières du Canada était estimée à 100 000 milles carrés, avec un potentiel d'environ 35 milliards de tonnes, mais on reconnaissait que le potentiel était probablement encore plus vaste. Il faut noter que la sphaigne est dominante, comme espèce botanique, dans les tourbières canadiennes, et que la sphaigne légèrement humifiée s'est avérée être supérieure, pour la préparation des sols, à d'autres espèces de mousse.

Swinnerton mena à bien des recensements du Canada de l'est et de l'ouest, mettant à jour les recensements précédents de ressources de tourbières: "Peat moss in Canada" par A.A. Swinnerton (MB IC 104 1958). Il y eut après la guerre un renouveau international d'intérêt pour la tourbe, en particulier de la part du Irish Turf Board, qui, en raison des pénuries de charbon pendant la guerre, avait mis au point une opération mécanique à grande échelle pour utilisation de tourbe préparée dans la production d'énergie électrique. Cette commission organisa le premier congrès international sur la tourbe en 1954, et Swinnerton prépara une communication "Peat in Canada".

A la suite de la retraite de Swinnerton en 1958, Tibbetts prit la responsabilité de cette denrée. A l'époque, il y avait des variations considérables dans la qualité de la sphaigne offerte à la vente, qui

comportait une forte proportion de tourbe mêlée d'humus. Il consacra un effort considérable à l'établissement d'une norme d'analyse des propriétés tant physiques que chimiques concernant l'utilisation de la sphaigne en agriculture. Tibbetts fut l'un des membres fondateurs du comité ASTM D.29 sur les tourbes, mousses, humus et produits apparentés en 1963; il en devint le président en 1971.

En rapport avec les activités de l'organisation, Tibbetts établit une coopération étroite avec les pays producteurs de tourbe, comprenant la Grande-Bretagne, la Scandinavie, l'Allemagne et l'URSS. Le deuxième congrès international fut organisé à Leningrad en 1963; Tibbetts y participa, et en grande partie en raison de ses efforts, le troisième congrès fut organisé à Québec en 1968; le thème en était la tourbe et les tourbières (muskeg). Il fut président du congrès, assisté de B.P. MacFarlane du Conseil national de recherches, division de la recherche sur le bâtiment, comme vice-président. Tibbetts présenta une communication intitulée "Peat resources of the world - a review" (Proc 3rd Inter Peat Congr, pp. 8-9, publication spéciale conjointe d'EMR et CNR). Un résultat secondaire de ce congrès fut la création d'une Société internationale de la tourbe, avec Tibbetts comme vice-président et président du comité national canadien.

A la demande des organismes gouvernementaux des Maritimes, Tibbetts participa à un certain nombre de recensements; les producteurs demandaient également son avis, et en coopération avec l'un d'entre eux - Grand Falls Peat Company du Nouveau-Brunswick - un rapport fut publié, décrivant une exploitation caractéristique d'une petite tourbière: "Exploitation of a small peat bog" par T.E. Tibbetts et R.E. Kirkpatrick (MB IC 160, 1964). Au Québec, le ministère des ressources naturelles était constamment intéressé à l'exploitation des grandes ressources de tourbe de la province; celle-ci était le deuxième producteur au Canada après la Colombie-Britannique. Tibbetts poursuivit la liaison étroite établie avec le ministère québécois dans la période de l'avant-guerre.

En 1961, en association avec Bruce Graham, géologue au conseil, Tibbetts entreprit une évaluation systématique de 14 tourbières dans le sud-est de l'Ontario. La méthode utilisée dans l'évaluation, allant de l'interprétation de cartes topographiques et aériennes, en passant par l'examen du terrain, jusqu'à l'échantillonnage et l'analyse, fut présentée dans une publication pour servir de guide aux études ultérieures "Evaluation of peat moss as applied to some bogs in Southern Ontario" par R. Bruce Graham et T.E. Tibbetts (MB TB 22, 1960). Tibbetts resta associé avec Graham pendant plusieurs années, en raison de son désir de stimuler l'industrie de la tourbe en Ontario, pour faire concurrence aux importations considérables des états voisins, particulièrement le Michigan. Ils effectuèrent une autre étude conjointe dans le nord-ouest de l'Ontario: "Evaluation of peat moss in some

bogs of the Rainy River District, Ontario" par R.B. Graham et T.E. Tibbetts (MB TB 65, 1965).

Tibbetts fit face pendant cette période à un volume considérable de demandes de conseils sur la qualité et les possibilités d'utilisation de la tourbe et de la sphaigne; T.A. Lloyd, qui entra à la Direction en 1958, et s'occupait principalement de recherche et développement sur la préparation du charbon, lui prêta quelque assistance pour l'analyse.

La production de sphaigne au Canada a augmenté lentement mais régulièrement: en 1940 la production était de 17 000 tonnes, en 1955 de 170 000 tonnes, et en 1965 de 267 000 tonnes courtes, pour une valeur d'environ \$8 millions.

Charbon

Dans la période immédiatement après la deuxième guerre mondiale, la production maximum des charbonnages canadiens (19 million de tonnes, atteinte en 1949) provenait d'un grand nombre de mines, dont la plus forte proportion était située en Alberta. Environ 40% de la production était assurée par quatre compagnies, qui produisaient chacune au moins 1 million de tonnes par an, et opéraient en Nouvelle-Ecosse, en Saskatchewan, en Alberta et en Colombie-Britannique. En 1959, il y avait encore 156 mines différentes, à production pleine ou partielle, le total de l'Alberta étant de 207 mines employant une main-d'oeuvre de 4999 personnes; la plupart de ces mines étaient de petites mines des Prairies, fournissant du charbon de qualité inférieure pour le marché local du chauffage domestique. En 1969, il ne restait que 69 mines en Alberta, et la main-d'oeuvre était de 1 729 personnes. Beaucoup de mines souterraines de l'ouest furent fermées pour produire du charbon à meilleur marché à partir des mines à ciel ouvert. Pendant la période s'étendant jusqu'à la fin des années 60, le gouvernement fournissait une aide sous forme de subvention, par l'intermédiaire du Dominion Coal Board, pour transporter le charbon des centres de production des Maritimes et des provinces de l'ouest vers les marchés de l'Ontario et du Québec.

L'érosion des marchés commença en 1951, et se poursuivit pendant toute la décennie, la production canadienne tombant en 1959 à environ 10 ou 11 millions de tonnes courtes par an, et restant à ce niveau jusqu'en 1964; la production récupéra en 1970, avec un niveau de 10,6 millions de tonnes en raison d'exportations vers le Japon et d'une augmentation de la consommation des compagnies canadiennes d'électricité. En 1975, la production était de près de 28 millions de tonnes.

A la fin de la guerre, la plus grosse part du charbon des Maritimes était produit par Dominion Steel and Coal Corporation, avec plus de 5 millions de tonnes par an de charbon à coke et à vapeur, provenant princi-

palement des mines du Cap Breton, mais également du continent. Avec l'aide du Dominion Coal Board, à la suite de la promulgation de la loi d'aide à la production du charbon en 1949, certaines des mines grosses productrices furent équipées de Dosco Miners, pour extraction continue, dans le but de réduire les coûts en augmentant la productivité. Excepté lorsque le puit numéro 18 était en fonctionnement, l'objectif de réduire les coûts d'extraction ne fut en général pas atteint. Les problèmes de qualité du charbon étaient une concentration relativement forte de soufre, dépassant d'ordinaire 2%, et une température basse de fusion de cendres, 2000°F, qui causait des problèmes gênants de scories sur les grilles des fours. Les forts tonnages disponibles à l'époque assuraient la fourniture nécessaire à la société pour la métallurgie et pour la production d'énergie électrique et le chauffage dans toutes les Maritimes et Terre-Neuve, ainsi que pour des marchés allant vers l'ouest jusqu'à la Vallée de l'Outaouais, et quelques expéditions vers Toronto. Pendant une brève période, la compagnie d'origine appartenait à la Compagnie Hawker Siddeley, et en 1967 Dosco remit l'entreprise à la Société de développement du Cap Breton, société de la Couronne. Beaucoup des anciennes mines furent fermées sur le continent, ainsi que sur le Cap Breton, et leur production fut réduite à environ 2 millions de tonnes par an, mais on lança une nouvelle mine à Lingan.

Au Nouveau-Brunswick, à la fin de la guerre, environ 40% de la production provenait de mines souterraines et 60% de mines à ciel ouvert, qui exploitaient toutes une seule veine d'une épaisseur de 18 à 24 pouces, du fait que la plupart des réserves de charbon de la période du Carbonifère avait été sujettes à une érosion pré-glaciaire. Le plus gros producteur était la compagnie Avon, exploitant une mine à ciel ouvert. La proportion de soufre, dépassant d'ordinaire 5%, était beaucoup plus forte qu'en Nouvelle-Écosse. En 1969, les exploitations de charbon à ciel ouvert au Nouveau-Brunswick furent placées sous la responsabilité d'une société de la Couronne connue sous le nom de NB Coal Limited.

Quant à l'Ontario et au Manitoba, la dernière production de lignite eut lieu en 1947 à Onakawana, Ontario et en 1944 à Turtle Mountain, Manitoba.

En Saskatchewan, il y avait un bon nombre de producteurs à la fin de la guerre, qui se situaient presque tous dans le district de Souris, avec une ou deux grandes mines, comme Western Dominion et Manitoba and Saskatchewan, qui représentaient environ 3/4 de la production totale de la province, à partir principalement de mines à ciel ouvert, produisant environ 2 millions de tonnes chacune. Une installation de carbonisation Lurgi à basse température produisait environ 60 000 tonnes par an de briquettes, pour le marché du chauffage (voir chapitre 3). Le marché de la lignite de Saskatchewan était orienté vers la production d'électricité, ainsi que vers le chauffage domestique et

commercial, y compris à Winnipeg. Le marché domestique fut presque entièrement perdu en quelques années, passant au gaz naturel, mais l'extraction de lignite pour usage thermoélectrique augmenta de manière substantielle au début des années 70, passant à près de 4 millions de tonnes, produites par trois mines.

L'Alberta était la plus grosse province productrice de charbon, avec 2 catégories de mines distinctes. Il y avait d'une part un petit nombre de mines relativement importantes, connues sous le nom de mines de charbon à vapeur, dans les contreforts intérieurs de l'Alberta, qui fournissaient aux chemins de fer une forte portion de leur production annuelle (cinq à cinq et demi millions de tonnes) de charbon de haute qualité. Le reste était vendu à l'industrie de l'ouest et à des marchés divers, même dans l'est du pays, avec l'aide de subventions, et incluait une certaine proportion de coke pour les fonderies effectuant la fusion de métaux communs. De plus, un grand nombre de mines relativement petites dans les Prairies et dans les contreforts extérieurs produisaient environ 3 millions de tonnes de charbon de basse qualité pour un marché du chauffage domestique dispersé dans la province, avec quelques expéditions aux provinces voisines.

Un problème important des charbons de l'ouest était la forte proportion de fines - pour les charbons de basse qualité après perte d'environ 25% d'humidité au cours de l'entreposage, et pour le charbon bitumineux en raison de sa fragilité organique dû aux effets de cisaillement des forces tectoniques. Les ressources hydroélectriques de l'Alberta n'étaient pas en mesure de faire face aux besoins croissants en électricité. Ainsi, on développa au cours des années des grosses exploitations à ciel ouvert de charbon sous-bitumineux, et en 1970 la production était de nouveau presque aussi forte qu'au temps des nombreuses petites mines. La mine Whitewait dans le district de Pembina en Alberta produisait 2 1/2 millions de tonnes par an pour l'Alberta Coal Company.

La perte des marchés ferroviaires eut un effet très sérieux sur les producteurs de charbon bitumineux, dont certains extrayaient plus d'un million de tonnes par an. La plupart du charbon était du type de charbon à coke, et on développa progressivement un marché d'exportation au Japon, dont l'effet toutefois ne se manifesta pas avant les années 70. Les problèmes principaux du charbon bitumineux étaient la production de fines, ainsi qu'une forte proportion d'impuretés; toutefois la proportion de soufre était d'ordinaire au plus de 0,6%. Les exigences d'un maximum de 9% de cendre pour les marchés d'exportation imposaient une norme de nettoyage du charbon plus stricte que les 15% que les chemins de fer toléraient pour obtenir un charbon à meilleur marché.

En Colombie-Britannique le centre d'activité était situé à Fernie dans le sud-est de la province, avec des charbons semblables, mais offrant une propor-

tion de cendres un peu plus basse. La compagnie Crows Nest Industries Limited, producteur d'origine, avec plus d'un million de tonnes par an, céda ses droits d'exportation et son installation de Michel-Natal et Sparwood à Kaiser Resources Limited en 1967. En 1949, on produisait également du charbon de haute qualité dans l'intérieur de la Colombie-Britannique, à Nicola et Telkwa, ainsi qu'une certaine quantité de charbon sous-bitumineux à Princeton; toutefois, toutes les mines durent fermer.

L'industrie charbonnière actuelle du Canada ressemble assez à ses homologues dans d'autres branches de l'industrie minière. Sur les compagnies actives (moins de 20) environ 6 assurent la masse de la production, dont une partie importante est destinée à l'exportation. La plus forte partie de la production provient de mines à ciel ouvert faisant usage de gros équipements. A la mine Michel, à Natal en Colombie-Britannique, on fait usage d'une méthode d'extraction hydraulique très productive, en mine souterraine à des profondeurs relativement faibles. On pourrait voir plus tard apparaître un problème dans la récupération de charbons à coke de haute valeur à des profondeurs où le contrôle des terrains devient de plus en plus important. Les charbons sous-bitumineux ne poseraient pas les mêmes difficultés, car on les trouve principalement en gisements plats à faible profondeur.

Recensements, analyses et potentiel d'explosion de la poussière

L'évaluation des échantillons de veines de charbon et des charbons préparés ou commerciaux fit l'objet d'une activité intense pendant la période de l'après-guerre, jusque vers la fin des années 50, époque où il y avait encore un grand nombre de mines particulières. Swartzman était responsable du projet de recensement et de préparation du charbon, et son premier assistant après la guerre fut D.C. Walsh (1951-1952), qui fut remplacé par T.E. Tibbetts (1952-). T.A. Lloyd entra à la Division en 1956. Ce groupe était lié de près au laboratoire analytique, avec son directeur de longue date, J.H.H. Nicolls, qui prit sa retraite en 1949, après 35 ans de service, précédés de plusieurs années de travail dans le projet conjoint McGill University - Direction des mines sur le charbon (Chapitre 3). Nicolls fut remplacé par W.J. Montgomery qui entra au laboratoire en 1948. Les assistants principaux de Montgomery étaient R.G. Young (1929-1957), et G.C. Behnke (1945-1971), J.G. Jorgenson (1955-), et G.C. Anderson (1950-). Anderson entra pour la première fois au bureau administratif de la division en 1950 puis fut transféré au laboratoire en 1958, pour formation "sur place". Il devint l'assistant principal de Montgomery en 1971.

La série de recensements physiques et chimiques du charbon se poursuivit jusqu'en 1955 avec le rapport numéro 153 (FRL Report 214) sur la mine McBean, en

Nouvelle-Ecosse, qui termina la série d'origine. Ceci coïncida avec le déclin de l'industrie du charbon, mais la pratique d'évaluation d'échantillons, tant de nouvelles veines que d'extensions de veines déjà en exploitation, se poursuivit, les résultats faisant l'objet de rapports internes de la Division. Dans les années 60, lors des activités de prospection et de développement des veines de charbon à coke de l'ouest, en grande partie ouvertes pour l'exportation de charbon vers le Japon, ce furent des laboratoires d'analyse locaux privés qui effectuèrent le travail sur le grand nombre d'échantillons impliqués.

Avant sa retraite, Nicolls recueillit les résultats des analyses de divers échantillons de charbon et de tourbe qui n'avaient par été inclus dans des rapports publiés précédemment, et produisit un volume de 409 pages qu'il appelait son "chant du cygne". Ce volume contenait la plus vaste collection d'analyses d'échantillons provenant de diverses régions du Canada (132).

Etant donné que la classification des charbons par qualité, et les diverses procédures analytiques pour évaluation des propriétés physiques et chimiques, mises au point par le comité D-5 de l'ASTM sur le charbon et le coke, avait été en grande partie achevées avant la guerre, avec contribution considérable de la part de la Division des combustibles, on considéra nécessaire de produire un répertoire d'analyse des produits de charbon, y compris les briquettes, mises sur le marché par les compagnies charbonnières à l'usage des organismes commerciaux et gouvernementaux. Le premier répertoire de ce genre fut publié pour diffusion restreinte par Swartzman dans la série FRL (FRL 1, 1945) partiellement en rapport avec la Commission royale d'enquête Carroll sur le charbon, 1946, pour laquelle R.E. Gilmore prépara un mémoire ("Canadian coals and their classification, analysis and general characteristics" (FRL Report 2, 1945). Swartzman publia une version mise à jour, officiellement le premier "Analysis directory of Canadian coals" dans la série Mémorandum en 1948 (MB Memorandum Series 100). Dans le cas de l'Alberta, le Conseil de la recherche de l'Alberta (R.C.A.) avait désigné 50 régions charbonnières, qui furent rendues officielles par l'Alberta Coal Sales Act de 1925. Les données analytiques provenant des régions à production limitée ou sans activités d'exploitation, rapportées par le R.C.A. dans ses rapports no 12 et 35 de Stansfield et Lang, furent incluses dans le répertoire, ainsi que des échantillons de face provenant de mines non actives, prélevés par Swartzman lui-même. Dans la période de l'après-guerre, le ministère des mines de l'Alberta, dans sa révision de la loi sur les ventes de charbon, accepta comme officielles toutes les données analytiques de la Division des combustibles pertinentes à la province. Une deuxième édition, précédée par une campagne d'échantillonnage de charbons commerciaux à la mine, fut publiée dans la série de la Direction des mines en 1953, avec Suppléments 1 et 2 en 1955 et 1960 respectivement (MB

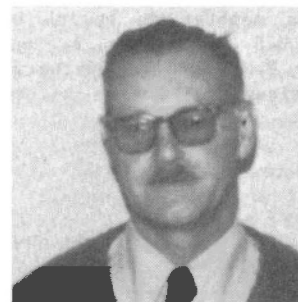
Rep 836, 850, 868).

Etant donné la fermeture des mines, on ne publia pas d'autres exemplaires du répertoire. Pendant les années 1961 à 1968, les analyses d'échantillons de charbon et de coke reçus par le laboratoire furent publiées dans la série de circulaires d'information de la Direction des mines par W.J. Montgomery et J.C. Behnke (MB IC 133, 147, 161, 173, 182, 193, 208, 224). Pour les années 1969 à 1971, on ne rapporta que des analyses d'échantillons de charbon: (IC 249 par W.J. Montgomery et G.C. Behnke) et (IC 275 et IC 290 par W.J. Montgomery et G.C. Anderson).

Les échantillonnages de charbon commerciaux à la mine furent repris en 1968 dans l'ouest et en 1969 dans l'est. On effectua d'autres échantillonnages en 1970 et 1971 dans l'est et en 1971, 1972, 1973 dans l'ouest. Des données analytiques furent publiées pour chaque campagne d'échantillonnage annuelle. La bibliographie cite les données 1971 pour l'est (133) et 1973 pour l'ouest (134). L'analyse chimique de la cendre de charbon, et à l'occasion des traces minérales, fut poursuivie en grande partie en raison de l'utilité des données dans les applications industrielles du charbon. Les données furent incluses dans les répertoires analytiques d'origine. Les analyses furent effectuées par G.W. Custeau (1929-1965) dans ses dernières années de service, et par la suite par des employés plus jeunes, particulièrement G.Z. Skulski sous la direction de Montgomery. Un rapport sur les analyses de cendres de charbon fut publié en 1970 (135). Pour maintenir un niveau élevé de précision analytique dans les laboratoires gouvernementaux, industriels et commerciaux, on établit en 1956 un système inter-laboratoires, qui fut maintenu pendant 10 ans; dans ce système, des échantillons étaient préparés et fournis par la Division des combustibles aux laboratoires participants, dont le nombre alla jusqu'à 14: "The Canadian Cooperative Coal Analysis Exchange Program" par W.J. Montgomery et J.G. Jorgensen (IR FMP 65/100).

En raison de son expertise sur les propriétés du charbon, Montgomery fut prié d'établir un appareillage pour l'étude des risques d'explosion des poussières des charbons canadiens, avec considération particulière des dangers dans l'extraction minière; il fut assisté dans ce travail par Behnke: "Preliminary studies on dust explosibility of Canadian coals" par W.J. Montgomery (CIM Bull, Vol. 53, pp. 710-712, Sept. 1960). Au cours du temps, on étudia, à la demande de l'industrie des minéraux métalliques, particulièrement des sulfures ainsi que des poussières métalliques: "Comparative explosibility of dusts" par W.J. Montgomery (Trans CIM, Vol. 55, pp 377-379, 1962).

A la suite de la retraite de Gilmore en 1954, W.J. Montgomery continua d'assurer la participation active de la Division dans le comité ASTM D-5 sur le charbon et le coke, qui avait été maintenue depuis le



W.J. Montgomery, Chef du Laboratoire des combustibles solides



G.C. Anderson, analyste



J.Z. Skulski, analyste

début de l'association. En 1971, il devint secrétaire du comité, et en 1972, président, ainsi que président, à partir de 1969, du comité national canadien de l'Organisation internationale de standardization (comité TC 27, combustibles et minéraux solides). A la date de rédaction, il reste président du comité D-5.

Parmi les autres membres du comité D-5, à diverses périodes, notons D.S. Montgomery, A. Ignatieff jusqu'en 1967, le Docteur B.N. Nandi - pétrographie; Swartzman et Tibbetts - briquetage; Botham - coke; et Visman - échantillonnage.

Préparation

Vers la fin de la guerre, il apparut un besoin d'améliorer la qualité des divers charbons canadiens offerts à la vente. On introduisait de plus en plus rapidement des méthodes d'extraction mécanique tant dans les mines souterraines que dans les exploitations à ciel ouvert. Ceci avait pour effet la production de tailles plus petites et d'une proportion plus élevée de fines, dans la mesure où il y avait moins d'occasions d'effectuer une extraction sélective et de retirer à la main les rebuts rocheux grossiers. Les progrès de l'alimentation automatique dans les applications industrielles, institutionnelles et domestiques exigeaient du charbon dimensionnel propre, n'ayant pas un excès de fines.

On a déjà mentionné au chapitre 4 et 5 les défauts de certains charbons canadiens. On peut les résumer par région. Dans les Maritimes, il fallait faire face au problème perpétuel des fortes concentrations de soufre et des difficultés causées aux grilles de fournaises par la faible température de fusion des cendres, particulièrement pour les marchés du Québec et de l'Ontario, où les charbons des Maritimes se trouvaient en concurrence serrée avec des charbons américains de meilleure qualité. En Alberta et en Colombie-Britannique, le problème principal concernait les mines dites de charbon à vapeur, qui produisaient des charbons de haute qualité, friables, et généralement à forte teneur en cendre, pour le marché ferroviaire et quelques applications industrielles. L'importance du problème des fines peut se juger par une comparaison de la proportion des fines (0 X 1/4 pouces) entre les charbons des Maritimes, environ 25%, et les charbons de l'ouest, 50% et plus. Les charbons de faible qualité très humides de l'Alberta et de la Saskatchewan s'émettent ou se brisent à l'entreposage, à moins d'être traités.

Avec son énergie habituelle, Swartzman s'efforça d'encourager certains des gros producteurs à établir des installations de lavage. A partir de ses tests de lavabilité (flottage - coulage) dans les recensements physique et chimique, il était en mesure de prédire en partie les résultats. A titre d'exemple de ses efforts, mentionnons le cas où le gouvernement du Nouveau-Brunswick envisagea une installation centrale de nettoyage pour le bassin de Minto. On effectua des essais concrets (flottage - coulage) sur divers calibres de charbon provenant de huit mines (FRL Report 33 et 36, 1946, par E. Swartzman); la première laverie du bassin de Minto fut établie en 1956 par l'Avon Coal Company. On effectua des tests à l'échelle industrielle ou



J. Visman au bureau de Calgary

semi-industrielle sur des procédés nouveaux pour le Canada. Ainsi, on effectua des tests de médium lourd sur un charbon de calibre 1/4 X 3/4 pouces de Lethbridge, en Alberta, à l'installation de l'American Cyanamid à Stanford, Connecticut (FRL Report 119, 1949, par E. Swartzman); mentionnons également les procédés par hydrateur et courant d'air de la Roberts and Schaeffer Company pour le charbon fin, effectué sur des brisures de 0 X 1/4 pouce provenant de la mine Greenhill, Blairmore, Alberta (FRL Report 159, 1951). Swartzman effectua également des tests de performance à certaines des laveries existantes, en analysant des échantillons de flottage - coulage de ces installations, par exemple à la mine International, Coleman, Alberta, où la séparation principale était effectuée par jiggling (FRL Report 153, 1951) et à la mine Franklin, Nouvelle-Écosse où le séparateur principal était une table air-sable (FRL Report 162, 1952).

Il y avait dans la Division des combustibles de bonnes installations de broyage, pour le traitement de tailles d'échantillons diverses, et plusieurs unités de séparation par gravité à petite échelle, mais il n'y avait pas d'installation pilote intégrée. On envisagea alors en 1950 d'équiper un laboratoire complet de préparation de charbon. Sous ce rapport, Swartzman fit une étude de terrain au Etats-Unis (FRL Report 139, 1950) et prépara les plans d'un laboratoire (FRL Report 150, 1950). Toutefois, il y avait des priorités plus importantes dans la Direction au cours de cette période, et le projet n'eut pas de suite.

Bien que la production du charbon ait atteint son maximum en 1949, les perspectives devenaient déjà incertaines à l'époque, en raison de l'amélioration rapide des perspectives sur les hydrocarbures dans l'ouest du Canada. L'industrie charbonnière de l'ouest, qui représentait environ 55% de la production charbon-

nière du Canada, était particulièrement vulnérable à la concurrence du pétrole et du gaz naturel. C'était là la raison principale pour l'établissement à Calgary du Docteur J. Visman, à son entrée à la direction en 1951. Dans la période initiale, 1951-52, il exécuta une série de visites et d'études dans un certain nombre d'installations (Rapports FRL 218 à 224 par J. Visman). Etant donné que la plupart des exploitants qui utilisaient des tables à air pour le nettoyage du charbon faisaient objection aux méthodes humides, qui causaient en hiver la congélation des produits lavés fins, et que l'on considérait le séchage comme trop coûteux, il étudia la possibilité d'améliorer la performance en effectuant des travaux préliminaires sur la conception d'un séparateur vibratoire centrifuge; toutefois, ses travaux furent arrêtés en faveur du développement de l'"hydro-cyclone compound". Visman introduisit l'utilisation de "courbes d'erreur" comme indicateurs du rendement dans la séparation des rebuts du charbon, ainsi que les principes de valeur significative statistique dans l'échantillonnage: "Sampling to pre-assigned accuracy" par J. Visman (FRL 212, 1955). Ses travaux sur le nettoyage du charbon durent céder la place aux travaux sur le briquetage, en raison des plaintes concernant un pourcentage excessif de fines dans le charbon fourni aux compagnies ferroviaires.

Swartzman avait consacré un effort continu au briquetage du charbon, tant pour le marché du chauffage domestique que pour le marché ferroviaire. A la suite de discussions en 1945, en compagnie du Docteur W.A. Lang du R.C.A., avec les exploitants de Drumheller qui extrayaient du charbon de qualité inférieure, on entreprit un projet pour produire des briquettes convenant au chauffage domestique. On utilisa divers liants, et les meilleurs résultats furent obtenus avec 3% d'asphalte et 3% de farine pour réduire la fumée; mais il y avait des risques de moisissure dans la farine en cas d'entreposage prolongé. Pour assurer la stabilité de la briquette dans le feu, il fallait un minimum de 25% de charbon à coke. "Report on the beneficiation of Drumheller sub-bituminous coals by briquetting using various kinds of binders" par E. Swartzman (MB Memorandum Series 92, 1947). Les tests furent répétés en 1953, sur les mélanges de charbon à coke, pour confirmer les tests précédents (FRL Report 174, 1953). Des charbons de qualité inférieure provenant d'autres régions de l'Alberta donnaient les mêmes résultats, à l'exception d'un charbon de la région de Brooks, qui permit la production de briquettes raisonnables avec 3% seulement d'asphalte, en raison des propriétés de liaison des humates solides présents dans le charbon.

En général, il n'était pas possible de fabriquer des briquettes "vertes" sans liant avec les charbons de l'ouest, y compris la lignite de la Saskatchewan. Par contre, la Division des combustibles découvrit pendant la guerre qu'il était possible de fabriquer des briquettes sans liants avec la lignite d'Onakawana dans

l'Ontario (chapitre 5). En 1956, on prépara à la demande du R.C.A. un compte rendu général sur toutes les fabrications de briquettes de charbon de qualité inférieure effectuées en Alberta (TM 9/56 par E. Swartzman), en relation avec une demande des exploitants de charbon pour une étude du procédé Glomera d'extrusion à haute pression. Ce procédé fit l'objet d'une étude par Swartzman, dans les installations de Vancouver du détenteur de la licence (TM 36/56). Toutefois, la détérioration rapide du marché domestique du charbon empêcha les exploitants de charbon d'aller plus loin dans la fabrication de briquettes sans liant.

La fabrication de briquettes de charbon de qualité supérieure, qui sont fournies principalement au marché ferroviaire, coïncidait avec l'augmentation de la mécanisation et l'extraction d'une plus forte proportion de charbon à partir d'exploitations à ciel ouvert. Ces développements se produisirent vers la fin de la guerre, et conduisirent les compagnies charbonnières à construire des usines de fabrication de briquettes, qui leur permettaient de fournir à la fois des briquettes et du charbon pour alimentation automatique. Les compagnies ferroviaires étaient prêtes à payer un pourcentage de liant asphaltique allant jusqu'à 4%. Swartzman s'occupa de la détermination d'une qualité optimale pour les briquettes, en ce qui concerne le pourcentage maximum d'humidité et le pourcentage minimum de liant. Un rapport sommaire fut publié en 1953 sur le charbon Crows Nest de la Colombie-Britannique (FRL Report 174, par E. Swartzman).

Lorsqu'il devint ingénieur en résidence dans la région, Visman fut obligé de consacrer une bonne partie de son temps au projet de fabrication de briquettes. Ses études sur les divers facteurs influençant la résistance des briquettes le conduisirent à concevoir un atomiseur destiné à augmenter le mouillage des particules de charbon par le liant, facteur que Swartzman avait mentionné pour la première fois dans une communication présentée à un congrès sur les briquettes aux Etats-Unis "Study of the relationship of the quality of certain petroleum asphalts to the properties of the resultant coal briquets" par E. Swartzman, (Proc Coal Briquetting Conference - Natural Resources Research Institute, University of Wyoming, juin 1949). L'atomiseur fut mis à l'essai à l'installation de fabrication de briquettes de Michel, Colombie-Britannique en 1954, et permit une augmentation de résistance en compression de 12 1/2 %, avec un liant contenant 2,9 à 3,6 % d'asphalte et 1,0 à 1,5 % de farine. Les essais effectués à l'installation Kenmore, Alberta, confirmèrent qu'une augmentation du pourcentage d'humidité affectait négativement la résistance et la stabilité des briquettes. Pour ces travaux, Visman reçut l'assistance de C.J.F. Rozenhart et R.P. Charbonnier, qui étaient entrés à la Direction des mines respectivement en 1953 à 1954. Cette recherche fut résumée dans "Briquetting coal with binders and statistical evaluation of briquetting tests" par R.P.

Charbonnier et J. Visman (MB TB 9, 1959). L'atomiseur, qui fit l'objet d'un brevet, fut décrit dans un rapport "Cyclone atomizer for briquet binder" par J. Visman (MB TP 17, 1957). Incidemment, notons que Visman et Rozenhart, avant de venir au Canada, faisaient partie des mines d'état hollandaises, considérées à l'époque comme un des groupes les plus avancés en recherche et développement sur le charbon.

La recherche sur la fabrication de briquettes sans liant, mentionnée ci-dessus en relation avec les préoccupations de l'industrie, et particulièrement dans le cas des charbons de qualité inférieure, fut effectuée surtout en 1958. Elle comportait entre autres l'application de méthodes scientifiques, y compris une étude microscopique par Jacqueline Picard, qui était entrée dans le groupe en 1956: "Laboratory study of the binderless briquetting of Western Canadian coals" par A.R. McKenzie, Jacqueline L. Picard et J. Visman (MB TB 10, 1959).

Vers la fin de 1956, Charbonnier se rendit en France en congé sabbatique, et obtint un doctorat à l'Université de Paris. Il passa également quelque temps à l'Institut du Pétrole à Paris, acceptant un changement d'activités. En 1959, il fut transféré à Ottawa, pour entreprendre des études sur la conception des réservoirs de pétrole.

Le conseil de la recherche de l'Alberta (R.C.A.) par l'intermédiaire de son directeur d'alors, le Docteur N.H. Grace, et de son secrétaire, le Docteur W. Lang, avec l'accord du gouvernement de l'Alberta et l'Université de l'Alberta, suggérèrent que la Direction des mines pourrait entreprendre des recherches sur la préparation du charbon dans les locaux et laboratoires du Conseil. Visman prit la responsabilité de ce travail. Le conseil offrit des laboratoires et des bureaux gratuits, et en 1956, Visman et son personnel furent transférés de Calgary à Edmonton, pour former un laboratoire régional de l'ouest (Western Regional Laboratory, WRL). En 1970, une fois achevée la construction des installations de laboratoires de recherche industrielle et d'usines-pilotes du conseil, à Clover Bar, le conseil offrit à un loyer modéré un espace beaucoup plus vaste, particulièrement dans l'usine pilote, pour le WRL. Cet arrangement reste en vigueur à l'heure actuelle. Dr. Grace mourut subitement en 1962, et fut remplacé l'année suivante par le Docteur E.J. Wiggins, qui fit preuve du même esprit de coopération. Le Docteur Lang assura une liaison étroite avec le Dominion Coal Board et la Direction des mines, en tant qu'organismes fédéraux principalement concernés par le charbon, et participa dès leur lancement aux rencontres annuelles de recherches sur le charbon de la Commission (Dominion Coal Board). Bert Lang prit sa retraite en 1961 après 37 années de service dans le RCA, salué par l'industrie du charbon de l'Alberta et toutes les autres personnes au courant de ses contributions aux études de chimie et de technologie du charbon. En raison de la mort prématurée de Grace, Lang re-



1



2



3

Les fondateurs du Laboratoire de recherche de l'ouest: 1 - J. Visman et R. Rozenhart à la mine Luscar, 2 - R.R. Charbonnier, 3 - J.L. Picard.

vint passer plusieurs mois comme directeur intérimaire, jusqu'à l'entrée en fonction du docteur Wiggins. L'université de l'Alberta, son Alma Mater, lui octroyait un doctorat en 1966.

Les locaux et autres installations fournies par le Conseil de la recherche de l'Alberta permirent à Visman et à son groupe, pendant plusieurs années, et particulièrement après leur installation à Clover Bar, de mettre au point une installation intégrée du nettoyage du charbon et de séparation des minéraux.

En 1959, la production de l'Alberta, qui assurait la plus grosse partie du marché ferroviaire de l'ouest, était tombée à environ 30% du niveau de 1940. Le programme de fabrication de briquettes fut pratiquement arrêté, et l'effort du laboratoire régional de l'ouest fut orienté vers l'amélioration du nettoyage des fines de charbon produites par les mines de charbon à vapeur, qui, ayant pratiquement perdu le marché ferroviaire en 1959, se tournèrent vers le développement d'un marché d'exportation du charbon à coke. Toutefois, ce marché exigeait un pourcentage de cendre ne dépassant pas 9%, par opposition aux 15% acceptés par les chemins de fer.

Notre récit reviendra à l'ouest après avoir examiné l'aide technique fournie aux industries charbonnières des Maritimes. Le problème des fines n'était pas aussi sérieux dans l'est que dans l'ouest. Toutefois, la mécanisation augmentait la proportion de brisures de charbon. Swartzman et Tibbetts effectuèrent des testes sur les charbons très volatils de Sydney, avec et sans liant, pour la production de briquettes acceptables. Les briquettes sans liant donnèrent des résultats encourageants; toutefois, il fallait un liant à 6% d'asphalte pour produire des briquettes durables lorsqu'elles étaient utilisées seules. Pour utilisation en mélange avec du charbon, on pouvait accepter des briquettes de moindre résistance, avec un pourcentage d'asphalte de 4% (TM 30/59 par Swartzman et Tibbetts). Swartzman, et plus tard Tibbetts, participèrent aux travaux de la International Briquetting Association formée après la guerre. En 1957, une ébauche des normes proposées pour la résistance à la compression des briquettes, fondée sur une campagne étendue d'essais, fut acceptée, avec quelques révisions, comme norme provisoire (TM 43/55 par Swartzman).

Comme c'était le cas pendant la guerre, on produisit des briquettes de minéraux seuls ou mélangés avec du charbon. Ces demandes furent particulièrement fréquentes pendant les années 50, et provenaient de l'industrie ou des autres divisions, particulièrement de la Division des minéraux industriels. Quelques exemples: brucite, magnésite, dolomite, mélanges de laitier de titane et de charbon, bauxite calcinée, forages de fer, coke pour fabrication d'un abrasif artificiel, concentrés nickel-cuivre et minéral de nickel argileux. Swartzman publia un article d'examen général du sujet: "The significance of agglomeration in the mineral industries" (CIM Bull, pp 318-327, Mai

1954).

La Nouvelle-Ecosse s'efforçait de faire concurrence aux grosses importations de charbon de meilleure qualité provenant des Etats-Unis vers les marchés du Canada central. Les deux principaux producteurs du Cap Breton introduisirent des installations de nettoyage de charbon: Dominion Coal Company à la mine Princess et la Bras d'Or Company à la mine Four Star. De même, le Nouveau-Brunswick s'efforçait de développer des marchés dans les Etats adjacents de Nouvelle-Angleterre, et les travaux précédents de la Division sur le nettoyage du charbon, particulièrement ceux de Swartzman, furent traduits sous forme d'installations de nettoyage vers la fin des années 50. Sur ce point, Swartzman et Tibbetts, avec l'assistance de Lloyd du laboratoire, effectuèrent des tests de performance à l'installation de préparation nouvellement mise en fonction par la Avon Coal Company, sur les tailles 1/4 X 2 pouces et 0 X 1/4 pouce (FRL Rep 233, par Swartzman et Tibbetts, 1956), et sur le nettoyage d'un entre-deux de schiste et argile carbonifère très répandu dans une veine unique du bassin houiller de Minto. C'était là une considération importante, étant donné que cet entre-deux pourrait représenter 25% de la veine, dont l'épaisseur variait de 18 à 24 pouces, avec des rapports roche-charbon dépassant parfois 20 (FRL Rep 239, 1956 des mêmes auteurs).

On effectua également un essai de performance à l'installation de D.W. and R.A. Mills, qui entra en fonctionnement pour le nettoyage du charbon d'exploitation à ciel ouvert en 1957 (TM 123, 1959, par les mêmes auteurs). On entreprit des études sur le nettoyage du charbon provenant d'une mine souterraine au moyen de méthodes manuelles, et du charbon provenant d'une mine à extraction mécanique dans le bassin houiller de Minto (IR/FMP 60/34 et 62/8, respectivement par Tibbetts et Lloyd).

En Nouvelle-Ecosse, on accordait une attention particulière à la petite compagnie Bras d'Or, qui avait ouvert la veine Tracy de quatre pieds dans la mine Four Star au début des années 50. On introduisit l'extraction continue sur front de taille en longueur, avec pour résultat une forte production. Par contre, le fort pourcentage de fines de charbon créait un problème de nettoyage. On effectua un essai de performance à l'installation de préparation d'Avon Coal Company au Nouveau-Brunswick, dans un jig Baum (FRL Report 251, 1956 par Swartzman et Tibbetts). Du fait que de grandes quantités de fines n'étaient pas correctement nettoyées, on prit des dispositions avec la Diester Concentration Company de l'Indiana, pour effectuer dans leur installation pilote un essai sur les fines de 0 X 1/4 pouce, qui produisit des résultats satisfaisants (TM 64/56 par Swartzman).

On assura la surveillance continue de la distribution des tailles et de la dégradation du charbon, particulièrement du charbon fourni aux installations

gouvernementales, à partir de l'introduction de l'extraction continue à la Dominion Coal Company au début des années 50. On effectua des tests sur l'effet de cette méthode sur la distribution des tailles du charbon à plusieurs des puits de mines de la compagnie, avec l'accord de celle-ci. A la mine Four Star, on surveilla des expériences portant sur divers types de machines à extraction continue utilisées dans l'extraction en longueur comme dans l'extraction à pilier, pour déterminer la distribution des tailles. Swartzman effectua une analyse de la distribution des tailles dans les charbons de mines et les brisures de charbon, en relation avec les normes de taille (FRL Rep 203, 1955). Tibbetts effectua également une étude sur les analyses au crible des charbons provenant des mines Dosco en 1962 (IR FMP 62/164).

Le groupe partageait avec le groupe de la combustion la responsabilité de l'entreposage, de l'échantillonnage et de l'analyse dans les installations des usagers, ainsi que des spécifications et de l'achat de charbon par le gouvernement; sur ce point, on entretenait une liaison étroite avec le Dominion Coal Board et le Comité 18-GP du Canadian Government Specifications Board.

Dans l'ouest du Canada, pendant une période initiale de reprise d'intérêt pour les charbons à coke destinés aux marchés non ferroviaires, Swartzman et Tibbetts évaluèrent la cokéfaction et autres propriétés des charbons provenant de mines nouvellement ouvertes, par exemple Vicary Creek de Coleman Collieries (TM 77/57, TM 26/58 et 27/58 par Swartzman et Tibbetts). On effectua des études sur le plastomètre Gieseler, concernant la reproductibilité des résultats de tests (FRL Rep 252, 1956 par Swartzman et Tibbetts). Cette activité chevauchait celle de la section de carbonisation, et était dûe aux importantes recherches effectuées à l'époque par G.C. Botham sur les explosions de charbon et de gaz dans les mines de charbon.

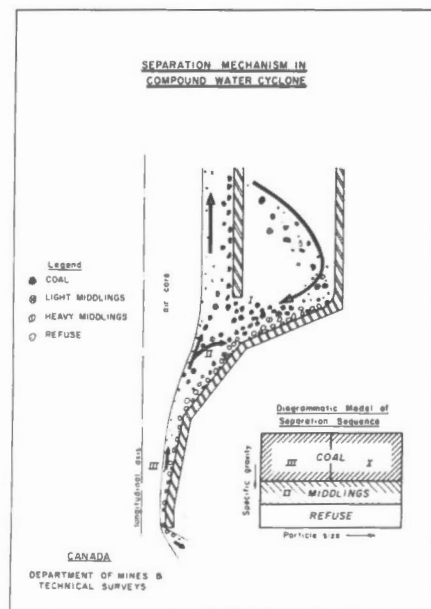
Swartzman et Tibbetts composèrent un chapitre sur la préparation du charbon pour le volume "The milling of Canadian ores" publié à l'occasion du sixième congrès du Commonwealth sur les mines et la métallurgie, tenu au Canada en 1957.

Malgré une crise cardiaque antérieure, Swartzman avait repris son train de vie très actif, et malheureusement mourut subitement d'une crise cardiaque en 1960. Tibbetts assumait la responsabilité des études et de la préparation du charbon et de la tourbe. Le laboratoire régional de l'ouest resta autonome, mais les groupes d'Ottawa et d'Edmonton maintinrent une liaison étroite. Tibbetts et Lloyd poursuivirent des études de ressources par recensement physique et chimique, mais leurs rapports ne furent plus numérotés dans la série. Par contre, Visman, par l'intermédiaire de Rozenhart, aidait le groupe d'Ottawa dans le recueil d'échantillons de charbons commerciaux.

Cyclone hydraulique compound (Laboratoire régional de l'ouest)

Le mobile du Docteur Visman, dans sa mise au point du cyclone hydraulique compound, fut son évaluation des besoins d'une industrie soumise à des restrictions de coût sérieuses dans la production d'un combustible concurrentiel, le coût de préparation possible étant limité à un maximum d'environ 20% du coût total. Il envisagea donc un séparateur à fort volume, avec faible coût d'investissement. Après avoir évalué la séparation à sec par moyens pneumatiques, il se tourna vers la séparation hydraulique, au moyen de l'hydrocyclone des mines d'état hollandaises, auquel il apporta certaines modifications. On construisit en 1959, avec un personnel de 5 personnes seulement, une installation d'une capacité de 2 tonnes par heure. Le Conseil de la recherche de l'Alberta apporta une aide précieuse, et participa conjointement à la commandite du projet. On effectua le nettoyage en vrac de fines de 0 x 1/4 pouce provenant principalement de mines de charbon à vapeur d'Alberta et de Colombie-Britannique, mais on fit également des essais à l'hydrocyclone sur un charbon de Minto du Nouveau-Brunswick, à la fin de la période: "Cleaning fine coal in a 3-stage water cyclone circuit" par J. Visman (Trans CIM, Vol. 64, 273-277, 1961).

Ces travaux préliminaires soulignèrent les propriétés intrinsèques des charbons de qualité



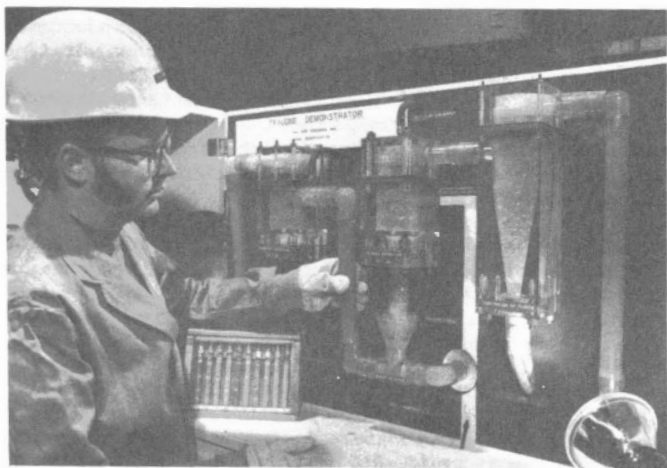
Mécanisme de séparation dans l'hydrocyclone compound

supérieure de l'ouest: fragilité, d'où dégradation pendant les procédures de nettoyage, proportion importante de particules de charbon entrelacées, et dissémination d'une proportion plus forte qu'ordinaire de particules fines de minéraux dans toute la masse du charbon, provenant probablement d'un écoulement d'eaux de pluie provenant des régions supérieures dans les lagon du Crétacé inférieur. Les implications pratiques de la situation étaient les suivantes: l'hydrocyclone fonctionnait plus comme classifieur que comme nettoyeur, la densité de séparation était limitée, à environ 1,6 avec ce cône, et il pourrait être nécessaire de disposer de densités de séparation supérieures pour amener une gamme étendue de charbon à un pourcentage de cendre acceptable.

Visman se trouvait face à l'un des problèmes les plus difficiles de la préparation du charbon, savoir le nettoyage des charbons présentant les caractéristiques ci-dessus, particulièrement si l'on doit compter sur le cyclone comme seul séparateur.

Ceci mena en 1961 à la conception et à la fabrication d'un cyclone radicalement différent, qui fit l'objet de brevets dans plusieurs pays, et fut connu sous le nom de cyclone hydraulique compound (Compound Water Cyclone, CWC). La mise au point complète de ce procédé constitua un programme majeur de la division.

Dans cette conception, Visman envisagea un récipient comportant une section supérieure cylindrique et une section inférieure triconique, où les particules de charbon étaient séparées selon leur densité dans un milieu aqueux instable, en trois étapes successives, par accélération centrifuge avec dépôt entravé et



N.E. Anderson opérant un modèle de démonstration d'un hydrocyclone de lavage du charbon à deux étages, avec du charbon synthétique; Laboratoire régional de l'ouest (Photo - George Hunter)

classification. Dans les essais préliminaires effectués avec du charbon simulé et du poussier naturel 0 X 1/8 de pouce, le CWC présenta un bon rendement comme nettoyeur en vrac de charbon fin, avec des points de coupure dépassant la densité 1,6: "The cleaning of highly friable coals by water cyclones" par J. Visman (Proc of 4th International Coal Preparation Congress, London, 1962).

Les associés principaux dans la mise au point du procédé et de nombreuses additions ultérieures furent Jacqueline Picard et Cor Rozenhart, avec l'aide des employés temporaires C.A. Blanchflower (1959-1960), L.S. Sims (1960-1969), N. Iflam (1966-1967) et J. Van Cruyningen (1967-1971). Blanchflower et Van Cruyningen étaient des ingénieurs professionnels.

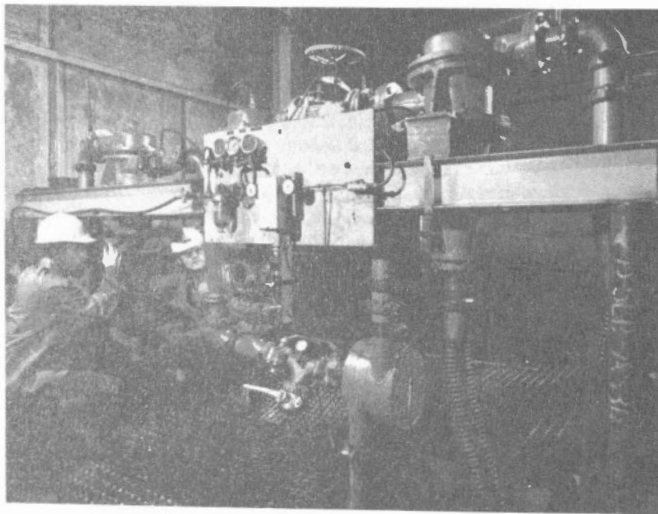
Une licence de fabrication et de vente du CWC fut accordée en 1962 à Cyclone Engineering Sales Limited d'Edmonton, compagnie formée par P. Vinkenborg, ingénieur de profession, avec des associés canadiens; le choix de cette firme avait pour but d'encourager l'entreprise canadienne indépendante et d'assurer un développement vigoureux. Il fallut plus d'efforts pour convaincre les compagnies charbonnières canadiennes des avantages du procédé que les compagnies des Etats-Unis et d'ailleurs, probablement parce que les petits entrepreneurs canadiens n'étaient pas en mesure de fournir une garantie de performance.

La plus grande partie de la recherche initiale fut effectuée avec des cyclones de 8 pouces, qui présentaient une capacité de 2 à 3 tonnes par heure, la capacité étant en gros proportionnelle au carré du diamètre du cône. Le CWC fut essayé, en plus du charbon, sur divers minéraux, y compris le sable et des minerais de fer, de baryte, de phosphate, etc. Une communication sur l'enrichissement des minéraux au moyen de ce procédé fut présentée à la 65ième assemblée générale annuelle du CIM à Edmonton en avril 1963 "Bulk processing of fine materials by compound water cyclones" par J. Visman (Trans CIM, vol. 69, pp 85-98, 1966).

En 1964, on avait mis au point une gamme de cinq modèles de CWC, pour traiter des minéraux allant de 2 1/2 pouces à 0, avec des tailles de cyclone allant de 24 pouces à 2 pouces de diamètre, et des capacités allant de 70 tonnes par heure de charbon et 160 tonnes par heure de minerai, jusqu'à 6 tonnes par heure. On mit également au point des cyclones de classification pour effectuer une séparation par taille; la section inférieure compound était remplaçable par la section de classification. Les petites unités multiples de 2 pouces de diamètre étaient conçues pour opérer à basse pression sur les boues et sables, et firent l'objet d'essais et d'installations pour le désablage des eaux fluviales: "Low-pressure cyclone for desanding industrial water" par J. Visman et C.J.F. Rozenhart (MB TB 86, 1967). On effectua une application réussie pour l'enrichissement de la diatomite, qui exigeait une

séparation à 10 microns. On mit au point un contrôle automatique pour le système CWC à deux étages. On mit au point un cyclone de densification, dans le but de rendre inutiles les bassins de décantation et d'éviter la pollution des cours d'eau. La tendance à l'utilisation du cyclone pour l'extraction d'eau, le traitement des effluents, la clarification de l'eau et la conservation de l'eau dans les cycles fermés s'accéléra dans le milieu des années 60, en raison en partie de l'attention portée par le public à la protection de l'environnement, mais surtout de l'attitude de Visman, qui dès le début des travaux de recherche et développement sur l'hydrocyclone, déclarait "la préparation du charbon doit assurer son propre nettoyage". Une communication fut présentée au cinquième congrès international sur la préparation du charbon à Pittsburg en 1966: "Two stage beneficiation of washing effluents with compound water cyclones" par J. Visman.

En 1966, lorsque le laboratoire déménagea à Clover Bar, l'installation pilote du CWC fut modifiée et portée à une capacité de 5 tonnes par heure, avec des installations intégrées pour le nettoyage du charbon grossier, l'enrichissement des boues et la clarification des eaux. On apporta aux installations un certain nombre d'innovations opérationnelles, dont la plupart firent l'objet de brevets, y compris l'addition d'un diviseur de pulpe qui permettait de faire fonctionner l'installation de nettoyage sur une seule pompe de circulation.



Cyclone de 8 pouces à deux étages au laboratoire régional de l'ouest (Edmonton opéré par N.E. Anderson et un représentant de Cyclone Engineering Sales Ltd. (Photo - George Hunter)

A cette date, la capacité totale installée dans cinq pays, y compris le Canada, d'applications industrielles du système CWC représentait environ 1 500 tonnes par heure d'alimentation brute sèche.

Pendant la période précédente, Visman avait poursuivi son intérêt dans la mise au point d'une théorie de l'échantillonnage. Cette théorie fut introduite, définissant deux composantes de la variance, et fut exprimée dans des équations générales d'utilisation pratique, applicable à l'échantillonnage incrémental: "Towards a common basis for the sampling of materials" par J. Visman (MB RR 93, 1962). Cette question fut poursuivie dans le Sous-comité de l'échantillonnage du Comité D-5 sur le charbon de l'ASTM. En 1969 fut publié dans l'ASTM Journal un article fournissant la base de normes pour l'échantillonnage mécanique et manuel du charbon: "A general sampling theory" par J. Visman (Materials Research and Standards, volume 9, pp. 8-13, 51-56, 62, 64, 66; novembre 1969). L'utilisation importante de méthodes statistiques dans ce travail analytique conduisit Visman et Jacqueline Picard à publier un ouvrage de référence utile: "Guide to engineering statistics" par J. Visman et Jacqueline Picard (MB IC 233, 1970).

Carbonisation

En 1949, environ 5 millions de tonnes de charbon furent soumises à la carbonisation au Canada; ceci représentait environ 12% de l'approvisionnement total en charbon, 41 millions de tonnes dont 22 millions de tonnes d'importations, principalement en provenance des Etats-Unis. Une quantité un peu inférieure à 2 1/2 million de tonnes de coke était produite par les aciéries ontariennes, à partir de charbon importé de mines appartenant en grande partie à cette industrie. Environ 1,3 millions de tonnes de coke étaient produites à partir de charbons canadiens, dont environ 1 million de tonnes en Nouvelle-Ecosse et au Québec, et le reste dans les provinces de l'ouest. Environ trois quarts de million de tonnes de coke étaient importées des Etats-Unis, et environ un quart de million de tonnes étaient exportées vers ce pays.

Vingt ans plus tard, en 1969, on carbonisait environ 7 millions de tonnes de charbon, représentant 25% des approvisionnements totaux de charbon, 29 millions de tonnes, dont environ 17 millions de tonnes d'importations. Environ 4 millions de tonnes de coke étaient produites par les aciéries ontariennes qui dépendaient encore de l'importation de charbon, souvent à partir de leurs propres mines aux Etats-Unis. Le taux de consommation de coke de certains hauts-fourneaux avait été réduit presque de moitié de puis 1949; par conséquent, l'augmentation de consommation de coke reflétait la forte augmentation de productivité des hauts-fourneaux des aciéries ontariennes. La production de coke à partir de charbons canadiens était d'environ 1 million de tonnes, presque

entièrement utilisées en métallurgie. En 1969, les importations de coke étaient tombées à 300 000 tonnes environ, et compensaient presque les exportations. Cette année là, il y avait déjà une exportation importante vers le Japon, 1,1 million de tonnes de charbon à coke provenant des mines de charbon à vapeur de l'Alberta et du sud-est de la Colombie-Britannique.

Il y a lieu de donner une explication du fait que la section responsable du programme de recherche et développement en carbonisation dans la Division, ait été dénommée section de carbonisation et gazification (dirigée par E.J. Burroughs de 1945 à 1963). Le terme "gazification" concernait le gaz de ville, produit de la carbonisation du charbon, avec le coke pour sous-produit. Ce gaz était fabriqué au Canada avant l'époque des années 50, où le gaz naturel devint disponible en quantité. Une étude, "Coke and Gas Industry of Canada" fut préparée pour la Commission royale d'enquête Carroll sur le charbon en 1946 (FRL Report 11 et 11a, 1945 et 1946 respectivement, par E.J. Burroughs). Le dernier document concernant le gaz fabriqué, par E.J. Burroughs, fut publié en 1953 (Canadian Mining Journal, novembre 1953). Il y eut en mai 1954 à Liège, en Belgique, un congrès international sur la gazification complète du charbon, auquel une communication fut présentée sur les limitations de la gazification au Canada en raison des développements rapides dans le domaine du gaz naturel: "Gasification of coal relative to the Canadian fuels economy" par A. Ignatieff, E.J. Burroughs et R.B. Toombs.

Comme le récit le montrera, les travaux de la section de carbonisation dans la fin des années 50 avaient pour but d'aider les anciennes compagnies de charbon, et plus tard les nouvelles, à développer un marché japonais pour éviter d'avoir à fermer leurs portes. On accordait également une grande attention à l'optimisation des applications du charbon et du coke dans l'industrie métallurgique canadienne, et on consacra un effort considérable à mettre au point des méthodes importantes pour prédire les propriétés de cokéfaction de charbons simples ou mélangés, pour carbonisation dans les fours industriels.

À la fin de la guerre, l'accent était placé sur la production de combustibles dans fumée, à partir de charbons indigènes, cokéfiabiles et non cokéfiabiles, pour faire concurrence aux combustibles sans fumée importés, particulièrement pour les marchés du chauffage domestique et institutionnel dans l'est. Sur ce point, le procédé à fluidification Disco pour la production de coke ou de charbon de bois fit l'objet d'études, non seulement pour les applications de chauffage, mais également comme supplément pour améliorer les qualités de résistance des cokes fragiles dans les applications métallurgiques. Toutefois, en moins de dix ans, les combustibles solides carbonisés sans fumée furent remplacés dans le chauffage par le gaz naturel, ce qui causa la fermeture des installations de gaz de ville et des activités correspondantes



J.C. Botham

de cokéfaction, à l'exception des Maritimes et des installations de production de coke de fonderie à Montréal.

Pour améliorer les propriétés de résistance des cokes relativement tendres produits dans les fours à coke de Sydney, une étude fut lancée en 1948 à la demande de Dosco sur le mélange du charbon de Sydney, présentant une proportion d'environ 32% d'éléments volatils, avec du charbon du comté de Pictou sur le continent, provenant de la mine Drummond, présentant une proportion de 24% d'élément volatils (FRL Report 164 par E.J. Burroughs et J.C. Botham 1952). On effectua également des essais avec du charbon de la mine Acadia de Dosco dans le comté de Pictou, qui présentait un pourcentage de 28% d'éléments volatils (FRL Report 180 par E.J. Burroughs et J.C. Botham, 1953). Les résultats préliminaires dans le four d'essais Bethlehem furent encourageants, mais le four était trop petit pour permettre des essais standards ASTM de brisement et de tambour, pour l'évaluation commerciale. Par conséquent, on prit des dispositions avec la Montreal Coke and Manufacturing Company (devenue Gaz Métropolitain Inc.) pour la carbonisation de 4 échantillons de 480 livres dans leur four Russell à paroi mobile, chauffé au gaz à l'échelle technique, à La Salle, Québec. Ces essais démontrèrent qu'un pourcentage de 25% de charbon de Drummond augmentait l'indice de brisement de 25%, et l'indice d'abrasion de 10%. On espérait qu'un taux de fret pour le transport en usine entre le continent et le Cap Breton permettrait de livrer ce charbon à un coût raisonnable, mais ce ne fut pas le cas. Plus tard, les aciéries de Sydney adoptèrent la pratique d'incorporer 30% de charbon importé des Etats-Unis à faible pourcentage d'éléments volatils.

On effectua à La Salle des tests à l'échelle technique ou à l'échelle pilote sur plusieurs charbons cokéfiabiles de l'ouest, avant l'installation d'un four à paroi mobile à chauffage électrique à la Direction des mines en 1962 (TM 51/58 par J.C. Botham et E.J. Burroughs).

Il est intéressant de noter que des essais portant sur des mélanges contenant jusqu'à 30% de charbon oxydé extrait à ciel ouvert avec des charbons souterrains indiquèrent qu'il était possible de produire un coke suffisamment ferme dans les fours Curran Knowles chauffés par la sole de la Crows Nest Pass Coal Company, Limited à Michel, Colombie-Britannique - au moins pour les hauts-fourneaux à plomb. En 1956, il y eut une plainte de Vancouver Gas Works, à l'effet que certaines des livraisons par wagon de chemins de fer semblaient contenir du charbon non-cokéifiable; Visman, en association avec Botham, effectua une enquête dans les mines à ciel ouvert et l'usine de préparation de Luscar, en Alberta. Ils prélevèrent des échantillons du charbon sur place dans la mine, et du poussier préparé dans l'usine. Cette étude, incluant une analyse statistique de la variabilité, exprimée par l'indice de gonflement libre, indiqua que la probabilité d'expédier des charbons entièrement non-cokéifiables était extrêmement faible. Ceci impliquait que l'extraction à ciel ouvert de charbon cokéifiable serait acceptable pourvu que la livraison de charbon oxydé provenant de la mine soit étalée, et que les diverses sources de charbon soient bien mélangées dans l'usine. C'était là une conclusion importante, étant donné qu'auparavant l'opinion généralement répandue était que seuls des charbons extraits de mines souterraines pouvaient servir d'alimentation pour les fours et cornues à coke: "Coking properties as indicated by Free Swelling Index of strip mine coal from Luscar Coals Limited, Luscar, Alberta" par J.C. Botham (Fuels Research Rep 229, 1956), et "The pattern of variability of swelling indices of Luscar strip coal" par J. Visman (Fuels Research Rep 229A, 1956). A l'heure actuelle, une forte proportion des charbons cokéifiables extraits dans l'ouest du Canada provient de mines à ciel ouvert.

L'évaluation du coke pour applications spécifiques a constitué une activité importante de la section de carbonisation. En 1947, l'American Foundrymen's Association (AFA) demanda à la Direction des mines et au U.S. Bureau of Mines de mettre au point une méthode pour l'évaluation du coke utilisé en cubilot dans les fonderies. La Division de métallurgie physique suggéra que la Division des combustibles mette au point une méthode indiquant la réactivité du coke de fonderie. On elabora une méthode pour mesurer la conductivité électrique du coke, indiquant le degré de graphitisation pendant la carbonisation. Les échantillons soumis par l'AFA furent examinés pendant trois ans, avec rapport des résultats à la division de métallurgie physique. On entreprit plus tard des études supplémentaires de réactivité concernant le coke utilisé dans les hauts-fourneaux.

A la demande de la Division des combustibles, N.C. MacPhee, chef de la Division de métallurgie physique, rendit visite aux producteurs de coke de l'ouest du Canada et leur expliqua le point de vue des fondeurs sur les normes de taille et de qualité du charbon destiné au coke de fonderie. En 1954, une étude

en coopération fut lancée avec l'U.S. Bureau of Mines; dans cette étude, on carbonisa des charbons provenant de trois installations canadiennes de cokéfaction, dans la cornue expérimentale USBM-AGA (American Gas Association), ainsi que dans le four Bethlehem de la Division des combustibles: "Sampling of coal and coke for FRL--USBM cooperative program re correlation of physical quality of coke of BM-AGA test with commercial coke" par E. Swartzman et E.J. Burrough (TM 17/56). Les propriétés de ces charbons produits en laboratoire furent comparées à celles des coques produits à partir des mêmes charbons dans les fours industriels mentionnés. Les résultats furent publiés par le U.S. Bureau of Mines.

En 1952, H.P. Hudson, qui faisait alors partie du projet de McGill sur les turbines à gaz chauffées au charbon, eut l'idée d'employer une unité de combustion à cyclone modifiée comme unité de fusion à deux chambres pour des minerais de fer de taille appropriée à la réduction directe à haute température, au moyen de fines de charbon. Les essais de laboratoire se révélèrent prometteurs, et le travail de recherche et développement se poursuivit sur le four à combustion cyclonique à sa sortie de McGill, lorsqu'il fut converti en une unité à deux chambres - une chambre de combustion produisant uniquement de la chaleur et une chambre de réduction avec une capacité de charge d'environ une tonne par heure. Deux rapports d'avancement furent préparés sur ce procédé, qui fit l'objet d'un brevet, et finalement remis à la Société canadienne des brevets et d'exploitation Ltée: rapports TM 27/57 par H.P. Hudson et IR FMP 60/200 par J.H. Walsh et H.P. Hudson. En relation avec le procédé de réduction cyclonique du minerai de fer, on effectua des recherches sur la réduction à haute température des minerais de fer (Mineral Dressing and Process Metallurgy Report, 1958 par J.H. Walsh et H.P. Hudson). En raison de la substitution dans l'est du Canada du gaz naturel au gaz de ville, avec production correspondante de coke, et pour encourager la croissance de l'industrie des fonderies dans l'ouest, Hudson proposa un cubilot cyclonique au charbon, qui fit l'objet d'un brevet (TM 3/57).

Vers le milieu des années 50, il était évident que l'industrie canadienne du charbon ne pourrait survivre que par une utilisation du charbon en vrac dans la combustion et les applications métallurgiques. En 1956, un mémorandum (TM 61/56) fut adressé au directeur, avec la proposition d'établir un groupe de travail de la Direction sur la fusion, avec mention particulière de l'utilisation thermique du charbon canadien dans les procédés de métallurgie thermique; cette proposition fut approuvée. A cette époque, les normes de combustible étaient dans bien des cas établies par une pratique de longue date, mais on voyait se produire des changements dans les techniques de fusion. Par conséquent, il fut considéré approprié de produire des informations sur les rôles spécifiques des composantes énergétiques et de réduction dans les

applications métallurgiques, comme on l'avait fait pendant de nombreuses années pour la combustion des combustibles dans les applications calorifiques et énergétiques. La proposition était de travailler en coopération avec la Division de préparation des minéraux et de métallurgie des procédés, comme agents principaux pour des projets de recherche et développement comme le cyclone à réduction directe. Le Docteur Walsh, qui était entré dans cette Division en 1957, fut nommé au groupe de travail, avec Botham et Hudson de la Division des combustibles.

Cette mesure inaugura une période de recherche et développement intense, avec des études technico-économiques effectuées par un groupe restreint mais dévoué. Un groupe de liaison fut formé en 1957 entre le comité de recherche sur le charbon de la Division du charbon et le comité du fer et de l'acier de la Division de la métallurgie, au CIM. Walsh, Botham et Hudson présentèrent à l'assemblée générale annuelle de l'institut, à Ottawa en 1957, une communication examinant les possibilités d'utilisation du charbon dans l'industrie métallurgique canadienne (Trans CIM, Vol. 61, pp 57-64, 1958). Une communication parallèle, "Fuels in the Canadian non-ferrous metals industry", fut présentée par J.C. Botham, J.H. Walsh et R.M. Ennis à l'assemblée générale annuelle du CIM à Toronto, en avril 1960 (CIM Bull, vol. 54, pp 466-471, juin 1961).

En 1959, Walsh fut transféré à la Division des combustibles et de la pratique minière (nouveau nom établi dans la réorganisation de la Direction des mines cette année là) comme métallurgiste conseil et conseiller du directeur sur la métallurgie des précédés primaires. Etant donné ses capacités d'innovation, on forma en 1964 un petit groupe de recherche nommé Génie des combustibles métallurgiques, mais il poursuivit également son rôle de conseiller et sa liaison étroite avec la section de carbonisation.

En 1959, la production de charbon au Canada était tombée à environ 55% du volume de 1949. Une Commission royale d'enquête fédérale fut nommée cette année-là, avec pour commissaire l'honorable I.C. Rand et pour secrétaire W. Keith Buck, chef de la Division des ressources minérales. Le mandat essentiel de la commission était d'évaluer les marchés actuels et futurs du charbon canadien, et les mesures qu'il était possible de prendre pour réduire le coût de production, de manière à assurer la viabilité économique de l'industrie. La Division prépara six études pour la commission, sur des sujets allant de l'extraction jusqu'à l'utilisation et aux travaux de recherche et développement effectués. L'enquête portait sur tout le Canada, mais l'accent fut mis sur les opérations de Dosco, qui faisait face à une augmentation des coûts, malgré la mécanisation des mines. Pour l'aspect minier proprement dit, on demanda les conseils experts de W. Shepherd du National Coal Board, qui fut aidé dans ses études par Alec Brown, chef de la section minière de la Division. Sept rapports furent préparés pour la commis-

sion par D.S. Montgomery, A. Brown, C.E. Baltzer, E.R. Mitchell, T.E. Tibbetts et A. Ignatieff. La recommandation 14 de la commission confirma l'orientation prise par la Direction des mines dans la poursuite de travaux de recherche et développement destinés à étendre l'utilisation du charbon en vrac dans la combustion et la métallurgie. On recommandait un financement supplémentaire pour les travaux.

Pour donner suite aux recommandations de la commission, le groupe d'étude régional des Maritimes (MRSG) fut formé en 1960, avec participation de la Division des ressources minérales, et avec Walsh comme secrétaire. Six rapports (MRSG 1, et 3 à 7 inclusive) furent préparés par Walsh et Botham en 1961-62; ils portaient principalement sur les problèmes de Dosco dans les domaines de la métallurgie et des combustibles. Ces rapports comportaient des études sur la substitution de 25 à 30% de charbon à faible teneur en volatils provenant des Etats-Unis dans l'alimentation des fours de coke résultant et évaluer les propriétés de détérioration des charbons américains au cours de l'entreposage. Avec la formation de l'Atlantic Development Board, l'activité de ce groupe se transforma en une activité de consultation, principalement par l'intermédiaire de Walsh, auprès du conseiller technique de l'Atlantic Development Board, le Docteur J.C. Monture.

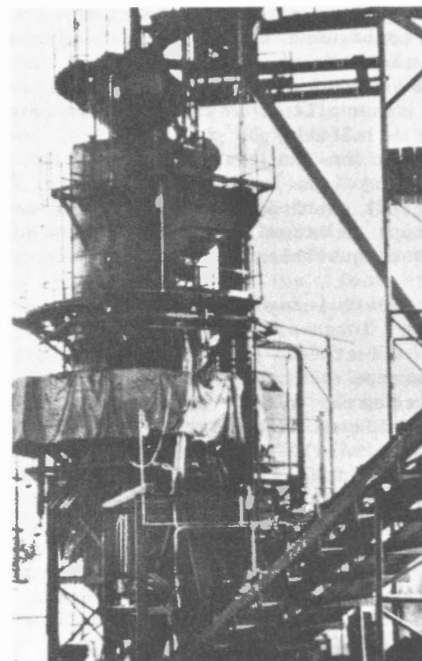
Etant donné la proportion importante d'importation de goudrons de charbon nécessaires au Canada central, le Docteur W.R. Horn, anciennement de la compagnie Domtar, fut engagé comme conseiller pour effectuer un recensement des usines, y compris Dosco. Il prépara un rapport "Present position and future prospects of the coal tar industry" par W.R. Horn (IR FMP 63/142). Un projet de recherche sur les applications apparentées en carbonisation avait été exécuté plus tôt par Montgomery et Frances Goodspeed vers la fin des années 50, dans le contexte du programme de recherche sur les substances bitumineuses. Le projet était dû en partie aux difficultés éprouvées par les fournisseurs canadiens de brai à satisfaire aux exigences pour le brai d'électrode. On fit usage de la spectroscopie par absorption infrarouge pour déterminer les caractéristiques structurales responsables de la résistance en compression de l'électrode, en association avec divers liants. On utilisa tant des brais de charbon que des brais de pétrole. On publia deux rapports internes: "The correlation of the infrared absorption spectra of coal tar and petroleum pitches with the electrode compressive strength" par F.E. Goodspeed et D.S. Montgomery (FRP Rep 213, 1956), et "Infrared spectroscopy as a means of evaluating pitches for use as binders in the preparation of electrodes for the aluminum industry" par les mêmes auteurs (FRL Rep 262, 1957). Au titre de cette recherche, Montgomery et Goodspeed obtinrent le prix de Bituminous Coal Research, Inc. des Etats-Unis pour 1957.

Un groupe d'étude sur le charbon de la région de

l'ouest fut formé en 1961 pour fournir des renseignements à un groupe de producteurs de charbon de qualité supérieure en Alberta et en Colombie-Britannique, ainsi qu'à des groupes d'intérêt du gouvernement, des transports, des ports et du travail. Ce groupe fut coordonné par W.C. Whittaker, administrateur de la Coal Operators' Association of Western Canada et membre du Dominion Coal Board. Botham effectua un recensement préliminaire des marchés actuels et futurs pour le charbon métallurgique dans l'ouest des Etats-Unis (IR FMP 61/98), et ce rapport fut suivi d'une étude conjointe par Botham et R.B. Elver de la Division des ressources minérales: "Coal and other carbon form requirement for the production of elemental phosphorus in the western United States" (IR FMP 61/156, 1961). Un rapport d'ensemble final fut publié sous le titre "Markets for metallurgical coal and coke in western United States and Western Canada" par T.H. Janes, J.C. Botham, R.B. Elver et J.H. Walsh (MB IR 61/131). Un rapport parallèle fut publié sur les procédés pyrométallurgiques: "The use of coal in pyrometallurgical processes in western areas of Canada and the United States" par J.C. Botham, J.H. Walsh, R.R. Elver et T.H. Janes (IR FMP 62/84). Pendant cette période de travail en coopération avec la Division des ressources minérales, une étude fut publiée dans la série Mineral Resources, sur le choix de sites pour les aciéries: "Technical and economic factors in the choice of steel plant location" par R.B. Elver, T.H. Janes et J.H. Walsh (Min Information Bull MR 66, 1963).

Etant donné les distances importantes des marchés du charbon de l'ouest, et au vu de l'important programme de recherche sur le transport par pipeline au Conseil de recherche de l'Alberta, et des développements effectués dans d'autres pays, on établit dans la Division en 1962 un groupe de travail sur le mouvement des solides (Working Party of the Movement of Solids, WPMS) dans le but d'évaluer la faisabilité technique et économique de diverses méthodes de transport. Dix rapports fut publiés de 1962 à 1964 par Brown, Charbonnier (auteur du plus grand nombre), Mitchell et Walsh. Le transport par pipeline depuis les centres de production de charbon cokéifiable vers la côte ouest fit encore l'objet d'études à la fin des années 60 et au début des années 70.

En dehors de ces études, on poursuivit vigoureusement les travaux de recherche et développement pour aider l'industrie du charbon de l'ouest à développer des marchés pour les applications métallurgiques. Comme on le notera plus tard, les grandes compagnies charbonnières, comme Crows Nest Pass, Coleman et West Canadian possédaient de grandes réserves de charbon cokéifiable, surtout du type à teneur moyenne en volatils. Ils étaient donc en mesure de tirer parti d'opportunités d'exportation de leur charbon vers le Japon. Par contre, les mines produisant des charbons non cokéifiables, soit de qualité supérieure comme Canmore, soit des charbons sous-bitumineux à haute teneur en éléments volatils comme Lethbridge,



Fourneau à puits vertical mis au point en coopération avec Canmore Mines Limited

ne pouvaient pas s'adresser aux marchés conventionnels du coke. Canmore, avec son charbon situé dans la gamme des faibles teneurs en volatils à semi-anthracite, avait approvisionné le marché ferroviaire, et fut la première compagnie à développer un petit marché auprès d'une compagnie de gaz de Tokyo, grâce aux efforts de W.A. Wilson, Manager général à partir de 1953. Lethbridge, par contre, ne pouvait aspirer qu'à la préparation de produit carbonisé pour un marché canadien.

Un programme conjoint fut exécuté avec Canmore, premièrement sous forme d'essais à petite échelle dans un four vertical construit à la Direction des mines dans lesquels on carbonisait des briquettes de mélanges de charbon Canmore pour produire du coke "en forme". Ceci fut suivi d'un plus gros four expérimental, construit par Canmore, avec une capacité de deux tonnes par heure. Finalement, on mit en service en 1963 une installation d'une capacité de 30,000 tonnes par an, avec récupération du brai brut et du gaz excédentaire; on commença à exporter vers les Etats-Unis pour le marché du phosphore. Les travaux effectués à Ottawa firent l'objet d'un rapport en 1959: "Carbonization of Canmore (Alta) coal briquets in a vertical shaft furnace" par H.R. Hudson et J.H. Walsh (TM 84/59). Un brevet canadien conjoint fut octroyé en 1964, sous le titre "Method of treating coal" au nom de H.P. Hudson, W.R. Riva (Canmore) et J.H. Walsh. En 1965, on cons-

truisit à la Direction des mines un four vertical de 3 1/2 pieds de diamètre et 14 pieds haut; deux compagnies d'aciérie manifestèrent leur intérêt et prêtèrent leur assistance. L'objectif était de mesurer nombreuses variables de procédé permettant de d'améliorer le coke produit selon les normes exigées pour les hauts-fourneaux sidérurgiques; ces questions n'avaient pu être étudiées complètement, en raison des limitations de temps dans les travaux effectués pour Canmore. La méthode de production de briquettes, plus coûteuse, fut remplacée par la production de boulettes, et plus tard par l'extrusion, faisant usage de liant comportant 1% de goudron dérivé du procédé et 1% de bentonite. L'extrusion offrait des possibilités de production d'agglomérés de charbon et fer présentant des sections variables; une section cruciforme assurait une forte superficie et une faible densité en vrac. On effectua des extrusions portant sur divers mélanges de minerais de fer et charbon, y compris un fort tonnage d'ilménite. Des recherches ultérieures indiquèrent qu'il était possible d'effectuer la fusion des agglomérés de minerais de fer et coke dans une installation de four électrique "à bain ouvert", avec réduction très rapide du minéral en contact étroit avec le coke. En conséquence, un brevet fut octroyé au Canada et aux Etats-Unis, sous le titre "Reduction in coke-combustion in slag-iron process" par J.H. Walsh, H.P. Hudson, J.C. Botham et J.E. Landon (1958-1970).

Dans le cas de Lethbridge Collieries, filiale du Canadien Pacifique, il y avait un marché de produits carbonisés aux fours électriques à fonte de Cominco à Trail, au cas où le produit serait satisfaisant. Hudson, aidé par Landon, qui fut transféré en 1961 de la Division des services techniques, effectua des essais en 1963 dans le four rotatif à Calgary, et dans le petit réacteur à puits vertical d'Ottawa (IR FMP 63/160). Lorsque la situation devint urgente à la mine, en raison de la perte des marchés, l'administrateur, R.D. Livingstone, prit une décision en faveur d'un carboniseur à foyer rotatif Wise Salem, qui venait d'être mis sur le marché, après des consultations et des visites de Botham à la Wise Coal Company à Dorchester, West Virginia. Il s'agissait d'un des partenaires dans la mise au point en 1961 du four Wise Salem, en coopération avec la Salem Brosius Company de Pennsylvanie. Ce four combinait le principe de la ruche avec un foyer rotatif utilisé dans le grillage ou le frittage des minerais métalliques.

En 1964, M.A. Malek se joignit à Walsh, lui permettant de lancer un programme de recherche sur l'amélioration du volume de traitement des fours à coke conventionnels à fente verticale, par traitement thermique du charbon d'alimentation. La méthode choisie pour l'étude fut la méthode de contact solide avec "lit à jet" inventée auparavant par le Docteur P.E. Gishler du CNR. On obtint rapidement, pour des études au moyen du four à paroi mobile de la Direction qui avait été installé en 1962, des données utiles sur les propriétés d'expansion de deux charbons à faible teneur en



B. Whalley

éléments volatils et d'un charbon à teneur moyenne. On nota une expansion maximum jusqu'à 150°C, qui baissait ensuite jusqu'à une température de pré-chauffage de 200° C, puis restait sans changement jusqu'à 300° C, température maximum étudiée. Ceci suggérait une température de pré-chauffage minimum de 200° C. On étudia également un deuxième facteur, la densité en vrac. On nota que le pré-chauffage du charbon réduisait la densité en vrac dans toute la gamme de température étudiée. L'addition d'humidité réduisait la densité en vrac, alors que l'addition d'huile chaude au lit à jet augmentait la densité en vrac. Une étude apparentée fut effectuée sur le transfert de chaleur dans les charbons froids et pré-chauffés de diverses densités en vrac. Le résultat de cette recherche fut présenté à l'International Conference on Coke in the Iron and Steel Industry, en l'honneur du 300ième anniversaire de Charleroi en Belgique, en septembre 1966; le titre de la communication était: "The treatment of coal for coking by the 'spouted bed' process" par M.A. Malek et J.H. Walsh. Malek mourut prématurément dans un accident de voiture en 1966. Le Docteur B.H.P. Whalley fut transféré cette année-là de la Division de métallurgie extractive.

A la demande du Dominion Coal Board, et avec son appui financier, Walsh et Whalley entreprirent en 1966 un projet de recherche destiné à réduire au minimum la concentration de soufre pyritique dans les charbons du Cap Breton. Utilisant un liquide dense dans leur centrifuge comme méthode de séparation, ils déterminèrent la proportion de soufre pour diverses gammes de taille, et établirent qu'il serait nécessaire de broyer le charbon à un calibre inférieur à la maille 100 pour obtenir des concentrations inférieures à 1% de soufre. Etant donné que le charbon broyé fin n'est pas acceptable comme alimentation pour la carbonisation, il était nécessaire d'ajouter une étape d'agglomération. Une exigence supplémentaire était l'extraction d'eau du charbon fin, étant donné que l'on devait utiliser un broyage humide. Ainsi, on effectua une étude supplémentaire sur l'extraction d'eau des fines de charbon par centrifugation avec un goudron léger de four à coke. Entre temps, le CNR avait mis au point une approche semblable pour séparation des roches et du charbon dans les charbons de l'ouest à haute teneur en sable, faisant usage des propriétés hydrophobiques du charbon.

Leur technique fut utilisée avec les ajustements appropriés pour les charbons du Cap Breton. Participèrent à ce projet, en plus du chef, Walsh, les employés suivants: Visman, Whalley et S.M. Ahmed, qui était entré dans le groupe en 1968. Un rapport préliminaire fut présenté à l'assemblée générale annuelle du CIM à Vancouver en 1968: "Study of pyrite removal from Cape Breton coals destined for use in metallurgical processes" par B.J.P. Whalley, S.M. Ahmed et J.H. Walsh. Un rapport semblable par J.H. Walsh, J. Visman, B.J.P. Whalley et S.M. Ahmed fut publié dans le compte-rendu du 9th Commonwealth Mining and Metallurgical Congress, Londres, 1969 (vol. 3, pp 143-177).

On proposa ensuite un procédé continu consistant en une agglomération dans un milieu agité composé d'eau chaude et goudron de four à coke, produisant la séparation des particules de charbon enrobées d'huile et des particules hydrophiles; ensuite les agglomérés étaient séchés, pré-chauffés à une température ne dépassant pas 350° C, puis envoyés comme alimentation au four à fente. Des brevets furent émis pour ce procédé, sous le titre "Use of spherical agglomeration in the production of coke", aux Etats-Unis, au Royaume-Uni et au Canada, aux noms de Walsh, Whalley, Botham et Ahmed.

En rapport avec les préoccupations du Dominion Coal Board concernant les grosses réserves de charbon nécessaires dans les mines et dans les ports pour l'exportation, D.S. Montgomery et son groupe de recherche sur les substances bitumineuses effectuèrent deux projets sur l'oxydation des charbons. On mesurait la perte du potentiel de cokéfaction, comme indicateur d'oxydation dans un charbon cokéifiable, d'ordinaire en déterminant des propriétés physiques comme la dilatation ou la plasticité. Montgomery, avec B.S. Ignasiak (PDF CNR) et B.N. Nandi, mit au point une méthode chimique plus efficace, dans laquelle on chauffait le charbon à 350° C, pour analyser les gaz et détecter les proportions d'oxyde de carbone et de gaz carbonique. Les résultats furent comparés avec les données de dilatation: "Comparison of dilatation and the chromatographic analysis of the pyrolysis gases as methods for studying coal weathering" par B.S. Ignasiak, B.N. Nandi et D.S. Montgomery (Trans CIM, vol. 73, pp. 70-74, 1970). Dans un autre projet, on étudia la réaction de l'oxygène avec le charbon, et on découvrit que la cause principale de perte de cokéfiabilité était due à la formation de groupes hydroxyle phénoliques, qui subissent une polymérisation à une température immédiatement inférieure au point normal de fusion du charbon: "Oxidation studies on coking coal related to weathering: (1) Chromatographic analyses of pyrolysis gases as a method for studying coal weathering" par B.S. Ignasiak, B.N. Nandi et D.S. Montgomery [Fuel - the science of fuel and energy (U.K.) vol. 49, pp. 214-221, avril 1970].

Pendant la période en cours d'examen, Walsh eut un rôle actif de conseiller du directeur pour les questions générales de métallurgie des procédés, ainsi

que pour des projets comme l'établissement du Canadian Metallurgical Quarterly en 1962. Ceci eu lieu sous les auspices de la Metallurgical Society, nouvellement formée au Canadian Institute of Mining and Metallurgy, et de la Direction des mines, qui financèrent pendant plusieurs années la publication de ce périodique scientifique. La réussite du lancement de ce projet, et sa surveillance ultérieure consommèrent une partie importante de son temps.

Par des études et des visites, Walsh se tenait au courant de développements dans le monde entier concernant le traitement métallurgique primaire des minerais ferreux et non-ferreux. Il s'intéressait particulièrement à la réduction directe du minerai de fer et aux possibilités de production continue d'acier: "The present place of direct reduction processes in the iron ore and steel industries" par J.H. Walsh, présenté à la section d'Hamilton du CIM, février 1964 (IR FMP 64/85). Il conçut un intérêt croissant pour l'aspect énergétique de la fabrication du fer et de l'acier, prenant conscience des énormes besoins et pertes d'énergie dans le traitement interrompu du fer et de l'acier menant aux produits finis. C'est ainsi qu'il participa à la rédaction, avec F.G. Pierce de la Steel Company of Canada Limited, d'un article intitulé "Energy requirements of the Canadian steel industry" (Proceedings of Sectional Meeting of the World Power Conference, Section IV A - Industry, vol. V, pp 2370-79, Lausanne, septembre 1964). Il conçut un procédé permettant la production directe de l'acier à partir des minerais de fer, utilisant les gaz d'échappement, alors en grande partie perdus, provenant d'un convertisseur d'acier à l'oxygène, pour la réduction du minerai de fer, par injection d'hydrocarbures comme le gaz naturel et le gaz naphtha dans les gaz d'échappement. Cette injection cause un refroidissement des gaz, tout en réalisant la dissociation des hydrocarbures injectés pour former un mélange gazeux réducteur riche d'oxyde de carbone et d'hydrogène qui passe à travers un lit de minerai de fer pour produire une alimentation réduite et pré-chauffée pour le convertisseur à oxygène. Cette invention fit l'objet d'un brevet au Canada et aux Etats-Unis, sous le titre "Process for utilizing hydrocarbon injection into hot reducing gases in iron ore steel making" par J.H. Walsh. L'intérêt de Walsh pour l'économie d'énergie dans le domaine industriel se maintient à l'heure actuelle.

Le développement le plus intensif du programme de carbonisation se produisit pendant la période 1957-1965. Un tour d'horizon de cette période suggère qu'elle commença par l'initiative prise par une compagnie sidérurgique intégrée canadienne pour des consultations sur la pétrographie des charbons cokéfiabiles, suivie de l'acceptation par l'industrie sidérurgique japonaise des charbons occidentaux comme charbons de mélange. Ceci eut pour effet l'établissement d'installations complètes d'évaluation à l'échelle du laboratoire et à l'échelle technique, qui étaient intéressantes non seulement pour les aciéries japonaises, mais

également pour les aciéries canadiennes. L'étape finale fut la formation de la Canadian Carbonization Research Association en 1965.

La Steel Company of Canada fut la première compagnie intégrée d'aciérie à consulter la division sur la pétrographie du charbon, dans le but de faciliter la sélection des mélanges de charbon pour la cokéfaction; il y eut une rencontre de Swartzman et des responsables de Stelco en mars 1957 (TM 23/57). Swartzman, qui avait lancé des applications préliminaires de la pétrographie dans ses études de préparation du charbon dès 1946, avait auparavant rendu visite à U.S. Steel Corporation, qui avait déployé les premiers efforts industriels d'application de la pétrographie en carbonisation (TM 16/57). Dans l'ouest du Canada, les anciens producteurs de charbon à vapeur pour les compagnies ferroviaires entreprirent dans le milieu des années 50 des négociations avec l'industrie japonaise de l'acier, par l'intermédiaire de compagnies japonaises d'importation; les aciéries japonaises avaient déjà commencé des importations majeures de charbon de haute qualité à faible teneur en volatils des Etats-Unis, qu'elles mélangeaient avec leur propre charbon à teneur plus forte en substances volatiles. En 1958, les exploitants de charbon de l'ouest du Canada prirent la décision d'envoyer une délégation représentant les principales mines canadiennes, avec W.C. Whittaker, directeur exécutif de la Coal Operators Association et membre du Dominion Coal Board. Il demandèrent qu'E.J. Burroughs accompagne la mission comme conseiller technique. Cette mission consacra un mois aux visites et négociations: "Technical report for Canadian Coal Mission to Japan, October 28 to November 22, 1958" par E.J. Burroughs (TM 27/59). Il s'avéra que les japonais étaient prêts à importer divers charbons pour diversifier leurs sources d'approvisionnement. A la suite de cette visite, on obtint, avec l'aide du Dominion Coal Board, des échantillons de charbons japonais, américains et australiens.

On exécuta à l'échelle technique, dans le four Russell de la Salle, un programme complet utilisant divers mélanges de charbon de l'ouest canadien avec des échantillons des pays mentionnés ci-dessus. A partir de ces études, la Coal Operators Association demanda à la Direction des mines, par l'intermédiaire du Dominion Coal Board, une deuxième mission au Japon. Whittaker dirigea cette mission, qui comportait Botham et Walsh comme experts techniques. Le point central de cette mission concernait des questions techniques, et non commerciales: "Report of the Technical Coal Mission to Japan, January 19 to February 10, 1960" par J.C. Botham et J.H. Walsh (IR FMP 60/104). A la suite de cette visite, les japonais passèrent des contrats portant sur 420 000 tonnes de charbon cokéifiable provenant de la Crows Nest Pass Coal Company Limited, en supplément au contrat précédent de 100 000 tonnes longues de semi-anthracite de Canmore Mines, passé par une compagnie de gaz de Tokyo. Il y a lieu de citer l'allocation d'ouverture de l'honorable J. Watson McNaught, président du Dominion Coal Board, à la 19ième conférence

Dominion-Provinces sur le charbon à Régina en 1967: "Cette visite était peut-être la plus utile de celles effectuées au cours des dix années passées par des experts techniques canadiens dans un pays étranger. Je pense que l'on peut considérer cette visite et les expériences qui l'ont précédée à Ottawa comme un point tournant dans les efforts pour faire accepter notre charbon. Les japonais ont fait connaître sans l'ombre d'un doute qu'ils en étaient très satisfaits, ainsi que de l'occasion offerte pour des discussions techniques directes. Ils ont déclaré à M. Whittaker qu'aucune autre nation vendeuse de charbon n'avait pris la peine de leur envoyer en visite deux personnes aussi compétentes que le Docteur Walsh et J.C. Botham".

Le prix offert aux producteurs canadiens était inférieur à celui offert pour le charbon à faible teneur en volatils des producteurs américains, essentiellement parce que la plupart des charbons canadiens sont de teneur moyenne en volatils, c'est-à-dire présentent une proportion plus faible de charbon fixé, et qu'une faible proportion de charbon tombe dans la catégorie des faibles teneurs en produits volatils. De plus, les charbons canadiens présentaient en général une plus forte proportion de cendre et de fines que les charbons offerts par les Etats-Unis et l'Australie.

Les tests se poursuivirent deux ans de plus dans le four Russell à paroi mobile de La Salle. A titre d'exemple des travaux effectués, notons le développement par Canmore de certaines de ses veines de charbon cokéifiable à faible teneur en volatils dans les niveaux supérieurs de la colonne stratigraphique. Des mélanges de la veine Canmore Stewart et de charbons américains à haute teneur en volatils furent carbonisés dans le four La Salle, avec évaluation des coques produits (IR FMP 60/212 par J.C. Botham). Une autre étude résulta de la visite à la Direction des mines en juin 1961 d'un groupe technique japonais qui demanda l'étude à l'échelle technique d'échantillons de charbon Greenhill No. 1 de West Canadian Collieries (IR FMP 61/132 par E.J. Burroughs et J.C. Botham).

On voyait également se développer l'intérêt porté au potentiel des charbons canadiens par certaines des compagnies d'aciérie intégrées de l'Ontario. En 1961, la Algoma Corporation demanda une étude sur un mélange des charbons à haute et faible teneur en volatils, que la compagnie importait de ses propres mines aux Etats-Unis, avec des charbons à teneur moyenne en volatils de la région de Crows Nest, les essais devant être effectué dans son propre four d'essai à Sault Ste-Marie (IR FMP 61/11 par Botham et Burroughs). La même année, Stelco demanda de nouveau à la Direction une évaluation d'un nouveau charbon à faible teneur en soufre que la compagnie pourrait substituer à un charbon à haute teneur en soufre. Cette demande se rapportait à l'utilisation d'une alimentation en boulettes plus riches pour le haut-fourneau, dont le laitier, en volume réduit, pourrait ne pas suffire à extraire tout le soufre du métal chaud. On effectua des tests



La missions technique sur le charbon en visite à Yawata Iron and Steel Company Limited, au Japon. Les canadiens au premier rang, de gauche à droite: J.C. Botham, J.H Walsh, agent des Affaires Extérieures, et W.C. Whittaker.

préliminaires dans le four à chauffage par la sole, ainsi que d'autres tests physiques et chimiques, dont un examen pétrographique par le Docteur P.A. Haquebard de la Commission géologique (IR FMP 61/180 par Botham et Burrough). Cette étude constitua le début d'une longue relation avec le groupe de recherche de Stelco, dans les personnes de F.J. Pierce et H.N. Paulencu. Une série de charbons fit l'objet d'évaluations pour la compagnie, à la suite de l'installation du four à l'échelle technique à paroi mobile sur la rue Booth, et la compagnie apporta sa contribution sous forme des services de Paulencu et d'un technicien, pour aider dans l'opération du four.

W.C. Whittaker adressa en avril 1960 une lettre au ministre Paul Comtois, et le Dominion Coal Board donna son appui complet à une résolution du même mois, demandant l'établissement d'une installation de carbonisation à l'échelle technique sur la rue Booth. Un bâtiment Butler fut acheté et érigé dans l'espace entre 554 et 562 rue Booth. Le groupe d'Hudson, rebaptisé "section de construction et d'équipement", assura l'installation du four, avec ses équipements auxi-

liaires y compris les installations électriques, dont la plus grande part fut fabriquée par la Division des services techniques. Le four à paroi mobile à fente de 12 pouces était une version modifiée, conçue par Eastern Gas and Fuel Associates des Etats-Unis. Il comportait un chauffage uniforme électrique, l'énergie étant fournie par un système de 75 KVA. La charge de charbon était de 500 livres et le cycle de cokéfaction d'environ 8 heures. L'installation fut achevée en février 1962, et la première charge fut carbonisée en avril de la même année. R.C. Guénette, qui était entré à la Division en 1950 et était affecté à la section d'hydrogénation, fut transféré à la section de carbonisation. Il effectua tout le travail de briquelage associé à la construction du four, et fut le premier opérateur du four. C.H. Claude, qui faisait partie du Laboratoire analytique du charbon depuis 1929, fut également transféré pour effectuer des études de laboratoire sur la rhéologie du charbon appliquée à la carbonisation, et devint un spécialiste en plasto-métrie. On modernisa les équipements de laboratoire destinés à l'évaluation des propriétés des cokes provenant du four et d'autres sources, avec des

installations destinées à l'exécution de tests non seulement selon les normes ASTM mais également selon les normes japonaises.

Ed Burrough prit sa retraite en 1963, après 36 ans de service à la Direction des mines. Il avait été blessé pendant la première guerre mondiale, et était arrivé au Canada en 1923; il avait travaillé à la compagnie Hamilton By-Product Coke Ovens Limited avant d'entrer à la Division des combustibles en 1927. C'était le premier membre du personnel de la Direction des mines à posséder une expérience dans le domaine de la carbonisation industrielle.

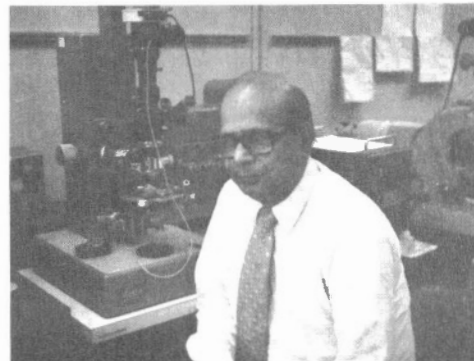
Il y eut des progrès importants dans l'utilisation analytique de la pétrographie du charbon et du coke pour le diagnostic et le pronostic, ainsi que dans l'examen microscopique des charbons cokéfiabiles et des cokes; ces progrès furent dû aux travaux de L. Shapiro et des ses associés à la U.S. Steel Corp., qui rapportèrent au début des années 60 qu'il était possible d'établir une corrélation entre les données quantitatives de réflexivité des composantes réactives des charbons cokéfiabiles et la résistance ou le facteur de stabilité. Ces travaux furent adaptés et poursuivis par Bituminous Coal Research Inc., et D.S. Montgomery réussit à arranger avec cette compagnie un séjour étendu de Nandi, qui étudia les plus récentes techniques pétrographiques. Nandi, qui était un Fellow post doctoral du Centre national de recherches auprès de la Direction des mines au cours des années 50, revint à la Division des combustibles et de la pratique minière en 1963, après une période de recherche à la compagnie Domtar. En tant que spécialiste du charbon, il entra dans le groupe de recherche du Docteur Montgomery sur les substances bitumineuses, acquérant une expertise dans les méthodes pétrographiques et l'interprétation dans le contexte de la chimie complexe des combustibles fossiles. Nandi était capable d'interpréter le comportement des constituants pétrologiques du charbon, non seulement dans le processus de carbonisation mais également dans les processus de combustion et plus tard dans les processus complexes comme l'hydrocraquage du bitume. Les charbons indiens ressemblent quelque peu aux charbons cokéfiabiles de l'ouest du Canada, par leurs cendres et leurs particules inertes finement disséminées, par contraste avec les charbons américains des Appalaches; on effectua donc une étude des charbons indiens, tirant profit de la présence de N.N. Chatterjee, Fellow du plan de Colombo. On découvrit qu'il y aurait lieu d'effectuer certaines modifications de la méthode de calcul du facteur de stabilité: "Petrographic studies of some Indian coals used for the production of metallurgical coke" par N.N. Chatterjee, B.N. Nandi et D.S. Montgomery (CIM Bull, pp. 615-625, mai 1966). Au cours de plusieurs années, Nandi et des pétrographes contemporains de divers pays ont élaboré des raffinements considérables, ce qui a contribué à augmenter la valeur de la pétrographie du charbon et du coke comme instrument d'analyse pour la production et le diagnostic. Certaines des compagnies charbonnières



R. Guénette décharge un four à paroi mobile de 12 pouces installé rue Booth (plus tard déménagé au complexe de Bells Corners) (Photo - George Hunter)



C.H. Glaude

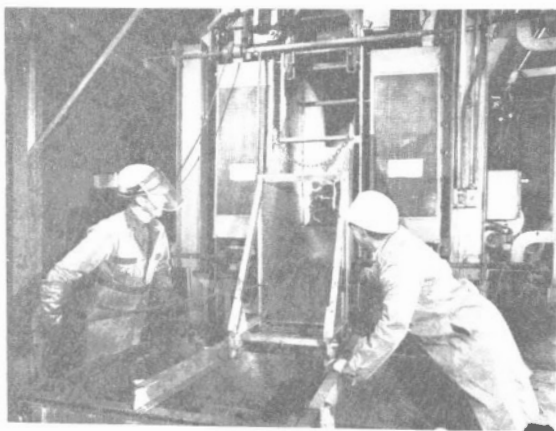


B.N. Nandi au Laboratoire de pétrographie

plus récentes font maintenant usage de la pétrographie, et ont demandé à Montgomery et Nandi d'assurer la formation de leurs analystes.

L'évaluation des charbons cokéfiabiles récemment mis en valeur par les anciennes compagnies se poursuit dans la période 1963-1967; notons par exemple la veine Stewart de Canmore, Vicary Creek de Coleman Collieries et Balmer de Crows Nest Industries ainsi que les charbons américains de Stelco, Algoma et Dofasco. Le four de 12 pouces fonctionna jusqu'en 1972 sur la rue Booth, et on effectua pendant cette période la carbonisation d'environ 1000 charges. Au cours des années 70, on construisit un four de 18 pouces ainsi qu'un nouveau four de 12 pouces, qui furent mis en service à Bells Corners. La société Algoma fit don d'un four de type Kopper chauffé au gaz, qui fut installé au Laboratoire de recherche de l'ouest à Edmonton, avec un type Carbolite britannique, réglable jusqu'à 18 pouces, pour permettre de mieux servir l'industrie charbonnière de l'ouest.

En 1963, Crows Nest Industries construisit trois fours Mitchell à lit horizontal et à combustion interne, version moderne du four à ruche, pour évaluer le coke destiné au marché de la fonderie. Il s'agissait d'une époque où les prix du goudron et des huiles étaient en baisse. Un certain nombre de producteurs des Etats-Unis s'étaient orientés vers des fours sans récupération, qui permettaient de produire un supplément de coke à bon marché pour les fonderies ou même pour les hauts fourneaux. Crows Nest Industries demanda les services de Botham, avec paiement de frais de voyage, pour évaluer le four Illawarra en Australie, qui ressemblait quelque peu au four Mitchell, comportait un système de chauffage à deux directions, et



Z. Tazbir et D.K. Kelly déchargeant le coke du four de 18 pouces dans un wagonnet de refroidissement (Photo - George Hunter)

fonctionnait à température élevée, (jusqu'à 1500°C) avec un lit épais: "Technical aspects in the manufacture of foundry coke with special reference to non-recovery ovens in Australia" par J.C. Botham (IR FMP 63/127).

Nous ne disposons pas de l'espace nécessaire pour donner plus de détails sur les travaux de recherche et développement au cours de la période en question; nous nous contenterons de mentionner le symposium sur la science et la technologie du charbon, tenu à Camsell Hall sur la rue Booth, sous les auspices de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie et du Comité consultatif canadien de recherche sur le charbon. En plus de la combustion, ce symposium consacra une attention considérable à la pétrographie et à la carbonisation. En plus des communications canadiennes, dont six communications du ministère, il y eut des communications venant des Etats-Unis, du Royaume-Uni, de France et d'Allemagne (136).

La confiance de l'industrie dans la recherche effectuée à la Direction des mines sur la carbonisation fut démontrée par la formation en 1965 de la Canadian Carbonization Research Association, à la suite de discussions officieuses avec Frank Pierce. Il s'agissait de la première organization formelle, avec document d'association, dans ce domaine au Canada: "Objectives of the Canadian Carbonization Research Association" par C.W. Drake et J.H. Walsh (Trans CIM, vol 70, pp 28-31, 1967). Le premier conseil d'administration était composé de membres d'Algoma, Dofasco, Dosco, Stelco, toutes compagnies d'aciérie canadiennes intégrées; de Canmore et Crows Nest Industries, compagnies charbonnières de l'ouest, et Domtar, qui effectuait le traitement du goudron à haute température. C.W. Drake d'Algoma fut le premier président, et J.H. Walsh le premier secrétaire. Un comité technique fut également formé, composé de personnes nommées par les compagnies membres et du chef de la section de carbonisation, J.C. Botham. Le conseil avait des assemblées semi-annuelles, et le comité technique des assemblées mensuelles ou bi-mensuelles. La structure existe toujours à l'heure actuelle. Le conseil établit la direction générale du programme de recherche et développement, tandis que le comité technique examine les projets en détail. Certains des projets concernaient des études confidentielles selon les besoins des membres, alors que les projets portant sur des sujets généraux d'ordre scientifique ou de génie, faisaient l'objet de rapports publics. La réussite de l'association est due aux échanges étroits d'idées et de connaissances techniques dans le comité technique, avec une attitude assez formelle envers la préparation des ordres du jour et des procès verbaux. Les contributions annuelles des compagnies membres, exception faite de l'aide fournie par le personnel des compagnies, représentaient en moyenne environ 1/3 du coût de la section de carbonisation, à l'exclusion des salaires du personnel.

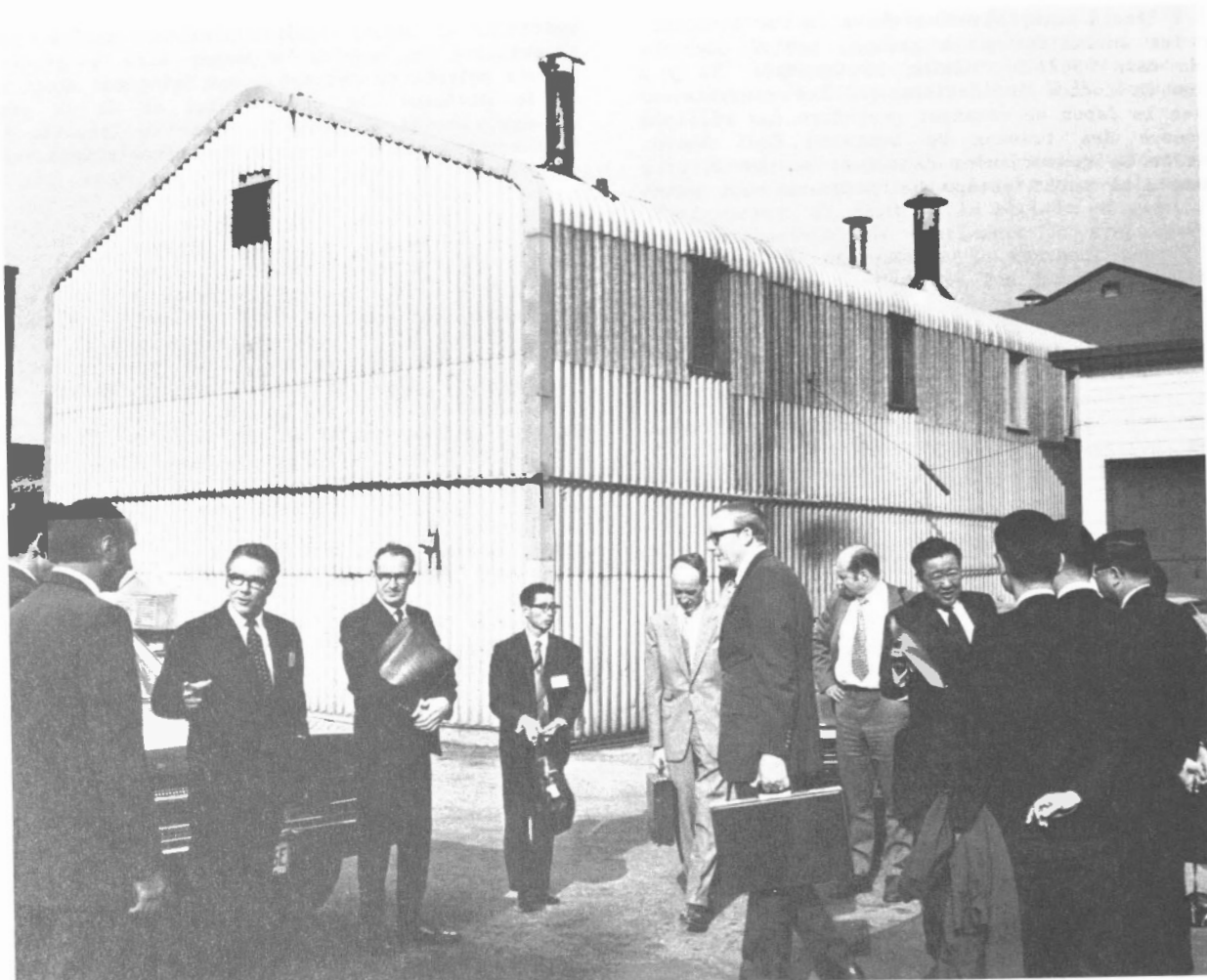
Il a lieu d'enregistrer un point de vue indépendant sur les activités de ce groupe, publié dans le numéro de mars 1969 de "Mining in Canada": "Il y a maintenant de fortes indications que les contrats en cours avec le Japon ne seraient peut-être pas réalisés en l'absence des travaux du Dominion Coal Board, représentant le gouvernement canadien, et des efforts techniques d'un petit groupe de personnes qui pour-

suivirent ce marché pendant plusieurs années. ... Une association dès la première heure entre les producteurs et une poignée de personnes qui faisaient alors partie de la Division des combustibles et de la pratique minière, servit de base à partir de laquelle il fut finalement possible de mener des négociations avec les Japonais".



Conseil d'administration, Canadian Carbonization Research Association, 1966.

De gauche à droite: John Walsh, Charles Drake, Frank Pierce, Stan Anslow, James Ludberg, Tom Cassidy, Jack Botham, John John, Rod Wallace, Ron Nicholson



Jack Botham et John Jorgensen à gauche, avec des agents du Canadien Pacifique et des visiteurs japonais, à l'extérieur du bâtiment Butler construit pour les essais d'acceptation à l'échelle technique sur les charbons de l'ouest canadien.

HYDROCARBURES

Séparation à l'eau froide et raffinage préliminaire du bitume

Pendant la période d'après-guerre, de 1945 à 1952, l'ancienne section d'hydrogénation s'occupait principalement des sables bitumineux de l'Alberta, dans un effort considérable consacré à la séparation du sable et du bitume, et dans quelques travaux de recherche sur le raffinage du bitume. Il semble utile

d'effectuer une brève récapitulation, avec quelques détails sur les événements et circonstances qui précédèrent le lancement, après la Seconde guerre mondiale, du programme de recherche et développement de la Direction des mines sur les ressources pétrolières de qualité inférieure du Canada, fondé en grande partie sur les bitumes de l'Alberta.

Comme on la mentionné au chapitre 5, deux grands

Projets furent entrepris pendant la guerre par contrat sous les auspices du ministère, avec des allocations de guerre: en 1942, une campagne de forage d'exploration dans la région au nord de Fort McMurray, avec analyse des échantillons par la Division des combustibles, et en 1943, une installation de démonstration de séparation chez Abasand Oils Ltd., près de Fort McMurray. L'usine brûla en 1945. Les essais sur la méthode à l'eau froide avaient donné des résultats prometteurs, et furent répétés par H.L. Beer à l'échelle du laboratoire dans la Division des minéraux métalliques la même année. Des travaux supplémentaires furent effectués à l'échelle du laboratoire par Rosewarne et Swinerton (FRL Report 90, 1948).

En 1948, on prit la décision d'effectuer les études sur une usine pilote de 200 à 300 livres par heure, les données obtenues devant permettre une extrapolation à l'échelle industrielle. L'installation fut construite dans l'ancien bâtiment des générateurs, qui allait être démoli pour faire place aux ateliers des services techniques. Il était par conséquent nécessaire d'effectuer les travaux rapidement, et les essais furent achevés en un an (1949-1950). Ce projet fut dirigé par Warren, et L.E. Djingheuzian prit la responsabilité des organigrammes de préparation de minerais et des tests. Booth, Carson et Labelle s'occupèrent du montage, d'une partie de la fabrication et de la mise en service de l'installation, ainsi que de la déshydratation et de la cokéfaction du bitume humide, dont Burrough était également responsable. L'échantillonnage et l'analyse de l'alimentation et des produits de l'installation pilote était assumés par le laboratoire du pétrole et du gaz. Le carbonate de soude constituait un agent de réaction important dans ce



Deux employés de longue date prennent leur retraite: Léo Labelle (40 ans) et J.W. Custeau (36 ans); au centre, Mme Labelle.

procédé, servant de détersif pour améliorer la séparation du bitume et des grains de sable. La pulpe des essais était contrôlée, à un pH de 8-9. Dans une étude parallèle à l'échelle du laboratoire, D.S. Montgomery et Fleet étudièrent l'effet d'environ 50 agents de mouillage sur le procédé de séparation. On découvrit qu'il était possible d'obtenir des rendements élevés à un pH de 5,5, sans ajouter de carbonate de soude, mais pour obtenir des rendements aussi élevés dans l'installation pilote, il était nécessaire d'ajouter du carbonate de soude. Toutefois, Montgomery reconnut l'avantage du fonctionnement à un pH peu élevé, pour réaliser des taux élevés de sédimentation des argiles, qui permettraient de recycler l'eau plus rapidement. Cet aspect fut remis à des études ultérieures, lorsque l'occasion se présenterait. Tous les résultats de laboratoire, tant analytiques que de recherche, ainsi que les travaux de recherche sur la récupération, la déshydratation et la cokéfaction du bitume séparé furent publiés en quatre rapports notés dans la Bibliographie (137). Montgomery lança également des recherches sur la constitution chimique du bitume de l'Athabasca.

Du côté du raffinage, comme on l'a noté ci-dessus au chapitre 5, l'effort dans les études d'hydrogénation du bitume à l'échelle du laboratoire datait de 1943. Ces expériences à petite échelle culminèrent en un procédé d'hydrogénation en phase vapeur à 1 000 psi, avec catalyseur en lit fixe, utilisant le distillat de coke provenant des études de séparation à l'eau froide et de cokéfaction mentionnées ci-dessus.

Pendant la période 1943-1945, le gouvernement envisageait l'établissement d'une usine pilote d'hydrogénation et de laboratoire au site actuel de l'édifice de la Commission Géologique sur la rue Booth. En 1945, Warren passa quelque temps en Allemagne pour étudier l'hydrogénation du charbon, ce qui lui donna une vue générale de l'industrie des combustibles liquides synthétiques, qui à l'époque n'avait pas égal au Canada. Au début de 1946, un comité gouvernemental de cadres supérieurs décida de ne pas poursuivre le projet d'usine pilote à grande échelle. Warren ne se laissa pas décourager par cette décision, et avec ses associés poursuivit la conception d'une installation à haute pression beaucoup plus réduite dans l'édifice de la Division des combustibles, qui fut mise en service après son départ de la Direction des mines en 1952.

Pendant ce temps, en Alberta, se présentait une situation assez semblable au cas d'Abasand Oil Limited (Max W. Ball) lorsqu'une concession de sable bitumineux à Bitumount, environ 60 milles en aval de Fort McMurray sur la rivière Athabasca, qui était à l'origine exploitée par International Bitumen Co. (R.S. Fitzsimmons), fut reprise par Oil Sands Limited (L.R. Champion). Le gouvernement de l'Alberta, qui avait subventionné la compagnie au taux d'environ \$500 000 pour la construction d'une installation de séparation à l'eau chaude, selon l'organigramme de Clark, fut obligé de

reprendre la concession en 1948. On mit fin au projet en 1949, à la suite d'un programme de tests exécutés dans l'installation à eau chaude.

Il ne fait aucun doute que la Seconde guerre mondiale raviva l'intérêt porté aux sables bitumineux de l'Alberta comme source de produits pétroliers pour l'effort de guerre, d'autant plus que le Canada connaissait des pénuries sérieuses dans ses propres approvisionnements en hydrocarbures. L'objectif ne fut pas réalisé, en raison de la nature complexe de cette ressource, qui exigeait du temps et des connaissances pour résoudre les problèmes de production et de raffinage. Toutefois, au début de l'après-guerre, l'intérêt fut maintenu en raison de l'initiative du gouvernement de l'Alberta; par l'intermédiaire de la Commission du "Projet des sables bitumineux", on demanda à S.M. Blair, ingénieur-conseil en pétrole de Toronto, d'évaluer la faisabilité technique et économique d'une production commerciale des produits pétroliers à partir des bitumes.

Sur la base du rapport de Blair au gouvernement de l'Alberta en 1950, une conférence complète fut organisée à Edmonton en 1951, avec des sessions sur la géologie, l'extraction, la séparation et le raffinage (138). Les membres du Ministère des mines et levés techniques furent invités, comme auteurs de communication et comme participants. Le Docteur G.S. Hume, le Docteur Warren et le Docteur D.S. Montgomery préparèrent deux communications, le Docteur R.T.D. Wicken den de la Commission géologique et L.E. Djingheuzian chacun une. En plus des communications sur la séparation par Djingheuzian et sur le raffinage par Warren et al., Warren apporta des contributions à la session sur l'extraction et Montgomery aux sessions sur la géologie et sur le raffinage. La communication de Warren mit l'accent sur la faible conductivité thermique des bitumes en place, en relation avec les méthodes thermiques de récupération d'hydrocarbures à partir de bitumes. La communication de Montgomery dans la session de géologie indiquait que la matière organique d'origine n'était par dérivée de la lignite et de la cellulose; l'analyse par distillation et les autres données disponibles appuyaient la conclusion de Hume fondée sur les indices géologiques, indiquant l'origine crétacée du bitume. La communication de Montgomery dans la session sur le raffinage portait sur l'isolation et l'identification des composantes pétrolières de l'Athabasca; elle fut présentée mais non publiée, parce que les asphaltènes à grosses molécules n'étaient pas susceptibles de fractionation par les méthodes chromatographiques utilisées sur les autres composantes. Les résultats complets disponibles furent également donnés à Blair pour son rapport. En référence à la communication de Warren et al., il n'y avait pas assez de temps avant le début de la conférence pour permettre une évaluation complète du produit et de la qualité, ainsi que de la performance du catalyseur. Les fractions essence et huile diesel présentaient une qualité inférieure à celles produites à partir des pétroles

bruts légers conventionnels. Toutefois, l'évaluation fut achevée après la conférence, et un rapport fut publié plus tard, avec une bibliographie importante: "Low pressure hydrogenation of coke distillate from Athabasca bitumen" par F.L. Booth, R.E. Carson, K.W. Bowles et D.S. Montgomery (MB RR 30, 1958).

Le rapport original de Blair était fondé sur une production quotidienne de 20 000 barils de bitume, mais à la conférence de l'Athabasca et par la suite, le chiffre généralement mentionné était de 100 000 barils par jour. En plus des fortes dépenses d'investissement nécessaires, il se posait des questions de disposition des grosses masses de rebuts sableux et de l'effet sur l'environnement de la forte quantité d'effluents sulfurés, si l'on devait faire usage de cokéfaction dans l'installation primaire. Ces questions préoccupaient alors considérablement Montgomery et ses associés, et influencèrent leurs recherches dans le domaine du raffinage.

A la suite de la conférence de l'Athabasca, il y eut un hiatus de plusieurs années. Heureusement, le groupe des hydrocarbures était suffisamment dévoué, et le ministère appuyait suffisamment l'opinion de Montgomery, qui pensait qu'une proportion importante des ressources canadiennes en hydrocarbures était contenue dans les ressources de qualité inférieure, notamment les sables bitumineux et les pétroles lourds de l'Alberta et de la Saskatchewan. La recherche put continuer avec un financement modeste.

Les grandes compagnies de pétrole continuèrent à manifester un certain intérêt, si l'on en juge par les nombreuses visites de leurs représentants, tant canadiens qu'étrangers, au laboratoire des combustibles d'Ottawa. Pendant cette période, on estimait les réserves ultimes de bitume, récupérables par toutes les méthodes connues, à 300 milliards de barils, dont 6 milliards de barils disponibles dans le "rayon d'action économique" de la première grosse opération à Fort McMurray, lancée par Great Canadian Oil Sands Company, qui entra en production en 1967. La production quotidienne permise était de 45 000 barils, mais il fallut plusieurs années pour atteindre ce niveau. L'industrie était également active dans des efforts de récupération expérimentale, par méthode thermique, dans la zone des pétroles lourds de Cold Lake, Alberta, pendant la fin des années 60; toutefois ces activités furent suspendues.

Une des raisons principales pour lesquelles l'industrie ne poursuivit pas plus tôt le développement des sables bitumineux fut, naturellement, un développement rapide de la production conventionnelle de pétrole, combiné avec des prévisions exagérées d'accumulation de réserves, par opposition aux énormes coûts d'investissement nécessaires pour établir une installation intégrée de récupération et de raffinage des sables bitumineux. Le tableau suivant présente l'augmentation rapide de production de pétrole et de gaz

naturel au cours des années 50-60 et au début des années 70; les exportations sont indiquées pour les années 1960 et 1970.

Production canadienne et exportations de pétrole brut et de gaz naturel

Année	Pétrole brut en millions de barils (à 1 million près)			Gas naturel en milliards de pieds cubes (à 1 milliard près)		
	Prod.	Import.	Export.	Prod.	Import.	Export.
1945	8	57		48		
1949	21	74	-	60		
1960	190	126	42	523	6	91
1970	461	208	241	2277	12	768

Warren donnait sa démission en 1952, pour accepter un poste à la Cyanamid Company, et plus tard devint directeur du Saskatchewan Research Council. Il avait travaillé à la Direction des mines pendant 23 ans. Lorsqu'il entra à la Direction en 1929, il était le seul ingénieur chimiste détenteur d'un doctorat de la plus importante université américaine dans le domaine du génie, le Massachusetts Institute of Technology. Sa formation lui donnait des aptitudes de calcul et de conception qui lui permettaient d'effectuer la transition de la recherche à l'échelle du laboratoire aux exploitations à grande échelle dans un domaine de chimie complexe sur les combustibles fossiles.

Organisation du groupe des hydrocarbures

Montgomery prit la responsabilité des trois domaines principaux de recherche sur les hydrocarbures: recherche analytique, recherche fondamentale et recherche appliquée. Il publia en 1956 un article décrivant la portée des activités du groupe des hydrocarbures: "The Fuels Division" avec le commentaire suivant du rédacteur "Notre précieux allié pour la recherche à Ottawa" par D.S. Montgomery (Canadian Oil and Gas Industries, vol. 9, pp 37-40 janvier 1956).

L'idée de Montgomery était de constituer un petit groupe de chercheurs en chimie, qui pourrait acquérir une compréhension fondamentale de la chimie des diverses ressources énergétiques du Canada dans les combustibles fossiles. L'idée de base était que les méthodes analytiques élaborées par cette recherche serviraient de base pour le contrôle des procédés et l'innovation dans le projet de recherche et développement sur le raffinage exécuté en grande partie par des ingénieurs chimistes. Cette idée de base, élaborée au début des années 50, subsista pendant près de 25 ans.

Pendant la période examinée, l'allocation de main-d'oeuvre pour cette activité resta maigre. Ainsi, en 1955, sur un total de 71 personnes dans la Division des combustibles, 19 employés étaient affectés exclusivement aux hydrocarbures, si l'on excepte quelques recherches de combustion portant sur le pétrole; en 1964, il n'y en avait que 22 sur un effectif total de 107 personnes dans la Division. La concurrence des problèmes urgents dans le domaine du charbon, du laboratoire spécialisé sur la sécurité des explosifs et des équipements électriques dans les atmosphères explosives, ainsi que des activités minières empêchaient le domaine des hydrocarbures de disposer de sa part normale de personnel, et en conséquence les spécialistes en étaient réduits à effectuer leurs expériences uniquement lorsqu'ils n'étaient pas occupés à la construction spécialisée d'installation complexes. Une autre raison de la pénurie de main-d'oeuvre était le manque de spécialistes, tant professionnels que non-professionnels. Pour la plupart des membres du personnel, il fallait une formation sur place, à partir de leurs qualification en science ou en génie.

La section de recherche fondamentale fut fondée par le Docteur D.S. Montgomery, qui entra à la Direction des mines en 1948. Le docteur Mary L. Boyd (1948-1975) se joignit à lui en 1949, suivie de Frances E. Goodspeed (1945-1965) en 1953, transférée du laboratoire analytique; il y eut ensuite le docteur M.F. Milson (1954-1977), le docteur L.H. King (1957-1963) le docteur H. Sawatzky (1959 -) et le docteur B.N. Nandi (1963 -). C'étaient là les chercheurs dont les travaux s'efforçaient de clarifier la constitution chimique et les propriétés des combustibles fossiles, y compris le charbon. Montgomery, en plus d'assumer ses fonctions de chef du groupe des hydrocarbures et de chercheur principal de la Division, effectuait lui aussi des recherches dans ce groupe, qui en 1954 fut rebaptisé "Recherches sur les substances bitumineuses" et existe encore à la date de rédaction.

La section de recherche appliquée était connue sous le nom de section d'hydrogénation, mais ce titre fut considéré trop restrictif pour la description des divers procédés utilisés, non seulement pour le raffinage des bitumes mais également pour les pétroles lourds et les résidus. Certains des procédés étaient exécutés à pression atmosphérique ou à basse pression. Ainsi, en 1957, fut formée la section de traitement en génie pétrolier, avec pour chef F.L. Booth (1945-1975) et son assistant de longue date Paul Mogan (1957 -). La section d'hydrogénation fut rebaptisée en 1958 section de chimie des hautes pressions, avec pour chef W.H. Merrill (1947 -). A.R. Aitken (1961-1963) fut son premier assistant.

Les catalyseurs jouent un rôle très important dans la transformation du pétrole brut ou des matières premières en produits divers. Par conséquent, on décida de lancer un projet sur les catalyseurs, et les phéno-

mêmes associés à leur utilisation. Le Docteur B.I. Parsons (1955 -) entra à la Direction des mines pour prendre la responsabilité de ce projet dans la section de chimie des hautes pressions. Etant donné l'augmentation des activités de conception nécessaire pour la construction des installations pilotes, R.E. Carson (1948 -) fut retiré en 1958 de la section d'hydrogénation pour prendre la responsabilité de la conception. Bien que ses préoccupations principales aient été dans le groupe des hydrocarbures, Carson, en raison de sa flexibilité, aida d'autres sections de la Division à préparer des conceptions d'appareils spéciaux dans les domaines de l'extraction minière, de la préparation du charbon et de la carbonisation. Pour permettre une certaine flexibilité et assister Montgomery dans ses nombreuses activités, Bowles, qui avait participé aux travaux d'hydrogénation dès le départ en 1929, fut transféré à la section connue sous le nom de "Projets spéciaux"; de même, le docteur W.A.O. Herrmann, qui avait apporté, à son entrée dans la Division en 1956, une expérience considérable acquise en Allemagne sur le procédé Bergius, fut tout d'abord affecté à la section de génie du pétrole de Lorne Booth, qui en 1958 se joignit au groupe des Projets spéciaux pour servir de conseiller à Montgomery sur les combustibles synthétiques liquides et diverses transformations des pétroles et charbons de qualité inférieure.



A sa retraite, H. McD. Chantler reçoit du Docteur Convey le "Castor" de la Direction des Mines, et de R.G. Draper l'habituel présent de valises.

Analyse du pétrole et du gaz - évaluation des ressources

Le groupe analytique était le plus ancien, remontant aux analyses précédant la première guerre mondiale sur les schistes bitumineux, la production de gaz à partir de tourbe, et d'autres gaz, y compris les gaz explosifs et toxiques des mines, comme on l'a noté au chapitre 3. Leverin était le chimiste, mais la responsabilité du groupe revenait à Stanfield. En 1921, cette responsabilité fut reprise par P.V. Rosewarne (1921-1954). Il fut accompagné de R.J. Offord (1921-1958), H. McD. Chantler (1924-1958) et P.B. Seely (1930-1965). Comme on l'a noté précédemment, Rosewarne prit sa retraite en 1954, suivi de Chantler et Offord en 1958. Ils furent remplacés par R.G. Draper (1948-) comme chef et A. Yates (1950 -). Frances Goodspeed était entrée au laboratoire en 1945.

Au début de la Seconde guerre mondiale, Rosewarne fut détaché au bureau du contrôleur du pétrole, et Chantler fut responsable du laboratoire avec Offord et Seely comme assistants principaux. Le laboratoire relevait de Warren, qui était pratiquement responsable de tout le domaine des hydrocarbures. Après la guerre, Rosewarne reprit la direction générale du laboratoire, mais servit surtout de conseiller au chef de la Division avant sa retraite en 1954.

Le recensement des essences, lancé par Rosewarne en 1922, se poursuivit après la guerre dans les années 1947-48-50-52 et 55 (MB Memorandum Series 98, 102, 112, 124 et 131), et les membres suivants du laboratoire participèrent à l'analyse des échantillons: Chantler, Seely, Goodspeed, Draper et Yates. Le recensement des occurrences de pétrole brut et de gaz naturel se poursuivit pendant toute la période, avec des échantillons reçus, ou recueillis par les membres de la Direction. Sur ce point, H.A. Pickford, qui avait été transféré d'Ottawa à Calgary pour l'administration des groupes de préparation de charbon et d'extraction minière, consacra un temps considérable à la collecte des échantillons de pétrole dans les nouveaux bassins ou dans les extensions des anciens. Dans le cas de l'Ontario, les autorités provinciales coopérèrent dès le début, en fournissant des échantillons, y compris ceux qu'elles désiraient voir analyser. Le gaz naturel faisait l'objet d'une surveillance pour déterminer son pourcentage d'hélium, et il y eut une certaine activité au début des années 60 dans le sud-ouest de la Saskatchewan, où certaines découvertes d'hélium menèrent à la formation de deux compagnies destinées à l'extraction de l'hélium. Toutefois, on ne vit pas s'établir de production continue.

Sous les auspices du Canadian Government Specification Board, on effectua des échanges avec d'autres laboratoires sur l'essence, les lubrifiants et les produits spéciaux. Un nombre considérable d'échantillons de produits pétroliers fut analysé pour la Défense nationale et d'autres ministères gouvernementaux. On

fournit des témoignages experts dans des Commissions d'enquête et des procès. On prépara des rapports à circulation limitée dans la série FRL, selon le tableau ci-dessous.

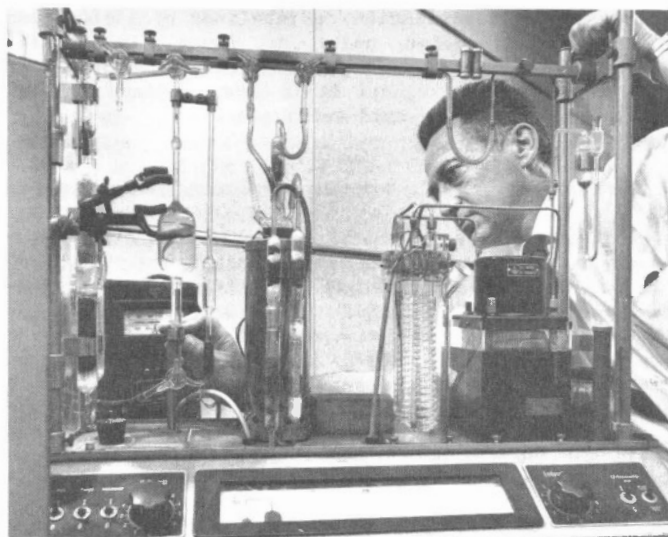
Le laboratoire assumait à partir de 1964 la responsabilité de l'analyse et de la détermination des contenus toxiques et explosifs de l'air des mines. Lorsque Offord prit sa retraite en 1950, il fut remplacé par A. Yates.

On entreprit à la fin des années 60 un projet majeur. Il s'agissait de rassembler pour publication les données obtenues sur la qualité des pétroles bruts canadiens à partir d'échantillons recueillis et analysés pendant plusieurs dizaines d'années. On rassembla également des données sur certains des réservoirs, qui furent obtenues et systématisées pour publication principalement par le Docteur R.P. Charbonnier, aidé de W.A. Harper à la suite de la retraite de Baltzer en 1965, et de la cessation de la section des combustibles et de l'énergie. Ces travaux eurent pour résultat sept publications distinctes, par province, dans la série des circulaires d'information (139). En plus de la qualité des pétroles bruts canadiens, déterminée par l'analyse en laboratoire, les données sur les réservoirs indiquaient la performance comparée de certains réservoirs canadiens de pétrole.

Lors du placement de Charbonnier à Ottawa en 1959, on avait espéré que l'étude des réserves d'hydrocarbures deviendrait une activité permanente; toutefois, ce ne fut pas le cas, en raison du manque de personnel et de fonds, et Charbonnier conserva un rôle de conseiller pour le génie des réservoirs de pétrole. On entreprit des études sur l'entreposage souterrain du gaz naturel dans le sud de l'Ontario et du Québec, en considération de la limitation des aquifères d'entreposage dans ces régions. On prépara un rapport avec la coopération de la Commission géologique: "Present status of underground storage of natural gas in Southern Ontario and Quebec" par R.P. Charbonnier (MB IC 121, 1960, texte anglais et MB IC 144, 1963 avec

révision, texte français).

On effectua d'autres études pour optimiser la récupération du pétrole, particulièrement sur les méthodes de récupération secondaire. Sur ce point, Charbonnier considérait que l'espacement des puits était trop étroit au Canada. Il restait en contact avec l'Alberta Oil and Gas Conservation Board, qui finalement augmenta l'espacement. On étudia les méthodes de combustion sur place pour les pétroles lourds, y compris le programme Plowshare de l'Atomic Energy Committee des Etats-Unis. On étudia des méthodes de



R.G. Draper vérifiant un nouvel analyseur Wörsthoff capable de détecter les traces de gaz toxiques dans les mines (Photo - George Hunter)

SÉRIE DE RAPPORTS FRL

N° de Rapport	Date	Pétrole brut	Gaz Naturel	Auteurs
FRL 75	Juil. 1947		Ontario 1946	R.J. Offord, F.E. Goodspeed
FRL 100	1947		Sask. et Alta. 1947	R.J. Offord, F.E. Goodspeed
FRL 138	Mars 1950		Sask. et Alta. 1948	R.J. Offord
FRL 155	Mars 1951		Ontario 1949	R.J. Offord
FRL 176	Juin 1953		Ontario 1950-51	R.J. Offord, A. Yates
FRL 177	Juin 1953		Canada Ouest 1949-52	R.J. Offord, A. Yates
FRL 215	Fév. 1953	Alta. 1951-52		H. McD. Chantler, P.B. Seely
FRL 184	Déc. 1953	Alta. 1953		H. McD. Chantler, P.B. Seely
FRL 206	Juil 1954	Canada 1954		H. McD. Chantler, P.B. Seely
FRL 235	Mai 1956		Ontario 1954-55	R.J. Offord, A. Yates
FRL 256	Juin 1957	Canada 1955-56		P.B. Seely, R.G. Draper, H. McD. Chantler
FRL 257	Jan. 1957		Quest Canada 1954-56	R.J. Offord, A. Yates, R.G. Draper, H. McD. Chantler

production de puits de pétrole, comme l'utilisation des ciments dans la finition des puits, ainsi que le forage électrique et le forage par turbines "de fond de trou".

Comme on l'a mentionné sous la rubrique Carbonisation, Charbonnier faisait partie du "Working Party on Movement of Solids". Il resta en contact étroit avec le grand projet de recherche et développement lancé par le Research Council de l'Alberta sur le mouvement des solides dans les pipelines, pour le transport de boues de charbon, d'eau et de pétrole vers les installations thermoélectriques de l'Ontario. Charbonnier fut l'auteur des rapports suivants de ce groupe de travail: IR/FMP 62/76, 62/166, 62/179, 60/20, 64/26 et 64/90. Il resta en contact, par communication et par visites, avec les activités déployées au Royaume-Uni et en France, sur l'installation de pipelines et l'élévation hydraulique dans les puits de mines. Charbonnier faisait usage du catalogue de cartes publié par l'Institut du pétrole, qui était moins coûteux que les sources d'information nord-américaines.

Recherche fondamentale sur les substances bitumineuses

Comme on l'a mentionné au chapitre 5, D.S. Montgomery entra au Bureau des mines pendant une période où Tim et Parsons avaient décidé qu'il était nécessaire de renforcer la base de recherche scientifique dans les domaines principaux de recherche et développement sur les minéraux et les métaux, en effectuant des engagements de personnel au niveau du doctorat. De 1946 à 1948, on effectua quatre engagements de ce genre, céramique - Prince (46), métallurgie extractive - Downes (47), métallurgie physique - Convey (48) et combustibles - D.S. Montgomery (48).

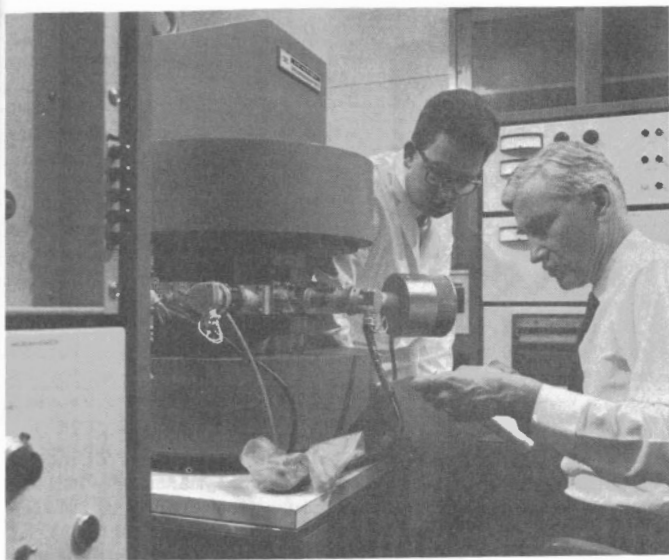
Montgomery lança la recherche fondamentale en 1948, et en 1954 celle-ci fut organisée formellement sous forme d'une section intitulée Recherche sur les substances bitumineuses. Le premier projet exécuté fut la combustion sous pression des charbons, en relation avec le projet de turbine à charbon (chapitre 5). Cependant, la situation changeait rapidement dans le domaine des hydrocarbures, et il fallut se lancer dans la recherche et le développement sur la séparation et le raffinage de bitumes, comme on l'a mentionné ci-dessus.

Malgré ses engagements importants dans la section d'hydrogénation et dans la division en général, particulièrement après le départ de Warren en 1952, Montgomery, pendant toute sa carrière à la Division des combustibles, continua à s'intéresser et à participer personnellement à la recherche qu'il organisait dans la section. La recherche couvrait tout le domaine des minéraux naturels contenant du carbone, depuis le charbon jusqu'au pétrole. Le bitume et les huiles lourdes constituaient sa préoccupation principale, mais il considérait que toute découverte sur l'origine du bitume, minéral qui sur certains points se situe entre

le charbon et le pétrole conventionnel, pourrait contribuer aux connaissances sur le charbon et le pétrole. On a mentionné ci-dessus la recherche sur les brais de goudron utilisés comme liants dans la métallurgie, et aussi les études pétrographiques du charbon, dans la sous-section sur la carbonisation. On mentionnera plus tard quelques recherches concernant l'extraction des charbons.

Dès le départ, Montgomery se déclarait soucieux du manque de connaissances sur la structure chimique du bitume déficient en hydrogène, composé de grosses molécules complexes unies au soufre, à l'oxygène et à l'azote ainsi qu'à des traces métalliques, nickel, fer et vanadium. L'association de matériaux organiques avec divers groupes fonctionnels aux impuretés minérales, dont l'argile, la vase et le sable, constituait un problème constant. La recherche qui se poursuivait dans ce domaine pendant plusieurs années s'orientait dans deux directions: constitution chimique du bitume, pour prêter assistance aux stratégies de raffinage permettant d'arriver à des produits de pétrole acceptables, et études sur l'origine du bitume et autres hydrocarbures à l'état naturel, dans le but d'effectuer une évaluation des grandes ressources du Canada dans le domaine des hydrocarbures de qualité inférieure.

L'analyse en groupe structuraux du bitume peut être considérée comme une contribution canadienne importante, ce que confirme le nombre de groupes de recherche industrielle et autres, ainsi que de partieliers, qui consultèrent Montgomery au cours des années. A partir de 1955, on élaborait des méthodes d'analyse des groupes structuraux d'hydrocarbures pour les composés purs et pour les substances à l'état naturel, en consacrant un effort particulier aux constituants du bitume. La première méthode impliquait la mesure de trois propriétés chimiques, proportion de carbone et d'hydrogène et nombre d'atomes de carbone aromatique, et de deux propriétés physiques - volume molaire et réfraction. Ces propriétés étaient exprimées en termes de 5 groupes structuraux, dans une série de 5 équations simultanées, que l'on résolvait par ordinateur. La méthode fut testée sur 114 hydrocarbures, dont les propriétés étaient déterminées dans le projet 42 de l'American Petroleum Institute: "New methods of hydrocarbon structural group analysis" par D.S. Montgomery et M.L. Boyd (Analytical Chemistry, Vol 31, pp. 1290-1298, oute 1959). Ensuite, on appliqua la technique d'analyse structurale à la composante la plus difficile à traiter - la fraction asphaltène du bitume de l'Athabasca. Cette composante présente la plus faible proportion d'hydrogène, le plus gros poids moléculaire, et représente près du quart du bitume naturel. On passa ensuite aux résines plus légères et aux fractions d'huile, qu'il était possible de séparer par chromatographie. Les trois études firent l'objet d'un rapport dans une publication en trois parties intitulée "Study of the Athabasca bitumen from the Abasand quarry" (140). Il faut mentionner en passant qu'on essaya en 1949 de caractériser les constituants hydrocarbures du



J.M. Denis et D.S. Montgomery au spectromètre de masse qui sert à l'étude de la structure des substances complexes (Photo - George Hunter)

bitume par chromatographie. Les techniques de groupes structuraux étaient largement applicables pour la détection des changements métamorphiques dans les hydrocarbures naturels, et dans la surveillance des transformations thermochimiques au cours du raffinage du bitume, des huiles lourdes et des résidus.

Etant donné qu'un volume important de publications était apparu au sujet des sables bitumineux, Mary Boyd publia une bibliographie complète des sables bitumineux de l'Alberta en 1960. Son intention était de réviser cette publication à intervalles, mais cette fonction fut reprise par l'Alberta Research Council, qui considéra sa bibliographie comme un "élément" utile (IR FMP 60-69).

A partir de 1952, ce groupe trouva un instrument analytique important dans la spectroscopie par absorption d'infrarouges, la responsabilité des mesures revenant principalement à Frances Goodspeed. La classification d'Abraham des substances bitumineuses, qu'utilisait la Division des combustibles, était considérée comme inadéquate pour l'identification des nombreux échantillons de terrains pétrolifères soumis par la Commission géologique, en raison du manque de matières organiques. Ceci conduisit à la mise au point d'une technique pour des échantillons pesant environ 100 milligrammes, ainsi que l'inauguration d'une collection de spectres d'hydrocarbures naturels. Cet ouvrage fournit aux spécialistes de géochimie organique une base pour l'évaluation du potentiel économique des venues organiques. Le Docteur L.H. King entra dans le

groupe en 1957. C'était un géologue, fortement désireux d'établir une relation entre les indices géologiques et la composition chimique des minéraux organiques naturels. Il apporta son assistance dans l'une des études de groupes structuraux, et consacra un temps important au recueil et à l'identification des échantillons de terrain; par exemple, il étudia l'origine de l'anthraxolite et de l'impsonite (bitumes métamorphosés ressemblant au charbon) et des schistes bitumineux de l'Alberta et du Nouveau-Brunswick. Les résultats furent publiés sous forme de rapport de recherches en 1963 (MB RR 115 et 116).

A titre d'exemples de l'extrême complexité des substances associées aux bitumes, on notera la recherche exécutée par le Docteur M.F. Neilson. Il était entré à la Division des combustibles en 1954, et s'efforça pendant plusieurs années de séparer et d'identifier les diverses vanadyl-porphyrines, qui peuvent être des dérivés de la chlorophylle de la flore qui était à l'origine du bitume. On découvrit une porphyrine non-métallique de type rhodo par étude spectrale, qui fit l'objet d'un rapport dans *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol 30, pp. 207-221, juin 1965. On obtint plusieurs fractions, différant par leur solubilité ou leur spectre, mais on n'arriva pas à assurer une séparation complète. On se rendit compte que la résolution de ces substances en composés exigeait d'utiliser la spectrométrie de masse, mais on ne disposait pas des fonds nécessaires. Un rapport complet fut publié par le groupe, avec contribution de Neilson, en 1963, date à laquelle King fut transféré au groupe de géologie marine de la Commission géologique du Canada en Nouvelle-Écosse (141). A l'extrémité opposée de la gamme des espèces naturelles, on détermina les spectres infrarouges des hydrocarbures purs, en connection avec des projets de l'American Petroleum Institute, pour assurer une corrélation entre les fractions extraites des produits naturels et les composés purs, ce qui produisit une vaste collection de spectres. Finalement, on acquit un spectromètre de masse en 1967.

On utilisa la spectroscopie infrarouge pour identifier et estimer la quantité de divers groupes fonctionnels dans les fractions des bitumes d'Abasand, et on effectua la conciliation de ces données avec l'information fournie par l'analyse structurale. On publia en 1962 un rapport sur les groupes méthyl et méthylène dans les fractions huile et résine du bitume d'Athabasca (MB RR 98 par F.E. Goodspeed et D.S. Montgomery).

Ce groupe consacra au cours des années des efforts considérables à l'étude des asphaltènes, en les convertissant en des substances susceptibles d'analyse par groupes structuraux. On avait auparavant essayé d'effectuer l'hydrogénation exhaustive des asphaltènes à 350°C, ce qui avait pour effet un craquage et un changement de forme de la molécule. On essaya une nouvelle technique de réduction à 150°C, avec éthylène

diamide et lithium; on n'atteignit pas une réduction complète, mais on effectua des mesures des propriétés physiques des asphaltènes complètement saturés d'hydrogène, pour permettre d'appliquer l'analyse normale en groupes structuraux. La recherche indiqua que dans la molécule d'asphaltène, les groupes aromatiques sont reliés principalement par des atomes de soufre. La distillation de l'asphaltène saturé indiqua que la plus grosse partie de la molécule moyenne d'asphaltène se composait de fragments ayant un poids moléculaire inférieur à 370. Ces travaux présentaient de nombreuses implications intéressantes, qui jetaient quelque lumière sur les raisons du dépôt de coke sur les catalyseurs utilisés dans le raffinage, ainsi que sur l'origine des asphaltènes: "The reduction of asphaltenes" par H. Sawatski et D.S. Montgomery (Fuel, volume 43, pp. 453-466, novembre 1964).

On essaya une autre méthode, dans les efforts visant à réduire les problèmes de raffinage de la fraction asphaltène à poids moléculaire élevé, par dégradation du système d'anneaux aromatiques par l'ozone. Les résultats de ces efforts indiquèrent qu'on n'obtenait qu'une quantité relativement faible de produits d'ozonisation à faible poids moléculaire.

Une troisième méthode consistait à utiliser la pyrolyse pour réduire le poids moléculaire; on employait un calorimètre à balayage différentiel, qui mesurait les changements de chaleur spécifique en fonction de la concentration d'hydrogène dans les asphaltènes. Mary Boyd étudia à l'université d'Ottawa, sous la direction du Docteur M.A. Back, une réaction de pyrolyse pour déterminer la cinétique des étapes ini-



Frances E. Goodspeed

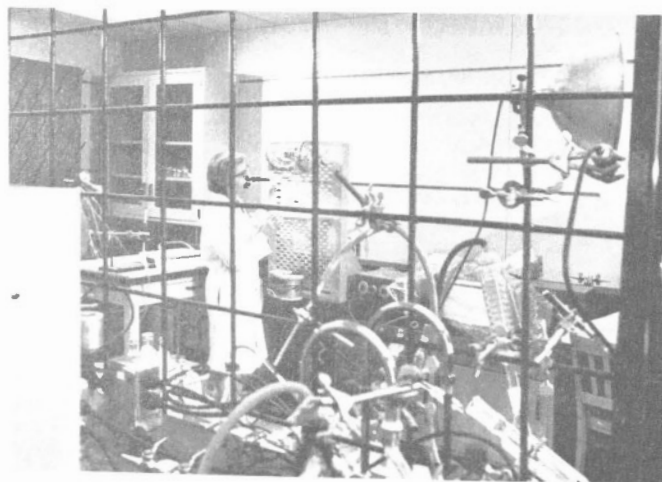
tiales de décomposition thermique de l'éthylène et des mélanges éthylène-éthane. Les résultats suggérèrent le rôle important que jouaient les polymères de faible poids moléculaire formés au cours des étapes initiales de la réaction: "Kinetics of the thermal reactions of ethylene. Part I" par M.L. Boyd, T.M. Wu et M.H. Back, pp 2415-26 "Part II, Ethylene-ethane mixtures" par M.L. Boyd et M.H. Back (Canadian Journal of Chemistry, vol. 46, pp. 2427-33, 1967). Les études de pyrolyse mentionnées dans ce paragraphe furent effectuées dans le contexte où la pyrolyse constitue une méthode importante de traitement du pétrole pour réduire les poids moléculaires des hydrocarbures.

On savait que divers échantillons de bitumes de l'Athabasca différaient par la facilité de séparation par le procédé Clark à l'eau chaude. Une partie de cette variation était due à la nature des matières minérales, et une partie aux gaz dissous. On mit au point en 1969 une nouvelle méthode qualitative pour déterminer les gaz dissous, de sorte qu'il fut possible de prendre en compte ce facteur dans le traitement: "Comparison of analytical methods for estimating the dissolved gases in Athabasca bituminous sand" par B. Ignasiak (fellow post-doctoral du CNR), H. Sawatsky, et D.S. Montgomery (MB IR 69-42).

Les agents de recherche qui participèrent au programme mentionné ci-dessus au cours de la période 1954 à 1968 étaient: le Docteur D.S. Montgomery, chef; le Docteur Mary L. Boyd (1948-1975) transférée à la Division des combustibles en 1952; Frances E. Goodspeed (1945-1965); le Docteur M.F. Milson (1954-1967); le Docteur L.H. King (1957-1963); le Docteur H. Sawatsky (1959-); le Docteur B.N. Nandi (1963-) et le Docteur I.M. Clugston (1968-). Frances Goodspeed fut la première, et jusqu'ici la seule femme présidente (1961-1962) du Professional Institute of the Public Service of Canada.

Recherches appliquées

Pour permettre de comprendre le terme, souvent



Mary Boyd occupée à la recherche sur la pyrolyse des hydrocarbures (Photo - George Hunter)

répété, de "ressources de qualité inférieure", en relation avec les activités de recherche et développement sur le raffinage qui se sont poursuivies sans interruption à la Division des combustibles et dans la Division qui lui a succédé, jusqu'à l'heure actuelle, on présente dans le tableau ci-dessus une comparaison indiquant les qualités des produits provenant de la distillation en laboratoire d'un pétrole conventionnel de haute qualité venant du bassin Leduc Woodhead, et de bitume de l'Athabasca séparé. On verra clairement le raffinage supplémentaire nécessaire pour le bitume, par rapport au pétrole brut léger.

Produits (pourcentage en volume)	Leduc Woodhead	Bitume d'Athabasca
Essence et fractions légères	35	1
Kérosène et fractions moyennes	25	18
Fractions de lubrifiants	18	16
Résidus et pertes	23	65

Personnel de recherche appliquée

Le programme augmenté de recherche appliquée de l'après-guerre fut lancé à un moment où il y avait d'autres priorités dans la Direction, et où le Canada connaissait son premier "boom" des hydrocarbures, avec en conséquence une pénurie de personnel qualifié, tant professionnel que technique. Les réalisations dans le domaine des hydrocarbures doivent s'évaluer comme la réalisation d'environ 20 personnes, tant professionnels que techniciens, face à diverses difficultés comme le besoin d'une formation sur place plus longue que d'ordinaire, le manque de financement pour les équipements coûteux, etc.

En 1952, en plus du chef, Montgomery, le groupe de recherche appliquée se composait des personnes suivantes: K.W. Bowles (1931-1971), F.L. Booth (1945-1975), W.H. Merrill (1947 -) et R.E. Carson (1948 -) pour le personnel professionnel; L. Labelle (1925-1965), J.G. Hinton (1925-1957), M.P. Fleet (1948 -) et R.C. Guénette (1950 -) pour les techniciens. En 1955, le docteur R.E. Carson (1955 -) entra dans le groupe, suivi du docteur W.A.O. Herrmann (1956 -), dont l'expérience professionnelle considérable sur les activités allemandes dans le domaine des combustibles synthétiques fut utile au groupe des hydrocarbures, permettant d'établir la relation entre le résultat des recherches et développements et la faisabilité industrielle; J.P. Mogan (1957 -) qui avait acquis une expérience antérieure comme étudiant; J.M. Denis (1963), qui avait également plusieurs étés d'expérience, et D.H. Quinsey (1959-1971). Le docteur G.T. Shaw (1946-1972) fut transféré à la Division des combustibles en 1950, et affecté à la section de gazification et carbonisation, passant au projet de catalyse de la section de chimie des hautes pressions en 1959. Parmi les techniciens possédant de longues années de service, 3 seulement commencèrent dans la

période d'après-guerre: M.P. Fleet (1948 -), qui travailla d'abord à la section des substances bitumineuses, puis à la section de chimie des hautes pressions, faisant preuve d'aptitudes et de flexibilité considérables; R.W. Taylor (1954 -), travailleur fiable, et M.A. O'Grady (1946-1970) qui entra au groupe de traitement du pétrole de Booth en 1959. Les personnes mentionnées ci-dessus constituèrent de fait le noyau solide de personnel qui assura la continuité au cours des 10 à 15 années suivantes. Malgré l'organisation en sections, les membres du personnel s'aidaient mutuellement, lorsqu'il était nécessaire d'assurer une opération prolongée des installations pilotes.

Il y eut plusieurs professionnels, comme D. Basmadjian, D.J.C. Rouleau, G.N. Fulford, A.R. Aitken et certains techniciens, qui servirent pendant une période plus brève. La sous-section de catalyse, exécutant de nombreux projets, particulièrement depuis le début jusque vers le milieu des années 60, dut compter sur les étudiants employés d'été et les Fellows post-doctoraux du CNR, comme le Dr. Machin, Flitcroft, Mann et Bolton.

Le groupe avait une bonne performance dans le domaine de la sécurité. On se rappellera qu'une forte proportion de la recherche s'effectuait à des pressions élevées, et en présence d'hydrogène et de substances extrêmement inflammables. L'absence d'accidents et de blessures sérieuses démontrent l'attitude de responsabilité de tout le personnel des installations et des laboratoires de la Division. Même dans le cas d'un accident où il y eut une fuite de brai chaud, qui ne causa pas de blessures sérieuses, le personnel eut la présence d'esprit d'arrêter l'installation.

Ces remarques sont applicables à d'autres emplacements dangereux de la Division, par exemple la section de carbonisation, et particulièrement en ce qui concerne les réacteurs verticaux, le laboratoire d'atmosphères explosives, etc. La raison principale du déplacement du groupe des combustibles au complexe de Bells Corners fut que les autorités se rendirent compte des dangers représentés par l'hydrogénation, après avoir refusé des suggestions visant à placer l'installation pilote dans un endroit isolé sur la rue Booth, avant le programme de construction du ministère en 1950-1960.

Traitement du pétrole

La section de traitement du pétrole fut établie en 1957, avec pour chef F.L. Booth, pour fournir une installation de distillation dans la Division des combustibles, qui fournirait des matières premières de traitement pour la section de chimie des hautes pressions, et s'occuperait également de ses propres recherches, entre autres un long projet de conception et de construction dans le domaine du craquage catalytique en lit fluidisé. Le premier projet, lancé

en 1955 avant la formation de la section, fut dû à l'initiative des raffineries Excelsior d'Edmonton, qui produisaient un fort pourcentage de résidus asphaltiques à partir de la distillation sous vide de pétrole brut lourd de Lloydminster. Booth et ses associés s'efforcèrent de produire à bon marché un brai dur qui pourrait être utilisé en construction routière, ainsi que dans l'industrie des fibres comprimées, ou pourrait être entreposé pour raffinage ultérieur en produits pétroliers. On utilisa comme base pour cette recherche le déshydrateur flash à gaz inerte utilisé dans le projet de séparation des sables bitumineux vers la fin des années 40. On introduisit des modifications, et on obtint des succès: "The production of hard pitch from Lloydminster crude oil" par F.L. Booth, R.E. Carson, D.S. Montgomery (Rapports intérimaires 1 et 2, FRL 200 et 204, 1955). Ces deux rapports furent regroupés en un rapport de recherche de la Direction des mines intitulé: "Vapour-phase stripping of Lloydminster crude oil in a sloping-plate distillation tower" par F.L. Booth, R.E. Carson, D.S. Montgomery (MB RR 84, 1961). On effectua des travaux supplémentaires au cours de l'année suivante, avec publication des rapports intérimaires 3 et 4 (TM 56/59 et TM 157/59, par W.A.O. Herrmann, J.P. Mogan et F.L. Booth). Les coûts d'installation et d'exploitation des trois méthodes - stripping par gaz inerte, distillation sous vide et distillation sous vide avec stripping à vapeur - furent comparés, et la méthode de stripping par gaz inerte présenta un avantage de coût dans cette étude (TM 65/58, 1958 par W.A.O. Herrmann et F.L. Booth). On améliora, dans des travaux intermittents de 1960 à 1962, la méthode de distillation avec stripping par gaz inerte, pour permettre d'utiliser directement les gaz de combustion et éviter des explosions ou incendies avec contamination d'un distillat: "Design and operation of a direct combustion heat source for vapour-phase stripping" par D.H. Quinsey, J.P. Mogan et F.L. Booth (IR FMP 62/17). Cet appareil fut utilisé dans la production de matières premières pour les études de raffinage dans la section de chimie des hautes pressions.

On assura en 1965 la conception et la construction d'un appareil de distillation sous vide d'une capacité de 7 1/2 gallons par heure, pour disposer d'une installation permettant d'effectuer des "coupes" plus profondes qu'il n'était possible par distillation à pression atmosphérique aux mêmes températures.

Vers la fin des années 50, on commença la construction d'une installation de craquage catalytique permettant de fonctionner à des pressions allant jusqu'à 1000 psi avec catalyseur en lit fluidisé; la réaction de craquage s'effectuait si nécessaire en présence d'hydrogène, pour assurer la flexibilité voulue pour le traitement de la vaste gamme de produits intermédiaires, l'amélioration du transfert du chaleur, et la solution de certaines difficultés présentées par le système catalytique à lit fixe. L'appareil était construit pour fonctionner avec ou sans régénération du

catalyseur. Le progrès fut ralenti par le manque de fonds et la rareté du personnel. Pendant ce temps, on conçut, fabriqua et mit en opération un appareil à l'échelle du laboratoire, pour permettre une conception fiable de l'installation pilote, particulièrement quant au comportement du catalyseur. L'appareil fut également utilisé pour les tests et les étalonnages de l'installation de craquage à catalyseur fluide qui fut mise en service en 1965: "Pilot plant for low and high pressure fluid catalyst bed reactions" par J.P. Mogan, R.W. Taylor et F.L. Booth (MP TB 78, 1965). On se proposait d'utiliser cette installation pour le raffinage des produits intermédiaires provenant du projet d'hydrogénation de la Division. Le but était de prédire le comportement des catalyseurs et des matières premières commerciales dans les installations industrielles de craquage à catalyseur fluide et dans le craquage hydraulique des matières premières trop lourdes pour être traitées dans les installations conventionnelles. A la suite des tests de rodage, on effectua une expérience initiale en 1968 sur des gaz-oils légers de Lloydminster, des fractions lourdes et du pétrole brut. Le gas-oil léger fut satisfaisant, mais les fractions lourdes et les pétroles bruts causèrent des problèmes pour l'introduction et la circulation du catalyseur. A ce moment-là, il fut nécessaire de démanteler l'installation, qui ne fut pas remise en service au complexe de Bells Corners, parce que les prévisions d'augmentation de personnel ne furent pas réalisées, et le personnel disponible se concentra sur un seul aspect de la technologie du raffinage.

L'hydrogénation en phase vapeur

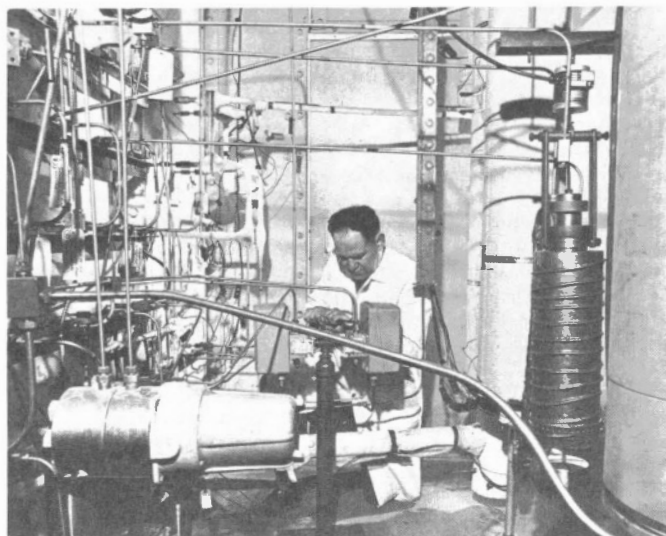
Après avoir achevé le projet d'hydrogénation en phase vapeur à basse pression - 1000 psi - sur le distillat de coke dérivé par séparation du bitume de carrière de l'Athabasca décrit ci-dessus, la plupart des professionnels et techniciens se consacrèrent à l'achèvement de l'installation d'hydrogénation à haute pression conçue pour fonctionner jusqu'à 20 000 psi. La conception, la commande des pièces et des appareillages, ainsi que la construction furent effectuées sur une période de 10 ans, de 1945 à 1955, avec un personnel très réduit: "Description of a high pressure experimental vapour-phase hydrogenation plant" par W.H. Merrill, K.W. Bowles et F.L. Booth (TM 167-59). L'installation fut mise en service en 1955. Les expériences à haute pression furent effectuées à 1000, 3000, 5000 et 10 000 psi, une partie de l'installation faisant usage de réacteurs en phase vapeur et d'un catalyseur en lit fixe constitué de molybdate de cobalt sur une base d'aluminium. A 10 000 psi, la production était 3 fois celle obtenue à une pression de fonctionnement de 1000 psi. Toutefois, la production de chaleur à ces débits élevés était difficile à supporter au niveau commercial; il était nécessaire de disposer d'une forte quantité d'hydrogène de refroidissement pour contrôler la température. Les expériences démontrèrent que le

débit du réacteur était limité par la diffusion, et qu'il faudrait des catalyseurs présentant des diamètres de pores beaucoup plus élevés pour pouvoir traiter avec bon rendement les gas-oils lourds. Le catalyseur commercial constitué de molybdate de cobalt sur base d'alumine tendait à présenter des pores de diamètre trop restreint en raison du besoin de résistance mécanique élevée. Cette observation conduisit le groupe des catalyseurs de la Division à fabriquer à titre expérimental des catalyseurs présentant de systèmes de pores beaucoup plus larges. Le taux de formation de coke sur le catalyseur dépendait de la pression, mais les expériences avaient pour but de réduire la pression à des niveaux acceptables pour les opérations commerciales, et de déterminer le taux de désactivation de catalyseur dû aux dépôts de coke. Ces travaux firent l'objet d'une discussion dans "High pressure hydrogenation of coker distillate from Athabasca bitumen - Part I, Feed A" par W.H. Merrill, K.W. Bowles et F.L. Booth (IR FMP 61/31) et "Part II, Feed E" (par W.H. Merrill,

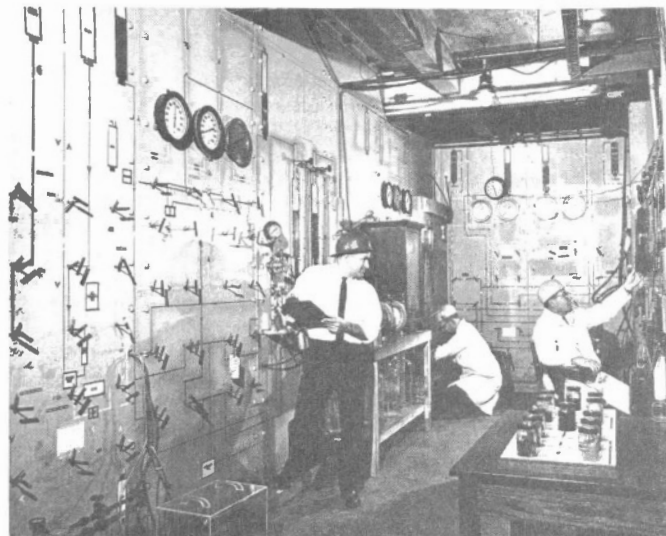
A.R. Aitken et M.P. Pleet (IR FMP 61/8). On exécuta plusieurs campagnes de recherche dans la période 1955-1962, concernant principalement le comportement du catalyseur selon les divers types d'alimentation en distillat de coke et selon la morphologie des cataly-



Vases de pression conçus à l'origine pour l'hydrogénation en phase vapeur à 20000 psi, rue Booth.



M. Pleet vérifie l'installation



F.L. Booth, J. Denis et W.H. Merrill dans le compartiment de contrôle protégé de l'usine-pilote d'hydrogénation en phase vapeur à haute pression (Photo - George Hunter)

seurs, après leur évaluation dans des appareils à échelle réduite. En 1962, on exécuta une série de traitements en installation pilote à phase vapeur de longue durée, 50 à 200 heures, pour déterminer l'effet des pressions allant de 200 à 3000 psi dans l'hydrogénation de distillats de coke de bitume sur un catalyseur cobalt-molybdène. On utilisa une température de fonctionnement élevée pour former le coke rapidement sur le catalyseur. Le taux de désactivation du catalyseur à 3000 psi était environ 10 fois plus faible qu'à 1000 psi: "Hydrogenation of a coke distillate derived from Athabasca bitumen" par A.R. Aitken, W.H. Merrill et M.P. Fleet (Canadian Journal of Chemical Eng, vol. 42, pp. 234-238, octobre 1964).

Il y eut également un projet important sur la désulfuration hydraulique des pétroles lourds bruts et des distillats de Weyburn, exécuté à la demande du Saskatchewan Research Council. On publia trois rapports - (1) sur le traitement du pétrole brut (IR FMP 60/217 par Merrill, Booth, Bowles et Fleet), (2) sur le distillat (IR FMP 61/49 par Merrill, Booth, Bowles et Fleet) et (3) sur les devis de coût pour la production de matières premières pour le raffinage conventionnel et la production de carburants, essence et diésel (IR FMP 61/170 par W.A.O. Herrmann).

L'opinion générale au début des années 60 était que l'hydrogénation en phase vapeur du distillat de coke de bitume ne pourrait pas produire d'essence de bonne qualité, mais qu'il serait possible de le reformer par craquage catalytique pour produire une essence satisfaisante. Par contre, on pouvait prévoir une bonne production de carburants pour moteurs diésel et turbines. Montgomery présenta à un symposium du Chemical Institute of Canada à Montréal en 1963 sur le thème "Hydrogen and its place in refining", une communication intitulée "Athabasca tar sands as a source of crude oil" (MB IC 169, 1964).

À la demande de divers organismes, les installations à haute pression furent utilisées de temps en temps pour des essais de cylindres et de tuyauterie rigide et flexible. On effectua des études sur la fragilisation par l'hydrogène, qui indiquèrent que les récipients d'acier inoxydable ne présentaient pas de fragilisation, les aciers alliés environ 25%, et les aciers au carbone environ 75%, après 34 jours d'exposition à l'hydrogène à 20 000 psi. Il était possible de rétablir la résistance et la ductilité d'origine une fois la pièce retirée de l'hydrogène.

Catalyse

Montgomery reconnaissait la faiblesse du Canada dans le domaine de la catalyse par rapport à d'autres pays; il décida d'établir un domaine d'expertise pour contrôler les propriétés importantes des catalyseurs et supports, contribuant ainsi au meilleur environnement possible pour la désulfuration des pétroles à forte

teneur en soufre, avec dépôt minimum de coke. Lorsque Parsons entra à la Direction, il fut affecté à ce projet, dans ce qui était alors le groupe de l'hydrogénation, devenant chef du groupe de la catalyse dans la section de chimie des hautes pressions en 1958. Le groupe s'occupait des propriétés physiques et chimiques des catalyseurs et de leurs supports, et de leur performance dans les processus de raffinage. Les résultats les plus productifs furent obtenus dans l'étude de la morphologie des catalyseurs. On entreprit également la conception et la mise au point de catalyseurs plus adaptés au raffinage des matières premières de basse qualité que ceux qui étaient disponibles dans le commerce. On effectua des études sur la cinétique des processus catalytiques et sur l'acidité des catalyseurs.

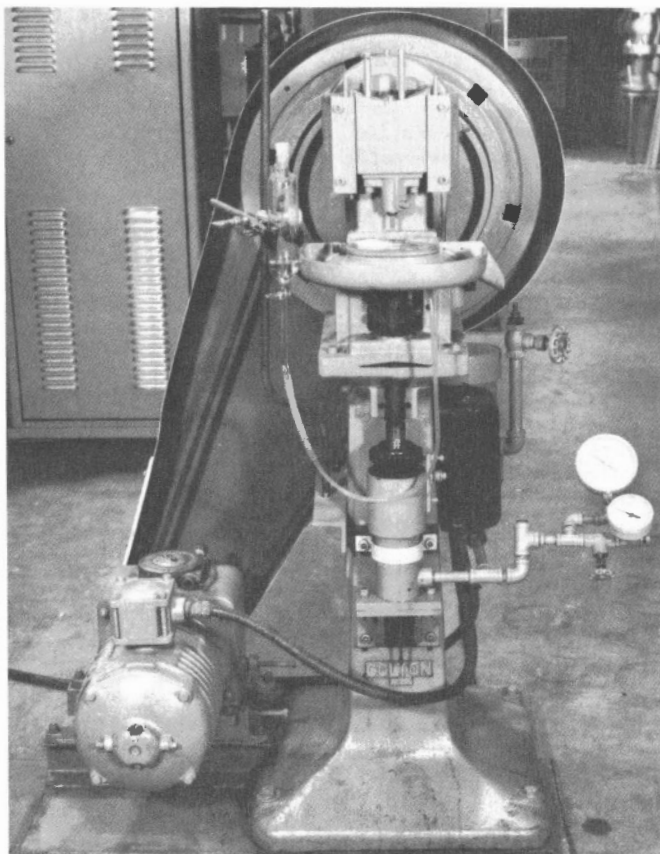
On essaya plusieurs méthodes pour mesurer le rayon moyen des pores, la distribution de leurs tailles, leur volume total et la superficie des catalyseurs. On construisit une version de l'appareillage BET à absorption d'azote, pour effectuer des mesures de superficie et de distribution des tailles des pores. Cette méthode s'avéra appropriée pour les mesures de superficie, mais trop lente; toutefois, il fut possible d'augmenter considérablement la vitesse en adoptant une modification de l'appareillage gravimétrique, utilisant des balances au quartz sensibles. Parmi plusieurs méthodes examinées pour mesurer la distribution des



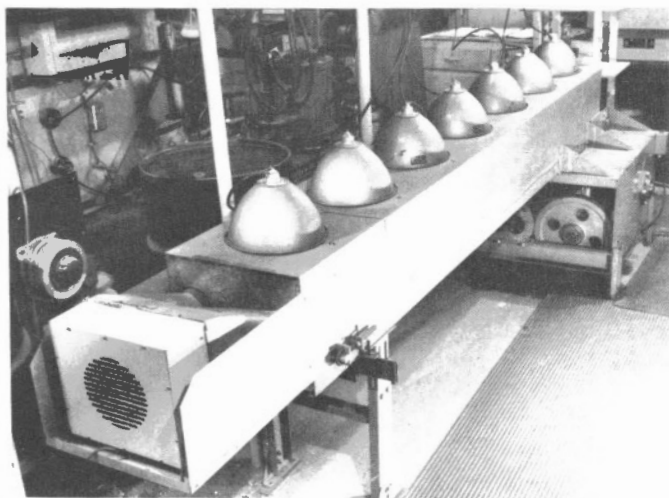
B.I. Parsons dans l'installation d'étude du rayonnement au cobalt 60

tailles des pores, on choisit finalement la porosimétrie au mercure à haute pression. La méthode fut mise au point au moyen des équipements et installations d'hydrogénation à haute pression, mais plus tard on acquit des vaisseaux et des pompes permettant d'aller jusqu'à 60 000 psi. Ceci permit de mesurer la distribution des tailles des pores dans la gamme de 100 microns jusqu'à 40 Angströms de diamètre: "Porosimetry by mercury injection" par G.T. Shar, B.I. Parsons et D.S. Montgomery (MB TB 45, 1963). On effectua plusieurs mesures pour des organismes de recherche et des universités. Au cours de la recherche d'une technique pour mesurer la distribution des tailles des pores, on mit au point plusieurs méthodes d'essai qualitatif rapide pour mesurer le volume total de pores et leur rayon moyen: "Rapid test methods for determination of the approximate average pore radius, total pore volume and surface area contained in porous materials" par W.D. Machin, B.I. Parsons et D.S. Montgomery (MB TB 16, 1960).

On entreprit alors des recherches sur le contrôle de la structure des pores dans les supports de catalyseurs en aluminium et en gel silice-aluminium. On mit au point une méthode pour augmenter et contrôler le volume des pores dans diverses gammes de taille, par addition de polymères organiques solubles dans les gels au cours de la préparation. La matière organique était en fin de compte brûlée dans les étapes finales de déshydratation et de calcination. Ceci produisait des volumes de pores allant de 5 à 20 fois ceux obtenus par des techniques conventionnelles: "The control of the pore volume and pore size distribution in alumina and silica gels by the addition of water soluble organic



Appareillage à pression constante pour fabrication de boulettes, mis au point par R.E. Carson.



Séchoir continu pour les produits d'extrusion de gel d'hydroxyde d'aluminium destinés à la préparation de catalyseurs très poreux.

polymers" par D. Basmadjian, G.N. Fulford, B.I. Parsons et D.S. Montgomery (Journal of Catalysis, vol. 1, pp. 547-563, décembre 1962). D.S. Montgomery et B.I. Parsons obtinrent des brevets canadiens et américains pour ce procédé; mentionnons en passant que ces brevets ont été cités par 14 brevets américains ultérieurs.

Etant donné le faible niveau d'activité des catalyseurs dans le traitement des matières premières de basse qualité, qu'avait démontré la recherche sur la désulfurisation hydraulique, on poursuivit entre 1957 et 1959 des recherches sur l'effet des rayons gamma sur les catalyseurs et les réactions catalysées. Entre 1955 et 1957 on effectua la conception et la construction, sous la supervision de Carson, d'une installation au cobalt 60 entièrement protégée. On considérait que l'énergie ajoutée à un système chimique à basse température améliorerait le rendement ou le produit. Toutefois, les résultats des études préliminaires sur la désulfurisation hydraulique et le craquage furent

décevants, et le manque de personnel empêcha de poursuivre les travaux: "The thermal decomposition of hydrocarbons in the presence of gamma radiation" par T. Flitcroft (TM 59/58). L'installation, qui était la première du genre sur le continent nord-américain, fit l'objet d'une description dans une communication de Parsons et Carson présentée au Nuclear Congress de 1959 à Cleveland.

On étudia la cinétique de réactions comme la désulfurisation catalytique dans une substance pure - le thiophène - et dans des catalyseurs purs sans support constitués d'oxydes et de sulfures de cobalt et de molybdène. On découvrit une amélioration substantielle du taux de désulfurisation du thiophène avec ces catalyseurs, par comparaison avec les catalyseurs offerts dans le commerce. De plus, le sulfure du molybdène était beaucoup plus actif que son oxyde, et le sulfure du cobalt était moins actif que son oxyde: "The hydrodesulphurization of thiophene over unsupported oxides of cobalt and molybdenum" par R.S. Mann, B.I. Parsons et D.S. Montgomery (TM 77/59).

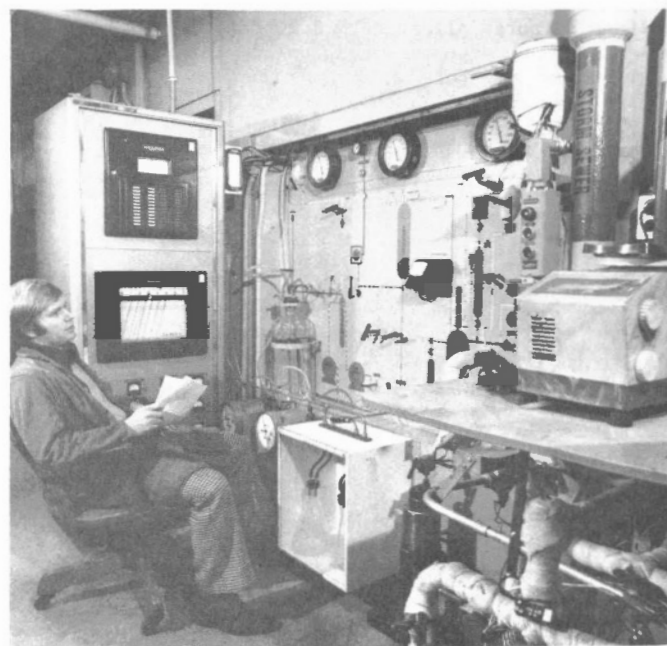
On étudia un autre aspect chimique des catalyseurs, savoir l'acidité d'ensemble et la force des sites acides à la surface du catalyseur, particulièrement en relation avec le craquage catalytique; en effet l'activité et le taux de cokéfaction sont proportionnels au nombre de sites acides à la surface du catalyseur. Avec de bonnes matières premières, les catalyseurs acides sont de fait désirables, mais ce n'est pas le cas avec les matières premières de basse qualité. On essaya plusieurs techniques pour mesurer l'acidité de surface, mais le manque de personnel empêcha d'atteindre des conclusions fermes sur le degré d'acidité superficielle désirable pour le traitement des matières premières de qualité inférieure: "Surface acidity of catalysts" par A.P. Bolton, B.I. Parsons et D.S. Montgomery (DR FMP 64/81).

La préparation de catalyseurs fut lancée en 1957 par l'achat d'une presse à boulettes semi-automatique que Carson modifia pour fonctionner à pression constante et non à volume constant, de manière à assurer que les boulettes présenteraient une distribution de taille des pores reproductible. La production de catalyseurs à la Division des combustibles n'excluait pas l'utilisation occasionnelle de catalyseurs commerciaux, mais il apparut clairement en quelques années que la majorité des catalyseurs disponibles n'était pas suffisamment spécifique pour les réactions particulières nécessaires dans le cas d'une matière première de qualité inférieure, et que le catalyseur serait rapidement rendu inactif par cokéfaction et dépôt d'impuretés. En conséquence, l'installation complète de production et d'évaluation de catalyseurs était constamment utilisée, particulièrement au cours des années 60. On évaluait les catalyseurs préparés dans une installation à l'échelle du laboratoire, puis, dans une seconde étape, dans les réacteurs de l'installation pilote.

Au fur et à mesure des progrès dans la recherche sur les catalyseurs, on découvrit, pendant le raffinage de résidus de qualité inférieure, que la réaction catalytique s'effectuait presque entièrement dans la phase liquide, les pores étant remplis de résidu et la surface effective du catalyseur étant réduite à une mince couche extérieure. En conséquence, on mit au point une méthode dans laquelle l'aluminium était produit sous forme de matériaux extrêmement poreux, et mis sous forme de boulettes résistantes qu'il était possible d'imprégner pour concentrer la couche active du catalyseur à proximité de la surface: "Low density catalysts and catalyst supports" par G.T. Shaw et B.I. Parsons, "Part I - Preparation of highly porous alumina" (MB RR 199, 1968), "Part II - The preparation of strong, low density pellets of alumina" (MB RR 230, 1970).

Combinaison de l'hydrogénation en phase liquide et vapeur

En 1960, Montgomery pensait que pour éviter la cokéfaction des huiles lourdes et bitumes, la première étape était d'éliminer les métaux étrangers - nickel, fer et vanadium - et les particules solides dans un



L.P. Mysak surveillant la zone de contrôle de l'autoclave à agitation haute pression (Photo - George Hunter)

pourant de brai lourd, qui pourrait produire plus de distillat que par cokéfaction. Le brai serait plus facile à brûler que le coke, et de plus, les marchés étaient meilleurs.

Cette conception mena à des études en autoclave et en usine-pilote, concernant l'hydrogénation en phase liquide, pour laquelle un domaine particulièrement préoccupant s'avéra être la sélection des catalyseurs en phase liquide les plus appropriés. Les essais en autoclave par lots furent particulièrement utiles dans ces études, commencées sur le résidu de Weyburn, et poursuivies avec des travaux de recherche étendus à la rue Booth et dans les laboratoires de Bells Corners.

Le groupe de l'hydrogénation reconnut très tôt qu'il était désirable de maintenir l'huile à haute température et en mouvement. En effet, l'huile non saturée avait tendance à provoquer des dépôts, à moins d'être profondément mêlée d'hydrogène, et par conséquent il était désirable de coupler la réaction en phase liquide avec l'appareil en phase vapeur. C'était le principe de l'installation Combi que Herrmann avait étudiée plus tôt en Allemagne. En 1960, Herrmann, Bowles et Merrill lancèrent les travaux de conception pour une installation Combi. L'installation était conçue pour un débit approché d'un baril par jour, et fonctionnait à des pressions allant jusqu'à 10 000 psi. On acquit divers vaisseaux de pression, pompes, compresseurs, etc., selon les finances disponibles. L'installation fut mise en fonction en 1965. On réalisa plusieurs centaines d'heures de fonctionnement, principalement sur les huiles résiduelles de Weyburn. Ces essais avaient pour but d'établir les effets sur le rendement et la qualité des produits de la concentration et de la taille des particules de catalyseur, ainsi que du taux de recirculation de l'hydrogène dans le vaisseau à phase liquide. Les résultats ne furent pas encourageants. On effectua également des expériences pour déterminer la quantité d'huile recyclée à retirer en continu pour éliminer le sédiment et la polymérisation: "Combined liquid- and vapour-phase hydrocracking of heavy oil" par D.H. Quinsey, W.H. Merrill, W.A.O. Herrmann et M.P. Pleet (Canadian Journal of Chemical Engineering, vol. 47, pp. 418-421, août 1969).

En 1968, les travaux furent suspendus pendant le transfert de l'équipement et sa réinstallation au complexe de Bells Corners. Etant donné sa vaste expérience antérieure sur l'hydrogénation industrielle du charbon en Allemagne, Herrmann fut invité par la Sinclair Research Co. de Harvey, Illinois, à présenter une communication: "Development and the economics of coal hydrogenation". Les éléments essentiels de cette communication furent incorporés dans un tour d'horizon "Oils and basic organic chemicals from coal by hydrogenation - a literature review" par W.A.O. Herrmann (MB IC 229, 1969).

En raison des difficultés apparentes dues aux

catalyseurs dans les efforts déployés pour raffiner des minéraux aussi impurs et complexes que le bitume brut, on introduisit une autre stratégie de craquage hydraulique thermique on lança en 1968 des expériences d'exploration sur l'hydrogénation thermique du bitume de l'Athabasca, à des pressions allant de 1000 psi à 3500 psi, ce qui permit également de comparer l'efficacité du raffinage avec et sans catalyse: "Comparison of thermal and catalytic hydrogenation as a preliminary step in the refining of Athabasca bitumen" par J.J. Cameron, M.A. O'Grady et B.I. Parsons (MB RR 217, 1969).

Dans des recherches ultérieures, on obtint des indications que, par dilution de l'alimentation avec des fractions gas-oil sélectionnées, il était possible de réduire la formation de boue et de brai, en raison d'un léger effet d'hydrogénation catalytique, qui empêchait la formation de matériaux indésirables pendant le craquage des résidus.

En 1967, la Division des combustibles et de la pratique minière fut réorganisée en deux centres: combustibles et pratique minière. Le docteur Montgomery fut nommé chef du centre de recherche sur les combustibles. Le personnel professionnel du groupe de recherche appliquée avait à peu près le même effectif que 10 ans plus tôt. Le nouveau groupe des hydrocarbures comportait les personnes suivantes, dans les sections de génie des procédés et de catalyse - chef de groupe: F.L. Booth, Génie des procédés: K.W. Bowles, Docteur W.A.O. Herrmann, W.H. Merrill, P. Mogan, D.M. Quinsey (1959-1970) J.M. Denis (1963 -) Catalyse: Docteur B.I. Parsons, docteur G.T. Shaw.

Combustion

La section de génie mécanique et de combustion était le plus ancien groupe de recherche appliquée dans la Direction des mines. Elle avait commencé en 1910, sur la gazéification de la tourbe pour production d'énergie, et avait consacré la plupart de ses efforts de recherche et développement à la combustion du charbon jusqu'à la fin de la période suivant la Seconde guerre mondiale, où l'utilisation des hydrocarbures se généralisa au Canada. Le rôle majeur de la combustion est de fournir de l'énergie sous forme de chaleur.

Il peut être intéressant de se rappeler que juste avant la ruée vers l'or du Klondike, le charbon était la principale production minière. Ainsi, en 1896, la valeur des 3,7 millions de tonnes de charbon produites était de 7,2 millions de dollars, à comparer à 1,2 millions de dollars pour 727 000 barils de pétrole brut et \$270 000 pour le gaz naturel. La production d'or était de 133 000 onces, d'une valeur de \$2,75 millions. La valeur totale de la production minière était de près de \$22,5 millions, à une époque où la population du Canada était de 5 millions de personnes. On importait un peu de charbon et de pétrole des États-Unis, princi-

palement en Ontario et au Québec. On consommait également une forte quantité de bois. Ces statistiques indiquent toute l'importance de l'énergie pour le Canada, même à cette époque où le niveau de vie était comparativement frugal, et où le développement industriel était assez limité.

Les remarques précédentes soulignent les changements rapides qui se produisirent dans la période 1948-1968 dans le domaine de la combustion, qui était de loin le plus fort consommateur de charbon. En 1948, le total de la production de charbon au Canada et aux États-Unis représentait 14 millions de tonnes pour les applications de chauffage domestique, institutionnel et commercial, dont 6,3 millions de tonnes provenaient du Canada. En 1968, la consommation combinée de ce secteur était tombée à 1,4 millions de tonnes. En 1948, les chemins de fer consommaient 12,5 millions de tonnes de charbon, dont 3,8 millions de tonnes provenaient du Canada, mais en 1968, la consommation n'était que de 132 000 tonnes, le marché étant pratiquement passé entièrement au combustibles diésel. Par contre, la réduction de la consommation de charbon industriel, bien qu'importante, n'était pas aussi énorme. En 1948, la consommation combinée du Canada et des États-Unis était de 12 millions de tonnes, dont 4 millions de tonnes provenaient du Canada, alors qu'en 1968, les chiffres correspondants étaient de 6,3 millions et 2,6 millions de tonnes respectivement. Toutefois, dans le cas de la production d'énergie électrique, la situation était tout à fait différente, en raison principalement des nouvelles centrales thermoélectriques de l'Ontario et plus tard de l'Alberta. En 1948, la consommation dans ce domaine était inférieure à un million de tonnes de charbon canadien, alors qu'en 1968 on consommait un total de 11 millions de tonnes, dont 5,7 millions de tonnes provenaient du Canada. Les autres pertes sur le marché de la combustion se situaient dans la fabrication de gaz et de coke, mais elles étaient relativement restreintes.

Dans la considération de la baisse de l'utilisation de charbon dans les applications de combustion au cours d'une période de 20 ans, il faut se rappeler que ceci se produisit dans la période de l'augmentation la plus élevée de la consommation d'énergie au Canada, et que la croissance de la demande annuelle était en grande partie satisfaite par les hydrocarbures, à l'exception de l'énergie thermo-électrique, qui augmentait également, à des taux qui parfois dépassèrent 10% par an sur plusieurs années. Dans une évaluation de l'énergie totale consommée au Canada en 1965 - 141 millions de tonnes métriques en équivalent de charbon bitumineux - la composante charbon assurait 15%, alors que les hydrocarbures assuraient 75%: "Fuels in a developing country" (The Melchett Lecture, 1965) par A. Ignatieff (Journal of the Institute of Fuel, vol. 42, pp. 51-58, 1969).

Au cours des années 50 et pendant une partie des années 60, le groupe de la Direction des mines consacra

un effort considérable à encourager l'utilisation de chargeurs automatique dans les fournaies domestiques, institutionnelles et commerciales; ceci fut suivi de recherches sur l'amélioration du rendement de la combustion en général, avec un accent particulier sur la prévention de la pollution de l'environnement. Les efforts principaux portaient sur le charbon, mais il y avait également des recherches considérables sur l'utilisation des hydrocarbures dans la combustion.

L'association étroite du groupe de la combustion de la Direction des mines avec le Dominion Coal Board, successeur du Dominion Fuel Board, et particulièrement avec Lou O'Brian, l'agent technique principal qui jouissait de la plus longue expérience dans ces deux organismes, se poursuivit dans la période de l'après-guerre, jusqu'à la dissolution de la Commission en 1970. On entreprit deux études principales pour le Dominion Coal Board dans la fin des années 40. La première concernait les propriétés chimiques et physiques de 23 wagons d'échantillons de charbon utilisé sur les lignes occidentales des chemins de fer Canadien National et Canadien Pacifique pendant 1949, avec considération particulière de la consistance de taille du charbon avant et après passage dans un chargeur automatique normal de locomotive. Cette étude concernait des plaintes émises par les compagnies ferroviaires sur l'excès de fines dans le charbon fourni par les mines, déjà mentionnées ci-dessus (FRL report 130, 1949 par C.E. Baltzer, W.H. Harper et G.F. Stunell (1948-1949). Une étude semblable fut exécutée pour C.P.R. en 1950 sur cinq wagons d'échantillons du charbon utilisé sur la ligne orientale (FRL Report 130A 1951 par C.E. Baltzer et W.H. Harper).

La deuxième étude effectuée pour le Dominion Coal Board, avait essentiellement pour but d'encourager l'utilisation de charbon de l'ouest en Ontario, et fut exécutée par Baltzer et E.R. Mitchell, qui entra dans le groupe à la fin de 1949. Il s'agissait d'un examen de génie de toutes les installations de vapeur de l'Ontario brûlant au moins 5 000 tonnes de charbon par an, et de toutes les installations de chauffage du gouvernement de l'Ontario. On publia 4 rapports principaux (FRL Reports 146 et 146A, par Baltzer et Mitchell, 1950; et FRL Reports 146B et 147 par Mitchell et Baltzer, 1951). Baltzer, et par la suite Mitchell et ses associés à la demande du Dominion Coal Board, consacèrent un temps considérable dans les bâtiments du gouvernement et les camps militaires à des problèmes de combustion du charbon et d'accroissement de coût dans la manutention et l'entretien, qui entraînait une comparaison défavorable avec le pétrole ou le gaz naturel, que beaucoup de ces installations adoptèrent.

Combustibles et énergie

Un petit groupe, constitué de 2 agents seulement (C. Baltzer, qui faisait partie de la division depuis 1923, et W. Harper, qui arriva en 1927) fut établi au

début de 1955 pour évaluer les approvisionnements en électricité et les tendances dans l'industrie de production d'énergie électrique, et pour coordonner les services de consultation sur les problèmes de combustibles et d'énergie concernant les organismes gouvernementaux. Un grand nombre de rapports, dont beaucoup à diffusion restreinte en raison de leur nature consultative, furent émis pour diverses organismes, particulièrement le Dominion Coal Board. La fonction de consultation était toujours importante dans le groupe de combustion, particulièrement à partir du début de la deuxième guerre mondiale. En conséquence, Baltzer était la personne voulue pour concentrer ses efforts dans ce domaine. Ceci laissa plus de temps et plus de portée aux activités de Mitchell dans le développement du programme de recherche et développement sur la combustion.

Les études de combustibles et d'énergie étaient effectuées à l'échelle nationale autant qu'à l'échelle régionale. Les sujets principaux de ces études concernaient les caractéristiques et les coûts des combustibles utilisés dans la production d'énergie électrique, la substitution du pétrole dans les installations de chauffage et d'énergie, les prévisions de demande énergétique, les statistiques d'énergie électrique, etc. Il y eut peu de prévisions officielles jusqu'à la formation de l'Office national de l'énergie en 1959, à la suite de la recommandation de la Commission royale d'enquête 1955 sur les perspectives économiques du Canada. Les prévisions de cette commission étaient que la croissance des besoins énergétiques serait légèrement inférieures à la croissance du produit national brut. Un rapport écrit en style populaire fut publié en 1957, contenant des prévisions pour les régions et pour l'ensemble du Canada, sur la base 1953, jusqu'en 1975. On prévoyait une croissance comparée annuelle de 4% pour le Canada, les prévisions étant qu'il faudrait près de 166 milliards de kilowatt-heures en 1975. Cette prévision s'est avérée modeste: en fait la consommation en 1975 était de 280 milliards de kilowatt-heures: "Énergie et population" par C.E. Baltzer et John Convey (MB Memorandum Series 133, anglais et français, 1956 et 1957).

Baltzer entretenait une association étroite avec l'industrie de production d'énergie électrique, et à sa retraite Tibbetts continua cette association, par l'intermédiaire de la section thermoélectrique (zone est) de la Canadian Electric Association. Baltzer était également responsable de la liaison de cette association avec la division du charbon du CIM.

Lorsque la loi sur le développement énergétique des provinces de l'Atlantique fut promulguée en 1958, Baltzer prépara les rapports sur les subventions pour le charbon. Étant donné la croissance rapide des besoins d'énergie électrique du Canada, la section recueillait les articles de presse sur les barrages hydroélectriques, les centrales thermoélectriques et les questions apparentées, qui furent publiées en deux éditions: "Power briefs, 1st edition" par C.E. Baltzer

et W.H. Harper (FRL Report 207, 1955) et "Power briefs, 2nd edition" par C.E. Baltzer et W.H. Harper (TM 58/58). En 1957, la 20ième Annual Joint Solid Fuels Conference of American Societies of Mechanical and Mining Engineers eut pour la première fois lieu au Canada - à Québec - et la division du charbon du CIM assumait la responsabilité de l'organisation. Plusieurs communications furent présentées par des auteurs canadiens, y compris "The Canadian power situation with particular reference to thermal-electric power" par C.E. Baltzer (Trans CIM, vol. 61, pp. 32-39, 1958).

Baltzer prépara un mémoire sur l'énergie thermoélectrique pour la commission royale d'enquête sur le charbon de 1959 (IR FMP 60/65), et publia un article qui mit à jour les besoins de charbon pour la production d'énergie thermoélectrique canadienne, qui connaissait une croissance rapide pendant la fin des années 50 et le début des années 60 (CIM Bull, pp. 841-46, novembre 1961).

Baltzer prit sa retraite en 1965, après 42 ans de travail à la Direction des mines, et fut employé pendant plusieurs années encore par le Dominion Coal Board, en raison de sa vaste expertise; c'était un de ces hommes extrêmement travailleurs. Harper se joignit à Charbonnier jusqu'à sa retraite en 1969, également au bout de 42 ans de service, dont le service dans l'armée pendant la deuxième guerre mondiale, finissant avec le grade de capitaine. La section fut dissoute à la retraite de Baltzer, et certaines de ses activités furent reprises par le groupe de Mitchell; mais on voyait, à cette époque, apparaître sur la scène canadienne un grand nombre d'experts en énergie.

Charbon

En 1951, à la demande du Dominion Coal Board, Mitchell, assisté d'A. Yates du point de vue analytique, entreprit un projet sur la récupération du soufre à partir des gaz d'échappement à plusieurs usines de pâte à papier dans l'est du Canada, que menaçait une pénurie de soufre élémentaire pour le traitement. À partir de cette enquête, il fut établi que l'on pouvait récupérer entre 26% et 125% des besoins des usines à partir des gaz d'échappement d'ordinaire émis dans l'atmosphère: "Summary report of tests for the SO₂ and SO₃ contents from high sulphur coals used in pulp and paper power plants" par E.R. Mitchell et A. Yates (FRL Rep 158, 1951). La production de soufre à partir d'une industrie des gaz naturels en expansion rapide dans l'ouest du Canada mit rapidement fin à la pénurie de soufre.

Les premiers tests sur les turbines de charbon, mentionnés au chapitre 5, furent effectués en 1950-52 sous la direction de Warren, en consultation avec les docteurs B.L. Mordell par H.P. Hudson, J.D. Robertson (1949-1953), et T.R. Skerry (1949-1956). On étudia deux aspects du cycle de chauffage par l'échappement. Le

premier avait l'échangeur de chaleur interposé entre la chambre de combustion et la turbine, de sorte qu'au lieu d'avoir une érosion et une corrosion des aubes de turbine, les tubes de l'échangeur de chaleur seraient sur le passage des gaz et particules chauds. Ces travaux furent décrits dans un rapport spécial non numéroté de la Division des combustibles en 1951: "Heat exchange experiments for the Mordell cycle coal-fired gas turbine" par T.E. Warren, H.P. Hudson, J.D. Robertson et T.R. Skerry. Le deuxième aspect concernait la chambre de combustion et fournaise secondaire cyclonique conçue et testée avec une série de charbons canadiens, produisant des résultats satisfaisants. Cette chambre de combustion fut plus tard utilisée pour une application de fusion, comme on l'a mentionné ci-dessus: "Canadian coals for the cyclone combustor" par H.P. Hudson et T.R. Skerry (rapport spécial non numéroté de la Division des combustibles 1954). On prépara également une communication résumant les travaux et développements ci-dessus, pour présentation à l'assemblée annuelle de la Mining Society of Nova Scotia en juillet 1952: "Coal-fired gas turbines" par T.E. Warren, H.P. Hudson, J.D. Robertson et T.R. Skerry. Hudson donna son assistance dans l'installation de l'usine pilote du Gas Dynamics Laboratory de l'université McGill à Ste. Anne de Bellevue, et W. Foster-Pegg (1953-1957) et A.W. Haddon (1953-1958) furent engagés spécialement pour ce projet. Le Professeur J.W. Stachiewicz était gérant du projet pour McGill, responsable envers le Professeur Mordell. L'installation fut mise en service en 1953, et après sa plus longue durée de fonctionnement (270 heures), on observa la corrosion des tubes de l'échangeur de chaleur.

Mitchell assumait la liaison de la Direction des mines avec le projet Mordell en 1955, et organisa dans la Direction une table ronde sur la corrosion, publiant quatre rapports de la Division des combustibles (TM 1A, 1B et 17, en 1955, et TM 31 en 1956). On effectua des modifications majeures dans la fournaise et l'échangeur de chaleur, et l'installation fonctionna près de 1000 heures, avec des durées de fonctionnement individuelles allant jusqu'à 200 heures. En novembre 1956, on organisa un symposium à McGill, pour stimuler l'intérêt dans la mise au point d'une installation génératrice stationnaire à turbine. A l'époque, les chemins de fer n'avaient pas manifesté d'intérêt dans le développement de machines de traction à turbine, mais malgré tout le Docteur O. Solandt, alors chef de recherches pour le Canadien National, était présent au symposium. Mitchell prépara un rapport "Techniques employed in heat exchanger corrosion investigations for the Mordell coal-burning gas turbine project", ainsi qu'un tour d'horizon des travaux en Europe sur les turbines à combustibles solides (FRL Rep 255, 1956). Ce tour d'horizon était fondé sur une visite en Europe pendant l'été 1956, avec participation à la World Power Conference à Vienne, et des visites à plusieurs établissements de recherche. Dans le but d'agrandir les possibilités d'application de la turbine en la rattachant à la vapeur, il effectua une étude conjointe avec

Burrough: "An analysis of coal gasifier-gas turbine steam boiler combination for generating power" (TM 24/57). Mitchell obtint un brevet canadien. Comme l'industrie ne manifestait pas de réactions positives, le projet fut arrêté au début de 1958. Un rapport sur le projet et le symposium fut publié dans la série des Monographies de la Direction des mines: "Experimental coal-burning gas turbine exhaust-heated cycle" par J.W. Stachiewicz et D.L. Mordell (MB Monograph 867, 1960). Un volume distinct, portant le même numéro, fut publié sous le titre "Proceedings, conference on coal-burning gas turbines" sans nom d'auteur. Mitchell devint correspondant spécialisé sur les turbines à gaz par l'intermédiaire du chef de la Division, qui représentait le Canada dans le Commonwealth Committee on Fuel Research (CCFR) formé en 1947.

Mise au point de chargeurs automatiques

On fit un effort soutenu dans la période 1950-1955, pour rendre populaire l'utilisation de charbons canadiens dans des petits chargeurs destinés essentiellement aux utilisations domestiques et pour les petits édifices. La plupart de ces chargeurs étaient conçus aux Etats-Unis pour utilisation avec des charbons de bonne qualité. Mitchell effectua des essais en 1952 sur cinq groupes de charbons de l'Alberta, allant des qualités à faible teneur en volatils jusqu'aux sous-bitumineux, et compara les résultats avec un brûleur automatique à l'huile; ce dernier présenta des résultats plus favorables. On s'efforça d'assurer la promotion du charbon par des fiches d'instructions illustrant la combustion de divers types de charbon. Les conférences Dominion/Provinces de recherche sur le charbon, prédecesseurs de l'actuelle Conférence du charbon, - commencée en 1959, encouragèrent la division du charbon du CIM à promouvoir l'utilisation des types d'équipement les mieux adaptés à la combustion de charbons canadiens donnés. En conséquence, on organisa en 1959 un forum sur le chauffage domestique à l'assemblée générale annuelle de l'ouest à Calgary. Un programme plus ambitieux fut préparé à l'assemblée générale annuelle de l'ouest en 1952 à Winnipeg, comportant la présentation de communications mais également une exposition à l'université du Manitoba de chargeurs en fonctionnement, qui brûlaient des charbons de qualité moyenne à supérieure de l'Alberta et de la lignite de la Saskatchewan; il y avait trois types de chargeurs, décrits par E.R. Mitchell, Docteur W.A. Lang du Alberta Research Council et J.E. Rougeau de Great West Coal Company, avec Baltzer comme président de séance. "Forum on the automatic burning of coal" (CIM Bull, pp 242-49, avril 1953). Il est possible de conclure qu'au milieu des années cinquante les efforts pour maintenir l'utilisation domestique du charbon, particulièrement dans les zones urbaines de l'ouest du Canada, étaient une cause perdue, en raison des avances rapides du pétrole et du gaz naturel. En 1955, le nom de la section fut changé en Génie de la combustion, et en 1954 Mitchell fut nommé chef de la section; l'accent

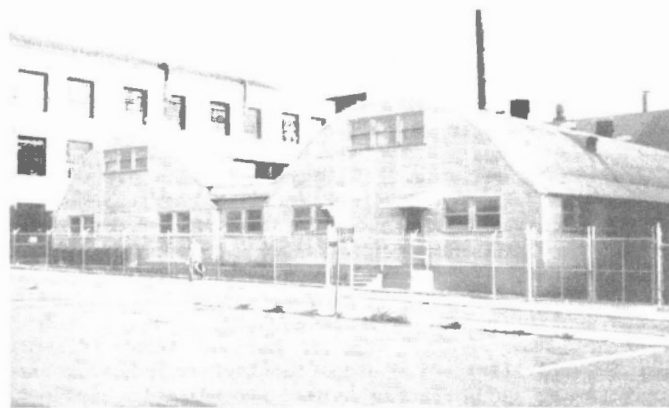
passa à ce moment-là au chauffage institutionnel au charbon dans le centre et l'est du Canada, principalement dans les organismes gouvernementaux. Mitchell eut quelques difficultés à augmenter la section, en partie en raison du manque d'ingénieurs spécialisés dans la combustion au Canada; il disposa toutefois des services de Skerry jusqu'à son départ en 1957. La même année, F.D. Friedrich (1957 -) arriva, suivi en 1958 de G.K. Lee (1958 -), J.R. Fohse (1958 -) et d'un technicien, M.H. Weatherall (1953-1964). Ce groupe, comme les précédents, fut très productif, et il est juste de déclarer que toute réussite dans l'amélioration du rendement de la combustion des charbons hétérogènes du Canada fut due en grande partie aux conseils et directives donnés au cours du temps par les générations successives d'ingénieurs et chercheurs de la combustion de la Direction des mines. Bien avant que la pollution atmosphérique ne devienne une des questions débattues dans le public, la "réduction de la fumée" constituait un objectif principal de ce laboratoire et des installations industrielles progressistes.

Mitchell était un bon organisateur, et il donna son assistance au bureau du chef de la Division, participant à un certain nombre de comités et rencontres; par exemple, il fut président du programme pour la douzième conférence annuelle Dominion/Provinces de recherche sur le charbon tenue à Ottawa en 1960, méritant les félicitations du comité consultatif de la conférence. Il fut également secrétaire du comité consultatif canadien de la recherche sur le charbon, formé en 1961 sur la proposition de Docteur Lang à la conférence de 1960, et correspondant spécialisé du CCFR sur la combustion et les nouvelles méthodes de génération de l'électricité, etc. Ses services étaient très demandés par les organismes professionnels et industriels du Canada et des Etats-Unis, par exemple l'American Society of Mechanical Engineers, l'American Society of Heating, Refrigerating and Ventilating Engineers. Il fut un des fondateurs de l'Institute of Combustion and Fuel Technology of Canada. En 1959, la section déménagea dans le bâtiment Quonset ouest à 30, rue Lydia, après transfert au 555, rue Booth du personnel de la Division de la Radioactivité à la dissolution de celle-ci.

Il y eut un effort important, commencé en 1957 et poursuivi jusqu'en 1962, pour améliorer la combustion du charbon du Cap Breton dans des chargeurs automatiques institutionnels conventionnels, installés dans des installations de chauffage de plusieurs édifices fédéraux à Ottawa et ailleurs dans le Canada central. La première demande provint du ministère des Travaux publics en 1957, concernant les fortes émissions de fumée et les coûts élevés d'entretien de l'installation de chauffage central de la rue Cliff à Ottawa. Il s'agissait d'un chargeur à grille baladeuse à allumage par épandeur. Des expériences indiquèrent qu'il était nécessaire de revoir les agrafes de la grille, et d'apporter des modifications au chargeur et au système de turbulence de la chaudière. Ces modifications

réussirent, et en conséquence des modifications semblables furent apportés aux deux autres chaudières dans la saison suivante (TM 39/58, Mitchell et Friedrich). Suivirent des demandes de diagnostic et de résolution de difficultés, ainsi que de conseils sur de nouvelles installations, y compris des textes d'acceptation d'équipement à de nombreux établissements fédéraux, avec des types divers de chargeurs automatiques, principalement le type à alimentation inférieure.

Les difficultés principales causées par les charbons des Maritimes provenaient de leur forte tendance à l'agglomération, de la faible température de fusion de leurs cendres, et de la pratique de combustion en lits épais sur les grilles. En 1959 la Dominion Steel and Coal Corporation conclut un accord de recherche coopérative avec la Direction des mines pour étudier l'effet d'additifs et l'amélioration des caractéristiques de formation de laitier, ainsi que la poursuite de l'amélioration des chargeurs conventionnels pour mieux les adapter aux caractéristiques de combustion du charbon de Dominion. Cet accord assura les fonds nécessaires pour l'engagement d'un technicien, J.Z. Skulski, qui avait une bonne formation en chimie et resta jusqu'à la fin du projet en 1964, après quoi il entra au Laboratoire des combustibles solides comme chimiste analytique. La première partie du programme Dominion sur les additifs indiquait que plusieurs additifs pouvaient élever la température de ramollissement des cendres, mais leur usage n'était pas jugé économique. On mit au point une formule à partir des pourcentages de composantes acide et basique de la cendre, pour prédire la température de ramollissement de la cendre dans les mélanges charbon/additifs. On établit également qu'une atmosphère oxydante dans la fournaise augmentait la température de ramollissement de la



Les hangars Quonset du 30 rue Lydia, occupés par la Division de la Radioactivité jusqu'en 1959, puis par la Recherche minière (gauche) et le Génie de la combustion (droite)

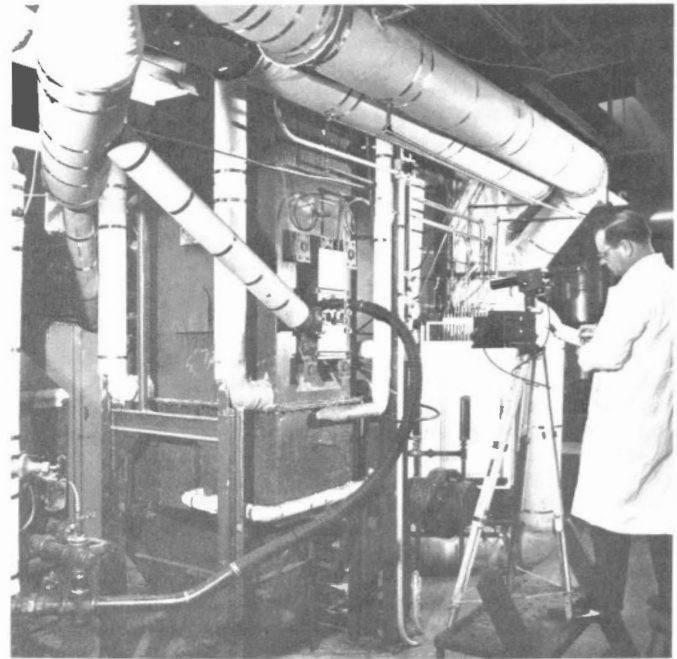
endre, mais que la présence de carbone dans la cendre en réduisait la température: "Index of ash clinking and the influence of additives on eastern Canadian coals" par G.K. Lee et J.Z. Skulski (MB TB 19, 1961). La deuxième partie concernait le blocage des passages d'aération dans les barreaux de la grille par la cendre fondue, causant un chauffage excessif et des dommages. On conçut et breveta toute une série de barreaux et de connections, présentant de meilleures ouvertures d'aération, pour améliorer le transfert de chaleur et le refroidissement des barreaux, pour divers types de chargeur automatique. On introduisit un alliage plus résistant, après consultation de la Division de métallurgie physique. On accorda une licence à deux fonderies, l'une à Merrickville, Ontario et l'autre à North Sydney, Nouvelle-Écosse pour la production de ces barreaux et connections. On put obtenir une combustion meilleure et réduire l'émission de fumée, en améliorant la distribution de l'air. Pour les chargeurs à vis sans fin, on conçut un appareil de réduction de fumée breveté. Les conclusions de cette étude complète furent résumées dans une publication: "Research on the application of Eastern Canadian Coals to large stokers" par E.R. Mitchell, F.D. Friedrich et G.K. Lee (MB TB 14, 1961).

La notion d'un chargeur particulier pour la combustion des charbons de l'est du Canada apparut tôt dans le projet. Pendant la saison de chauffage 1958, on effectua des expériences sur une grille oscillante à allumage par épandeur à l'usine Dosco d'Etobicoke, Ontario. Ces essais fournirent des informations précieuses avec des résultats prometteurs: "Combustion of eastern Canadian coal in thin fires on a spreader-fired air-cooled oscillating grate" par E.R. Mitchell, F.D. Friedrich (Division des combustibles) et G.A. Gauthier (Dominion Coal Company) (MB TB 1, 1959). Ce rapport eut une certaine influence sur l'installation de grilles oscillantes dans un hôpital des anciens combattants et dans deux camps, l'un de l'armée et l'autre de la RCAF.

Au cours des cinq années suivantes, la conception fut améliorée par l'incorporation d'une grille vibrante et de dispositifs de pré-chauffage du charbon permettant de supprimer sa tendance à l'agglomération. Le modèle de laboratoire fit l'objet d'essais étendus des grilles et fournit les critères de conceptions pour le modèle commercial d'un ensemble de chaudière à chargeur mécanique, qui fut finalement acheté pour l'installation de chauffage du complexe de Bells Corners de la Direction des mines: "Development of model vibrating-grate stoker for strongly caking coals" par F.D. Friedrich (Journal of Institute of Fuel, London, Vol. 38, pp. 102-110, 1965). Toutefois, les textes d'acceptation indiquèrent qu'il faudrait des ajustements supplémentaires, et en raison du coût comparativement élevé du charbon par rapport du pétrole, on prit finalement la décision de chauffer le complexe au pétrole.

Combustion industrielle

A la fin des années 50, l'opinion générale de la Division était que l'avenir des charbons canadiens, avec leurs caractéristiques très variables, se situait dans la production d'électricité et dans les grosses applications industrielles, qui pourraient employer les charbons produits en vrac à bon marché. Ce fut là une des raisons principales de la décision prise par le groupe de la combustion de mettre au point un appareillage de recherche utilisant comme combustibles du charbon pulvérisé ou des huiles résiduelles. Au cours du temps, cet appareil apporta des contributions substantielles à l'industrie canadienne de génération thermique. On prépara un modèle à l'échelle pilote incorporant une chaudière à tubes d'eau chauffée au charbon pulvérisé, avec une fournaise à soutirage de scories conçue pour brûler 200 livres de charbon bitumineux ou 16 gallons d'huile par heure, correspondant à un débit de vapeur de 1500 livres par heure à 15 psig. La combustion était effectuée par deux brûleurs opposés inclinés vers le bas au-dessus de la chambre de scorie. Les gaz de combustion passaient de la chaudière dans un chauffeur d'air expérimental, avec tubes



E.R. Mitchell notant les données d'une étude de flammes en diffusion turbulente dans une chaudière au charbon à l'échelle pilote (Photo - George Hunter)

d'acier inoxydable interchangeable, pour études de corrosion à haute température, et ensuite à un chauffe-air conventionnel avant de passer dans la cheminée d'échappement. La vapeur de la chaudière était dissipée dans un condenseur refroidi par air.

Les composantes principales furent fournies à prix réduit par Foster-Wheeler Limited de St. Catharines. Les accessoires furent grande partie achetés, en partie récupérés à partir des rejets de la Direction. La construction reçut l'aide de la section d'équipement de construction de la Division, ainsi que la Division des services techniques. L'installation fut mise en service à la fin de 1962, et fut "rodée" à l'huile et, dans certain tests préliminaires, au charbon.

En 1963, on effectua quatre tests avec des charbons cokéfiabiles à cendre fusible à basse température, suivis en 1964 de lignite de la Saskatchewan. Cet appareil servit d'installation de recherche pour l'étude de l'aérodynamique des brûleurs, des réactions de combustion, du mécanisme de dépôt de cendre dans le foyer, de corrosion, de transfert de chaleur, et de la relation du point de rosée gaz sulfureux - gaz sulfurique. Une communication fut préparée pour le Centennial Symposium on Science and Technology of Coal de 1967, sur l'influence de divers facteurs sur le potentiel de corrosion des gaz d'échappement de chaudière, provenant de la combustion de deux charbons de l'est canadien à haute teneur en soufre et d'une lignite de la Saskatchewan. Les résultats indiquèrent que les dépôts continus provenant du courant gazeux viciaient les données d'équilibre applicables aux taux de corrosion. Une observation importante fut que la corrosion était minimale si l'excès d'oxygène était inférieur à 1%, et que la corrosion était élevée si le pourcentage d'oxygène dans le gaz d'échappement était de 3%: "Effect of fuel characteristics and excess combustion air on sulphuric acid formation in a pulverized-coal-fired boiler" par G.K. Lee, F.D. Friedrich et E.R. Mitchell (Proceedings of Symposium on the Science and Technology of Coal, Special Centennial Volume, EMR, publié par la Direction des mines, Ministère de l'énergie, mines et ressources, Ottawa, 1967).

On effectua des essais sur deux lignites à forte teneur en cendre d'Onakawana, Ontario et Bienfait, Saskatchewan. Les résultats indiquèrent un encrassement des surfaces de transfert de chaleur à haute température, dû à des particules alcalines superfines condensées à partir de la vapeur, qui avait pour effet de cimenter les particules de cendres volantes en des dépôts frittés massifs: "Combustion and fouling characteristics of two Canadian lignites" par F.D. Friedrich, G.K. Lee et E.R. Mitchell (MB RR 208, 1969).

La section était par tradition consciente du besoin de contrôler non seulement les émissions de fumée mais également les émissions de gaz toxiques et de particules. Mitchell fut nommé en 1958 président de la Commission d'appel sur la pollution de l'air de la

ville d'Ottawa. En 1960, on entreprit une étude des documents publiés pour évaluer les effets physiologiques sur les végétaux des gaz d'échappement contenant du gaz sulfureux et du gaz sulfurique, et sur la contamination des sols par les cendres volantes. L'étude montra que l'émission des oxydes de soufre atteignait des niveaux dangereux pour les végétaux au voisinage immédiat, lorsqu'une installation de production de vapeur utilisant du charbon à haute teneur en soufre atteignait une capacité de 1,4 millions de livres par heure (IR FMP 61/135, G.K. Lee et A. Laur (1960)).

En 1960 également, à la demande de la Nova Scotia Light and Power Company, on exécuta une étude sur l'émission de poussières fines agglomérées dans les cheminées des fournaies à combustion cyclonique de la compagnie à Halifax. Les résultats montrèrent que les agglomérés étaient des sphères d'une taille allant de 17 microns à des niveaux inférieurs au micron, et étaient composés de cendres de charbon dont le constituant principal était l'oxyde ferrique. Les particules étaient enduites d'un sulfate de sodium, calcium et aluminium soluble dans l'eau. On conclut que ce dernier était dérivé des huiles résiduelles également utilisées dans l'installation. On recommanda une séparation électrostatique à faible vitesse: "Agglomeration of super fine fly ash in high-velocity streams" par E.R. Mitchell et G.K. Lee (Trans CIM, vol. 65, pp. 380-384, 1962).

Au cours des années, la communauté des ingénieurs en combustion, tant dans le secteur gouvernemental que dans le secteur industriel, acquit une confiance considérable dans la section, et demanda des tests d'acceptation d'équipement et la solution de certains problèmes de combustion. On mit au point des sondes pour la mesure des températures dans des fournaies de grande taille difficiles d'accès, et pour le prélèvement d'échantillons de poussières. Dans le début des années 60, la section entreprit la tâche monumentale de préparer une série de volumes sur les données de combustion des combustibles canadiens, et sur les données de pertes de chaleur pour divers combustibles utilisés dans le commerce au Canada; toutes les données provenaient des archives de la section de génie de la combustion, remontant presque jusqu'à son commencement. Ces données de combustion avaient pour but d'aider les concepteurs d'équipement, et les données de pertes de chaleur avaient pour but de permettre aux exploitants de déterminer le rendement sans avoir à effectuer des mesures complexes. On publia finalement trois volumes, à partir de la fin des années 60, le charbon étant publié en deux parties. Mitchell nomma comme auteurs ses associés, malgré sa participation à l'élaboration des données (142).

Hydrocarbures

Au début de 1958, la marine royale canadienne

demanda des conseils sur la manière d'extraire les scories des appareils de surchauffe dans les chaudières navales faisant usage de pétrole vénézuélien; les moyens mécaniques et les acides n'avaient pas réussi. On examina de nombreux spécimens, et la section détermina que la liaison entre les tubes de surchauffe et l'huile de chauffage était causée par les sels de sodium et les acides contenus dans les composants lourds du pétrole. La scorie était dense mais poreuse, et on recommanda d'utiliser de la vapeur contenant un agent de mouillage jusqu'à amollissement de la scorie, ce qui permettrait alors de l'extraire avec de l'eau ou un moyen mécanique (TM 103/158, G.K. Lee). Cette première étude mena la RCN en 1959 à commanditer un projet de recherche sur la combustion du fuel-oil pour étudier le mécanisme de dépôt de cendre sur les surfaces de chauffage de chaudière, et pour déterminer des mesures préventives. On effectua une évaluation de quatorze dépôts en foyer produits dans des périodes de fonctionnement de cent heures dans un appareil construit au laboratoire pour simuler les conditions de dépôt de scorie dans les appareils de surchauffe des chaudières de marine. L'huile avait une forte teneur en soufre et en vanadium. On examina les dépôts par voie chimique et optique et par diffraction de rayons X, cette dernière méthode sur le conseil du laboratoire britannique de la compagnie Shell. Dans la phase suivante, on effectua 44 essais de cent heures chacun, pour évaluer 20 additifs d'huile de chauffage, y compris des marques réservées. L'additif que l'on finit par sélectionner était une formule spéciale composée de magnésie et alumine suspendues dans un support d'huile avec un produit de dispersion approprié. On passa aux essais de bord, qui donnèrent des résultats encourageants. On découvrit que cet additif réduisait la corrosion dans la partie froide de la chaudière: "Investigation of fuel oil additives to prevent superheater slagging in naval boilers" par G.K. Lee, E.R. Mitchell, R.G. Grimsby et Lt. Cmdr. S.E. Hopkins, ces deux derniers de la RCN. (Réimprimé de Proceedings of American Power Conference, vol. 26, pp. 531-552, 1964; MB TB 66, 1965).

Cette longue période d'expérimentation donna une meilleure compréhension de la chimie des cendres de pétrole à haute température; on considérait que le mécanisme de dépôt était fondé sur la diffusion de vapeur. La réduction des excès d'air de combustion produisit des résultats désirables: la température du point de rosée fut élevée, en raison de la réduction de la formation de gaz sulfurique et de la formation d'oxydes moins élevés de vanadium, présentant des températures de fusion plus hautes.

Le contrôle des propriétés thermophysiques de la cendre au moyen d'un additif permettait de contrôler la structure du dépôt de cendre, lui donnant une consistance légère et floconneuse facile à retirer. Un rapport final sur cet additif fut présenté à l'American Power Conference de 1966: "Formation of oil ash deposits on boiler surfaces and control by additives"



L. Richards perce des échantillons rocheux à Uplands, dans le cadre de la recherche sur le perçement au jet.



Équipement de perçement au jet; premier plan, pompe électrique et mesureurs de débit; centre gauche, torche à alimentation automatique.



D. Savignac et L. Geller effectuent des essais de coupage de glace sur la rivière Rideau, à Ottawa.

par G.K. Lee, E.R. Mitchell, R.G. Grimsby et D.H. Benn, RCN, (Proceedings American Power Conference, vol. 28, 1966). Lee et Mitchell présentèrent un rapport sur cette recherche au Naval Tripartite Meeting on Fuels and Lubricants à Ottawa en mai 1967.

La communauté industrielle s'intéressait à cet additif, qui fut breveté dans plusieurs pays, et dès 1965, deux compagnies américaines produisaient cette formule spéciale à l'échelle commerciale.

Mise au point de brûleurs

En 1957, on mit au point un appareil de chauffage à propane à faible débit de combustion, destiné à l'utilisation dans les puits de jaugeage fluviaux, pour éviter le gel des enregistreurs de niveau d'eau. On fabriqua quatre appareils pour le Ministère des affaires indiennes et des ressources nationales, et 18 appareils pour la Direction des levés hydrographiques. Cet appareil présentait un débit de chaleur de 2500 btu par heure (FRL Rep 267, 1957, par Mitchell et Friedrich).

En 1959, et au cours des trois années suivantes, la section s'occupa de combustion à haute intensité ou résonante, et l'un des projets concernait la Linde Compagny, qui s'intéressait à mettre au point une méthode de percement par jet pour forage des roches dans les mines à ciel ouvert, au moyen de brûleurs oxygène-combustible. L.B. Geller fut le représentant de la compagnie pendant une brève période et fut affecté à la section de génie de la combustion pour la durée de la recherche sur les brûleurs. Comme la section d'extraction minière et la Division de traitement des minéraux participaient à ce projet, M.A. Twidale, qui entra à la Direction des mines en 1958, fut nommé coordonnateur par le directeur. Geller entra à la Direction des mines en 1960.

Il s'avéra que la rupture de la roche provenait d'un mécanisme d'effritement - certaines roches s'effritaient plus facilement que d'autres. Toutefois, on découvrit le fait important que l'effritement se produisait à des températures considérablement inférieures à celles produites par les brûleurs oxygène-combustible. On passa alors à la construction et à l'opération d'un certain nombre de brûleurs à jet air-combustible. On mit au point une flamme stable pour un brûleur air-kérosène avec un rapport air-combustible élevé, produisant jusqu'à 75 millions de btu par pied cube par heure. On poursuivit les essais sur roche avec ce brûleur, et on fit des demandes de brevets aux Etats-Unis, au Canada et en Afrique du sud, qui furent octroyés en 1964, tant pour la méthode que pour l'appareillage de production de flammes air-combustible à vitesse sonique et supersonique; les auteurs étaient L.B. Geller et E.R. Mitchell. En tout, 13 rapports intérimaires de la Division furent rédigés, principalement par Geller, avec d'autres personnes de la Division du traitement

des minéraux. Ces rapports furent regroupés en un volume de 611 pages, contenant un résumé rédigé par Geller ainsi que 20 appendices par lui-même et d'autres auteurs. Ce volume fut préparé par l'un des meilleurs rédacteurs de l'histoire du ministère, D.A. Shenstone (143). Bien que ce projet n'ait pas réalisé son objectif pratique, la conception d'une machine universelle de percement de roches, on acquit des renseignements considérables sur les propriétés thermiques des roches dans des conditions de chauffage à rupture, qui pourraient finalement mener à la conception d'appareils de forage mécanique et thermique combinés, et peut-être à des machines à extraction continue.

Le brûleur air-kérosène fut adapté à un fonctionnement submergé, et fut essayé sur la glace de la rivière Rideau à Ottawa en février 1962. La pénétration était d'environ 50 pieds par heure pour un trou de 9 pouces de diamètre. Le brûleur s'avéra stable et fiable: "Destruction of ice formations and penetration of ice by air-fuel jet burner flames" par L.B. Geller (IR FMP 62/187).

En 1962, Green Steel Industries de Winnipeg demanda l'aide de la Direction pour supprimer les excès de bruit dans un chauffe-eau domestique au gaz breveté, qui faisait usage d'une combustion pulsée pour réaliser des débits de chaleur élevés. L'unité fut montée dans la chambre acoustique de la section, et on effectua des tests pour déterminer les distributions de niveaux sonores. Le CNR prêta un appareil de précision pour la mesure du niveau sonore, ainsi qu'un analyseur de fréquence. On détermina que le silencieux d'entrée d'air et de charbon était inefficace, et leur conception fut reprise. On fabriqua de nouveaux silencieux à la Direction, et on effectua des démonstrations de l'appareil aux fabricants à Winnipeg en 1963.

Il y a lieu de mentionner une conférence - la première conférence sur la technologie des combustibles fossiles tenue au cours de cette période. Elle fut organisée conjointement par le Ministère et l'Institute of Combustion and Technology of Canada sous le patronage du Gouverneur général du Canada, le général Vanier. Mitchell, en sa capacité de président de l'Institut et de président du comité du programme, fut aidé par ses associés immédiats Friedrich et Lee dans l'organisation de la conférence, qui eut lieu en mai 1963 à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Montréal, qui était l'alma mater du Docteur Marc Boyer, sous-ministre du ministère depuis 1950 jusqu'à sa mort en novembre 1962; cette conférence fut nommée Conférence Boyer en sa mémoire.

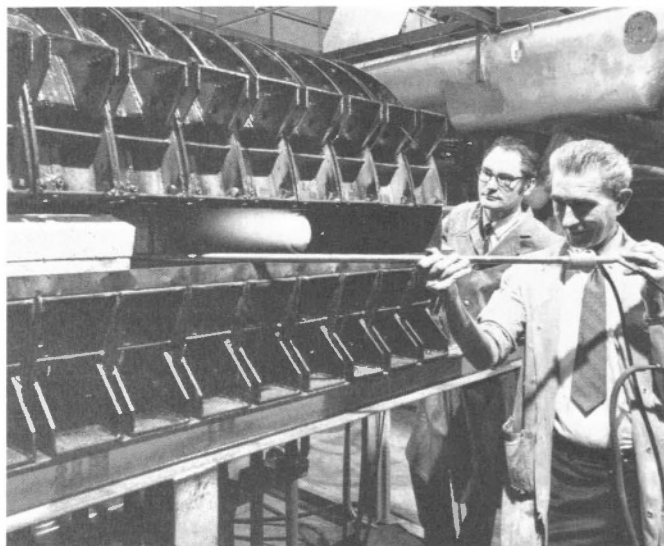
Parmi les communications des auteurs canadiens de diverses parties du pays, il y en avait une dont deux auteurs venaient de la section du génie de la combustion: "A pulsating combustion system for space heating" par J. Alebon, G.K. Lee et L.B. Geller. L'ensemble des communications fut publié en un volume bilingue. Le Docteur Charbonnier prit la responsabilité de

supervision des textes français, et assumait lui-même la traduction de beaucoup d'entre eux. D.A. Shenstone, V. McBride et J.P. Couture assurèrent la préparation et la production de ce volume remarquable (144).

En 1966, le groupe de la combustion devint membre du British Flame Research Committee et, par son intermédiaire, le laboratoire de combustion de la Direction des mines fut associé aux études fondamentales de l'International Flame Research Foundation (IFRF) à Ijmuiden en Hollande. Friedrich participa pendant plusieurs mois à l'une des études, où il acquit une expertise dans l'utilisation des sondes aérodynamiques. A son retour à Ottawa, on construisit des sondes de flamme.

En 1968, on conçut une fournaise à tunnel de conception unique pour des études systématiques sur l'histoire temps - température - espace des produits de combustion lumineux et non-lumineux. Dans ces études, on utilisa des sondes IFRF pour caractériser les paramètres thermophysiques, turbulence, brassage, etc. Plus tard, on utilisa cette fournaise pour étudier 12 brûleurs au nom de l'Oil Heating Association of Canada, pour améliorer les brûleurs domestiques. On présenta à l'IFRF un rapport sur cette fournaise à tunnel: "CCRL tunnel furnace design and application" par F.D. Friedrich, E.R. Mitchell, G.K. Lee et H. Whaley. Réimpression de IFRF, 2nd Members Conference, Ijmuiden, Holland, chapitre XV, pp. 1-18, mai 1971 (MBRS 104).

En 1970, en grande partie à l'initiative de Mitchell, Lee et Friedrich, membres actifs de l'Institute of Fuel Technology of Canada, organisèrent à Ottawa une première conférence commanditée par l'Institut canadien, l'Institute of Fuel de Londres et l'American Society of Mechanical Engineers de New York. Cette conférence, intitulée "North American Fuel Technology Conference", avait quatre thèmes principaux "Utilization and conservation of fuel resources", "Trends in fuel science", "New applications of fuels technology" et "The effect of fuels on the environment" (Utilisation et économie des ressources de combustibles, Tendances dans la science des combustibles, Nouvelles applications de la technologie des combustibles et Effets des combustibles sur l'environnement).



F.D. Friedrich et W.D. Shaw pratiquent le sondage aérodynamique de flamme dans la fournaise à tunnel (Photo - George Hunter)

En 1967, la section de génie de la combustion fut rebaptisée Laboratoires canadiens de recherche sur la combustion (Canadian Combustion Research Laboratories, CCRL) dans le centre de recherche sur les combustibles; E.R. Mitchell en était le chef, avec les associés suivants: G.K. Lee, F.D. Friedrich, R.G. Fohse et le Docteur H. Whaley. L'effectif du personnel professionnel était augmenté d'un - L.B. Geller - en 1960. En 1966, le Docteur H. Whaley entra dans le groupe, Geller fut transféré au centre de recherches minières et D.G. Savignac, qui avait commencé comme technicien dans le projet de percement de roches de Linde, fut nommé par la Commission de la fonction publique à un poste permanent en 1963. B.C. Post fut nommé en 1961, R.K. Jeffrey, W.D. Shaw et H. Raghunandan en 1966.

Mines

CHARBON

Le programme de recherche sur les mines fut développé en bonne partie à partir du recensement des méthodes d'extraction pratiquées dans les mines de charbon canadiennes, qui a été mentionné au chapitre 5; ce recensement indiquait la difficulté des conditions géologiques, qui interrompait la production et restreignait la possibilité de mécanisation souterraine dans certains des bassins houillers.

A la deuxième conférence Dominion/Provinces de recherche sur le charbon tenue en février 1950, Ignatieff proposa deux études qui furent exprimées dans les résolutions 5 et 6 - "inflammabilité et propriétés explosives des poussières de charbon et des poussières industrielles..." et "...nouveaux travaux de recherche

systematique et continue sur les pressions dans les roches..." Le Docteur R.H. Howland, qui représentait la Nouvelle-Écosse, incorpora ces résolutions, à titre de Document 4, dans son rapport du comité permanent sur le charbon, qui fut adopté à la 7ième Conférence des ministres provinciaux des mines à Victoria, Colombie-Britannique en septembre 1950.

Le projet de recherches sur les propriétés explosives des poussières de charbon et autres fut attribué au Laboratoire analytique des combustibles solides. On avait auparavant effectué quelques travaux préliminaires sur la méthode du Bureau of Mines des États-Unis, mais la charge de travail du laboratoire empêcha le démarrage du projet avant 1957. Tous les travaux de recherche dans le début du projet sur les pressions dans les roches furent consacrés aux problèmes du relâchement violent des contraintes dans les mines de charbon, exprimés dans le jargon du métier par les termes bump ("secousse") et burst ("éruption"). Le



Vue générale de la région de Crowsnest Pass, où furent effectuées les recherches sur la pression dans les strates. Le glissement de terrain de Frank se remarque par sa pâleur (Photo prëtée par le Docteur D. Norris, CGC, Calgary)



1



2



3



4



5



6



7

Les fondateurs du Groupe minier de la Direction des Mines étaient, à part l'auteur: 1 - F.L. Casey et 2 - A. Brown, suivis de 3 - C.A. Vary, 4 - T.S. Cochrane, 5 - H. Zorychta, 6 - F. Grant and 7 - L.C. Richards

bump, ou rockburst, est un relâchement soudain d'énergie de déformation associé d'ordinaire à l'extraction en mine profonde du charbon et des minéraux; il se produit le plus souvent au périmètre de régions relativement étendues d'extraction ou de soutènement. L'outburst est un événement soudain, presque entièrement restreint au charbon, et son occurrence est particulièrement fréquente dans les régions vierges au moment de l'ouverture, par creusement de tunnels ou d'entrées. Le plus grand nombre des outbursts, de loin, semble se produire dans les bassins orogéniques, où les strates ont été pliées ou faillées.

Dès le départ on adopta une approche interdisciplinaire pour ce projet, en combinant des études géologiques, des observations et des mesures dans les mines, en mettant au point des instruments appropriés et en étudiant les propriétés des roches et du charbon. En dehors de la section des mines, ce projet impliquait un certain nombre de groupes - la Commission géologique du Canada, la Division de métallurgie physique pour la mise au point des instruments, et la Division des minéraux industriels qui assurait au départ les services

de laboratoire pour les essais sur les roches. Lorsque le travail fut lancé en Nouvelle-Écosse, la Nova Scotia Research Foundation donna son assistance, par l'intermédiaire du comité de projet sur "les pressions dans les strates", dirigé par Howland, et cette participation fit elle-même intervenir le Nova Scotia Technical College, par ses installations de laboratoire, et le Nova Scotia Department of Mines, pour le forage au diamant de trous de sondage.

Le groupe originel des mines de la Direction des mines était composé de F.L. Casey (1941-1975), A. Brown (1949-1962) et A. Ignatieff (1947-1972). Il fut augmenté par l'adjonction de C.A. Vary (1948 -) en 1950 pour les études de bureau, et de deux ingénieurs des mines sur le terrain: T.S. Cochrane (1951 -) et H. Zorychta (1951 -). Lorsque Ignatieff fut nommé chef de la Division des combustibles en 1954, Brown devint chef de la section des mines. Les premières recrues ajoutées au personnel de terrain furent: F. Grant (1952 -) et L.C. Richards (1953 -). Tous deux provenaient des mines de la région de Crowsnest de Colombie-Britannique et d'Alberta. Après un bref séjour de

J.E. Wilson de la Division de préparation des minéraux et de métallurgie des procédés, R.H. Hardy Jr. (1953-1966) fut le premier physicien nommé pour évaluer les propriétés physiques du charbon et des roches.

Avec l'accord des compagnies minières et des ministères provinciaux des mines, on choisit quatre mines dans l'ouest du Canada pour des recherches en 1951. C'étaient la mine Elk River No. 3 près de Fernie en Colombie-Britannique, avec Herb Zorychta comme ingénieur de terrain responsable, International avec la mine McGillivray voisine à Coleman, Alberta, avec Tom Cochrane comme ingénieur de terrain responsable; et un peu plus tard la mine Galt numéro 8 à Lethbridge, surveillée par Cochrane et Grant. Les trois premières mines étaient situées dans le bassin orogénique de la région de Crowsnest Pass, qui présentait de fortes perturbations géologiques. Les veines de charbon inclinées avaient une épaisseur d'environ 10 pieds, avec une profondeur de recouvrement de 2400 pieds. L'extraction se faisait par salle et piliers, avec récupération des piliers dans les zones profondes. A Lethbridge, la mine était située à l'extérieur du bassin orogénique, sur le bord est du Synclinal de l'Alberta. Dans cette mine, on effectuait une extraction en salle, sans extraction des piliers étroits laissés dans une veine plate de 5 pieds à une profondeur d'environ 500 pieds, recouverte de couches peu résistantes. La coopération des compagnies minières, des ministères provinciaux des mines et des services d'inspection locaux fut excellente. Le seul aspect décevant des études de terrain fut la détérioration progressive du marché, qui empêcha un fonctionnement régulier des mines et eut pour effet la fermeture de certaines des sections où étaient installés des postes de mesure.

En 1952, le Nova Scotia Department of Mines, avec la Nova Scotia Research Foundation, demanda que la Direction des mines lance une étude dans les mines de Springhill, dont la mine numéro 2 était une des mines de charbon les plus profondes au monde, avec occurrence de bumps à une profondeur supérieure à 4000 pieds. Les organismes de Nouvelle-Écosse mentionnés ci-dessus donnèrent une aide considérable dans le lancement de ce projet. En 1953, Zorychta fut transféré de Fernie à Springhill, comme agent de terrain responsable. Les mines de Springhill étaient situées à la partie sud d'un vaste bassin sédimentaire. Bien que la colonne stratigraphique ait contenu une plus forte proportion de roches résistantes que dans le bassin de Sydney, les conditions géologiques n'étaient pas aussi sérieuses que dans la région de Crowsnest, et il est intéressant de noter qu'en dépit de l'occurrence de bumps, on n'avait pas noté d'outbursts.

Comme on l'a noté ci-dessus, le programme prévoyait des études géologiques. La Commission géologique apporta sa coopération dans la sélection d'un géologue, dans la personne de Don K. Norris, qui achevait ses études doctorales au California Institute

of Technology. Le Docteur Norris se révéla être un géologue compétent et enthousiaste, qui passa de nombreuses heures sous terre pour interpréter les caractéristiques structurales, souvent dans des emplacements dangereux. Sur ce point, il a lieu de dire que tous les membres du personnel de la Direction des Mines étaient souvent exposés à des conditions dangereuses, mais ne se dérobaient jamais à leur responsabilité. Norris resta associé avec le programme jusque dans les années 60. Il étudia le bassin houiller de la Nouvelle-Écosse, dont la structure est différente de celle des bassins de l'ouest. Ces études, dans tous les cas, portaient tant sur la stratigraphie que sur des structures de mines, générales ou détaillées. Il analysa l'influence des facteurs géologiques sur l'extraction minière, et sur l'occurrence de relâchement violent des contraintes: "Structural conditions in Canadian coal mines" par D.K. Norris, Bull 44, GSC, 1958.

Le Docteur P.A. Hacquebard, également de la Commission géologique, effectua un certain nombre d'études pétrographiques de charbons provenant des régions à outbursts et sans outbursts, qui indiquèrent qu'il n'existait pas de différence discernable entre les deux types.

Le Dominion Observatory à Victoria, Colombie-Britannique, apporta sa coopération en établissant des postes d'enregistrement sismique, comportant des sismographes Wilmore, pour déterminer si la sismicité régionale contribue à l'occurrence de bumps, mais les résultats indiquèrent en général que les incidents étaient induits par les activités d'extraction minière: "A seismic investigation of mine "bumps" in the Crowsnest Pass coal field" par W.G. Milne et W.R.H. White (Trans CIM, vol. 61, pp. 356-363 1958).

Pendant la période des observations minières, on surveillait le terrain superficiel au-dessus des zones d'extraction à McGillivray et Lethbridge, pour détecter tout affaissement. A la première mine, les couches



D.K. Norris

couches surimposées étaient composées de roches de résistance variable, avec une couche d'un conglomérat particulièrement résistant; par contre, à Lethbridge, les roches sus-jacentes étaient faibles. Cette différence se manifesta à la surface. Dans le cas de McGillivray, les affaissements prenaient la forme de fissures suivant la direction générale des entrées principales ou des niveaux creusés à la découverte pour l'extraction des blocs successifs de charbon, alors qu'à Lethbridge, on voyait se développer la déclivité classique d'affaissement sur toute la zone d'extraction.

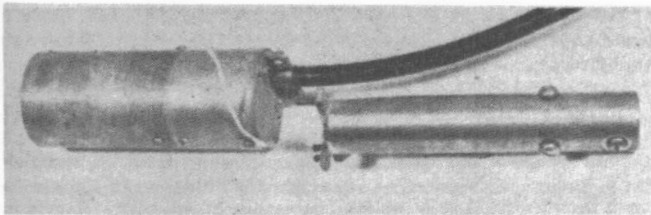
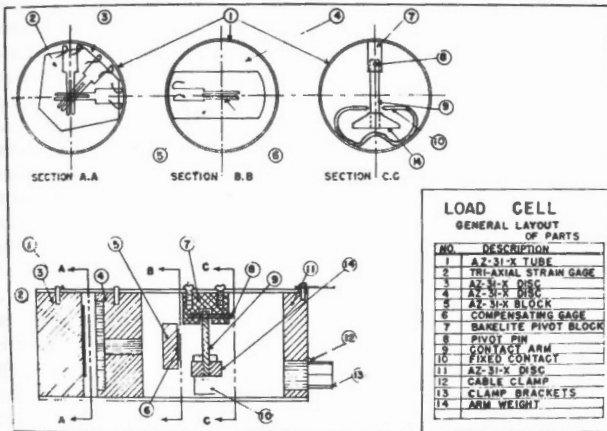
Sous terre, on effectuait des mesures et observations dans les zones de travail ouvertes, par exemple dans les entrées et les salles, en grande partie pour détecter les taux de mouvements de terrain, et sur place ou dans les piliers pour détecter les changements de contrainte. Dans les zones de travail les mesures concernaient le taux de fermeture, le comportement du plafond et du sol, la séparation et la migration des couches de plafond, au moyen de divers types d'appareils de mesure de convergence, et comportaient des levés de niveau de plafond ainsi que des états dynamométriques pour enregistrer le changement de charge. Ces instruments permettaient d'identifier les régions de forte contrainte ou les zones d'aboutement; cette identification était particulièrement importante à proximité ou à l'intérieur de la région d'extraction. Le comportement des structures solides, comme les piliers, exigeait d'utiliser exclusivement des instruments de trou de sondage. Les premiers appareils grossiers étaient constitués de plomb, puis plus tard de cylindres de caoutchouc hydraulique et d'acier. Ces instruments indiquaient l'ordre de grandeur de l'augmentation des contraintes dans une zone d'aboutement; on nota un doublement de la contrainte lorsque la ligne d'extraction en pilier était à moins de 100 pieds de l'un de ces appareils.

Pendant ce temps, Convey, alors qu'il était encore chef de la Division de métallurgie physique, encouragea la section de génie physique de sa Division, dirigée par R.C.A. Thurston, à prêter assistance au projet en mettant au point des instruments appropriés fondés sur leur expérience dans le domaine de la métallurgie. Deux des associés de Thurston étaient J.G. Buchanan (1950-1957) et F.W. Marsh (1950 -); ce dernier avait acquis de l'expérience en structures à Ontario Hydro. Ils conçurent trois instruments: un pour mesurer la résistivité électrique dans les régions présentant des tendances aux outbursts, une cellule de charge de contrainte pour mesurer la valeur et l'orientation des contraintes principales, et plus tard un instrument sonique pour l'évaluation de la fissuration des roches dans les mines de métaux. Pour assurer la sécurité de l'utilisation des instruments électriques dans une atmosphère de mine de charbon, Brown et Buchanan effectuèrent en 1952 des tests réussis d'explosion de mélanges métal-air. A l'époque, on n'avait pas encore établi le Laboratoire de certification.

L'appareil de mesure de résistivité à quatre électrodes fut essayé dans les mines d'Elk River en Colombie-Britannique, mais la plupart des expériences sur les outbursts furent effectuées aux mines de Canmore en Alberta. Pour la mesure des contraintes, la première cellule de charge à jauges de contrainte, de forme cylindrique pour placement dans un trou de sondage, contenait un disque d'acier sensible à la charge, sur lequel était montées trois jauges de contrainte collées au disque en rosette à 45 degrés: "A method of measurement of stress changes during mining operations" par J.G. Buchanan, F.W. Marsh, et R.C.A. Thurston (Can Min Journal), pp. 49-55 vol. 76, 1955). Ces cellules de charge furent utilisées dans des matériaux présentant des propriétés très différentes - depuis des charbons faibles et déformables jusqu'à des roches résistantes et cassantes. On arriva à réaliser une corrélation entre la contrainte dans le disque métallique avec celle dans la roche hôte, et il s'avéra que la cellule de charge n'était pas suffisamment résistante dans certains cas; toutefois les résultats généraux indiquèrent que la direction des contraintes ne présentait pas de corrélation avec une contrainte prédominante qui serait dérivée du poids des roches sus-jacentes, représentant environ un livre par pouce carré pour chaque pied de profondeur. Toutes les mesures ultérieures de contrainte sur place dans divers rocs et minerais contenus dans les bassins orogéniques de diverses périodes géologiques indiquèrent la présence de contraintes résiduelles ou rémanentes. La valeur de ces contraintes atteignait dans certain cas plusieurs fois celle du poids des roches sus-jacentes, ou contrainte gravitationnelle; la direction de la contrainte principale n'était pas nécessairement verticale. Ces preuves constituèrent peut-être la contribution la plus importante apportée par la recherche expérimentale à la mécanique des roches. Les résultats confirmèrent également l'existence de certaines contraintes très élevées dans les zones d'aboutement, indiquées par la valeur des mesures de convergence mentionnées ci-dessus. Il faut noter que ces mesures sur place des contraintes fournissaient des données uniquement sur les changements de contraintes, et non sur les contraintes existantes, qu'il était possible de déterminer en séparant un noyau assez gros de roche ou de minéral autour du trou de sondage d'origine avec sa cellule de charge, par trépanage ou carottage supérieur. Ces techniques ne furent pas utilisées dans le charbon, mais on effectua quelques essais de développement dans un tunnel rocheux à Canmore.

Les premiers essais des cellules de charge avec jauges de contraintes eurent lieu à la mine numéro 3, à Elk River; on effectua également des installations à la mine McGillivray, à Coleman et à la mine Galt, à Lethbridge, et plus tard à la mine Springhill, en Nouvelle-Écosse.

On effectua des essais sur des échantillons de roches et de charbon, portant sur certaines propriétés

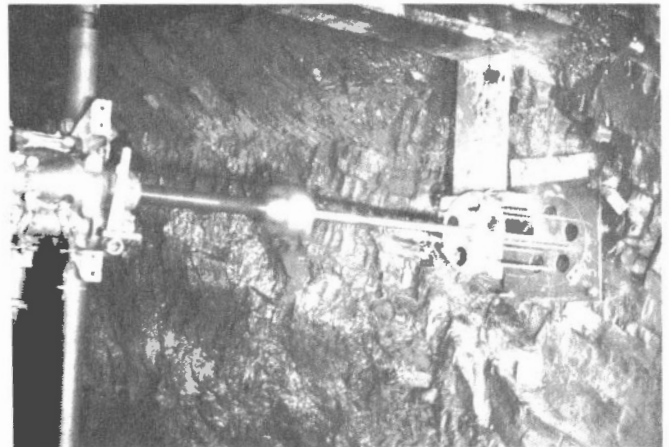


Structure de la cellule de charge en alliage de magnésium et vue de la cellule montée sur l'outil d'insertion (Photo - RCM, Déc. 1955)

physiques en compression uniaxiale - comme le module d'Young, la résistance à rupture en compression et l'énergie de contrainte à rupture. On reconnaissait dès le départ la différence entre la roche et le charbon, quant à la substance et à la masse, mais on décida d'effectuer des essais en laboratoire sur échantillons pour comparer les caractéristiques de résistance et de rupture. Ces travaux préliminaires indiquèrent une variabilité importante dans les résistances des grès, des schistes sableux et des schistes. La plus grande partie des charbons de l'ouest présentaient un fort degré de cisaillement, qui les rendait faibles, mais il y avait des cas de blocs de charbon conservant leur assiette et leur clivage d'origine, qui apparemment avaient été conservés en dépit du glissement interstratal des couches. Dans ces cas, la résistance de ces charbons du crétacé inférieur soutenait favorablement la comparaison avec ceux du carbonifère. Cette phase du travail fut entreprise par Hardy, et exécutée au départ dans le laboratoire des matériaux de construction et des minéraux industriels et dans la Division de métallurgie physique. Hardy publia les résultats en 1957 (FRL Report 242) et ils furent reproduits dans la

nouvelle série (1959) de bulletins techniques de la Direction des mines: "Standardized procedures for the determination of the physical properties of mine rock under short-period uniaxial compression" par H.R. Hardy Jr. (MB TB 8 1959). Comme il était évident que, dans les conditions d'extraction minière, les roches et les charbons étaient soumis à des effets de déformation progressive, Hardy entreprit de concevoir et construire des appareillages spéciaux, dont le premier modèle fut achevé en 1956: "The design and testing of apparatus for the experimental determination of the time-strain characteristics of mine rock" par H.R. Hardy (FRL Report 234). Cette activité constitua un projet majeur pendant la période où Hardy travailla à la Direction des mines. La recherche initiale, dans les mines et au laboratoire, indiqua les difficultés qui pourraient se présenter dans des matériaux rocheux variables avec un environnement de contrainte complexe.

Dans le contexte du renouveau d'intérêt pour la mécanique des sols qui se développa dans la période d'après-guerre dans les pays producteurs du charbon d'Europe, et de la poursuite de l'intérêt porté à l'occurrence des rockbursts dans les mines d'or profondes de l'Afrique du sud, on organisa un petit symposium international sur les contraintes dans les sols, avec référence particulière aux bumps et outbursts, pour un échange de vues; l'initiative fut prise par la Direction des Mines, par l'intermédiaire de la division des charbons de CIM, à l'assemblée générale annuelle à Montréal en avril 1964. Le président de ce symposium de huit communications fut W.A. Wilson, manager général de Canmore Mines Ltd., et président de la division des charbons: "Symposium on problems relating to ground stresses", (Trans CIM, vol. 57, pp. 246-282 et 506-520, 1954).



Premier trépanage expérimental de soulagement de contrainte mine Canmore n° 3

Des communications furent présentées par le professeur R.G.K. Morrison, chef du département des mines à McGill University, avec lequel des relations étroites existaient dès le départ du programme des mines à la Direction des mines, et qui était reconnu comme la plus grande autorité sur les rockbursts au Canada; le professeur Charles T. Holland, expert sur les mines de charbon aux Etats-Unis; le Professeur B. Schwartz, de France, spécialisé dans les mesures d'extractions en paroi longue; Oscar Weiss, géophysicien consultant d'Afrique du Sud; J.J. McIntyre, ancien manager général des mines de charbon International et McGillivray à Coleman, sur sa longue expérience concernant le contrôle des sols dans ces mines; W.A. Wilson sur les expériences d'outbursts dans les veines numéro 4 et Upper Marsh des mines Canmore (communication présentée également à l'Assemblée annuelle de l'ouest de novembre 1954) et le Professeur E.L. Cameron du Nova Scotia Technical College, sur les propriétés physiques des roches des mines canadiennes, portant tant sur les mines de charbon que sur les mines rocheuses. McIntyre et Wilson mentionnèrent tous deux dans leurs communications qu'il ne fallait pas ignorer l'influence de la tectonique, en relation avec les bumps à McGillivray et les outbursts à Canmore. La dernière communication résumait le programme du ministère décrit ci-dessus: "Current investigations of stress relief in Canadian coal mines" par A. Ignatieff, A. Brown, R.C.A. Thurston et D.K. Norris.

En 1956, à l'initiative de la Direction des mines, la division du charbon du CIM, associée à la division des mines de métal du CIM, organisa un deuxième symposium international sur les contraintes dans les sols à l'assemblée annuelle générale de l'institut à Québec. Ce symposium fut caractérisé par le fait que les six communications faisaient l'objet d'une pré-publication, et une session entière fut consacrée à la discussion de ces communications: "Discussion on ground stress" (Trans CIM vol. 59, pp 423-432, 1956). Le Docteur Convey assurait la présidence, et le professeur H.R. Rice de l'Université de Toronto était modérateur de la session. Trois communications provenaient du Canada (Professeurs R.G.K. Morrison et D.F. Coates de McGill University, Professeur A.V. Corlett de Queen's University et W.L. Gibson de Ontario Hydro), une des Etats-Unis (Professeur S. Boshkov de Columbia University) et deux de l'Afrique du Sud (A.J.A. Roux, H.G. Denkhaus et E.R. Leeman du South African Council for Scientific and Industrial Research, et C.J. Irvine). Les participants à la discussion provenaient du Canada (entre autres le personnel de la Direction des mines), du Tanganyika, du Royaume-Uni et des Etats-Unis. Ces symposia contribuèrent à établir les contacts et encourager le dialogue entre les spécialistes des groupes internationaux qui s'occupaient du domaine complexe de la mécanique des sols ou des roches appliquée aux activités minières. Ils furent les ancêtres des symposia sur la mécanique des roches, institutionnalisés par la création du Canadian Advisory Committee on Rock Mechanics en 1963.

En avril 1958, un rapport d'avancement de travaux sur la recherche sur les contraintes des sols dans l'ouest du Canada fut présenté sous forme d'un symposium de deux communications à l'assemblée annuelle de l'ouest à Vancouver, sous le titre: "Research in relation to ground stress". Milne et White étaient les auteurs d'une des communications sur les recherches sismiques, mentionné ci-dessus, et la deuxième communication avait pour titre "Ground stress studies in coal mines of western Canada - a progress report" en deux parties, par A. Brown, T.S. Cochrane et T.H. Patching (Trans CIM, vol. 61, pp 364-375, 1958).

Nous poursuivons notre récit par des études sur les contraintes dans les sols, et reviendrons ensuite à des cas particuliers d'outbursts qui firent l'objet d'une attention considérable à Canmore, entre 1954 à 1962. Toute la production du charbon de Canmore provenait de mines souterraines, étant donné l'attitude des veines en relation avec les terrains montagneux; on avait toutefois essayé d'entreprendre quelques essais d'extraction à ciel ouvert à petite échelle. Par contre, la production de la région de Crowsnest à partir de sites se prêtant à l'extraction à ciel ouvert augmentait à fur et à mesure de la réduction des marchés.

À la suite du transfert de Zorychta à Springhill en 1953, on effectua des mesures et observations systématiques dans les mines numéros 2 et 6 à Springhill, Nouvelle-Écosse, à des profondeurs approchées de 4 200 et 2 500 pieds respectivement; on employait des méthodes de retraite et d'avance en paroi longue respectivement. On enregistra des mesures de convergence au niveau 11 700 dans la mine numéro 2 et à la face 5 700 est dans la mine numéro 6; dans les deux mines, des dynamomètres surveillaient les charges imposées aux coins du bois dur ou remblais qui servaient d'appui principaux de face. On forait des trous de plafond à plusieurs niveaux, pour observer la séparation et la migration des gisements. On observa quelques migrations, mais peu ou pas de séparations. La plus grande partie de la convergence ou de la fermeture provenait du sol.

On utilisa des cellules de charge d'acier recalculées dans les blocs de charbon situés en avance des deux faces en retrait dans la mine numéro 2. Etant donné les fortes conditions de contrainte dans ces blocs de la zone d'aboutement, il était difficile d'effectuer des forages dans le charbon. Une des cellules installées dans le charbon vit son câble à cinq conducteurs, protégé par un tuyau, rompu par la contrainte en tension de la côte de charbon. On estima que la contrainte de tension impliquée dépassait de loin 10 000 psi. On installa des cellules supplémentaires dans le plafond et dans le sol, et on enregistra des petits bumps. Les résultats d'ensemble indiquaient qu'il se produisait des contraintes de valeur élevée.

Par accord avec la Nova Scotia Research

Foundation, on installa un sismographe dans la région active de la mine numéro 2. On se procura des spécimens de roches des deux mines, pour en évaluer les propriétés à la Division des carburants et au Nova Scotia Technical College, sous supervision du Professeur E.L. Cameron et avec l'aide assurée par la Nova Scotia Research Foundation. Le ministère des mines de la Nouvelle-Écosse effectua des forages au diamant. Les tests de laboratoire indiquèrent que les roches de Springhill étaient en moyenne plus résistantes que les roches de l'ouest, à l'exception du gisement de conglomérat dans la mine McGillivray. Les roches soutenaient favorablement la comparaison, quant à la résistance, avec celles provenant de mines métalliques profondes dans l'Ontario et même avec les quartzites des mines d'or de l'Afrique du Sud. Une communication (accompagnant celle sur les études dans l'ouest mentionnée précédemment) fut présentée à l'Assemblée annuelle de 1956 de la Nova Scotia Mining Society: "Rock pressure studies in the mines of Springhill, Nova Scotia - a progress report" par A. Brown, H. Zorychta, J.G. Buchanan, E.L. Cameron et H.R. Hardy (Trans CIM, vol. 59, pp. 242-251, 1956).

En octobre 1958, il se produisit un bump désastreux sur les faces d'abattage de la mine numéro 2, qui causa beaucoup d'accidents mortels. Zorychta participa aux opérations de sauvetage, et assura l'acquisition et l'interprétation des données, y compris des échantillons de roches provenant du site du désastre. Une commission royale d'enquête fut instituée, présidée par H. Wilton-Clark, manager général de Coleman Collieries. Brown et Zorychta présentèrent des mémoires et des témoignages à la commission. Les conclusions n'étaient pas définitives, mais l'opinion générale était qu'on avait atteint la limite économique d'extraction à une profondeur dépassant 4 000 pieds, avec des roches sus-jacentes résistantes, dans la mine numéro 2. En tout cas, les conditions du marché s'opposaient à la poursuite des opérations à Springhill. La difficulté des conditions économiques avait également eu son effet dans l'ouest. La mine Galt de Lethbridge ferma en 1957, suivie des mines d'Elk River en 1958, et de la mine McGillivray en 1960; la mine International avait déjà fermé quelques années auparavant. Grant quitta la région de Crowsnest Pass en 1957 et s'établit à Calgary, avec un bureau dans le Public Building, où Pickford était installé comme agent d'administration. Richards fut transféré à Ottawa, et après la fermeture du bureau à Blairmore en 1959, Cochrane fut transféré à Ottawa, effectuant des voyages dans l'ouest selon le besoin.

Etant donné le caractère déformable du charbon, les meilleurs indicateurs, bien qu'indirects, des changements de contraintes dans les sols des mines de charbons étaient le taux de convergence, les modifications de charge dans les étais, le comportement des gisements supérieurs et inférieurs, mesurés et observés à partir des zones de travail accessibles.

En 1959, Zorychta fut transféré à Glace Bay, Nouvelle-Écosse, à la suggestion de Harold Gordon, manager général des opérations minières de Dosco, qui manifestait un intérêt considérable pour les études sur les pressions dans les roches, qu'il appuyait fortement. La société introduisit dans ses mines du Cap Breton des méthodes d'extraction en retraite sur paroi longue, utilisant des étais à friction pour remplacer les remblais de bois durs sur les faces, et faisait des expériences sur les machines d'extraction continue autres que le Dosco Miner, qui avait été conçu et construit par la compagnie. Les études étaient exécutées dans la veine Harbour, d'une épaisseur d'environ 6 pieds, dans la mine Dominion numéro 20, à une profondeur de 1000 pieds environ, et dans la mine sous-marine Dominion numéro 12, sous 2500 pieds environ de recouvrement. La Nova Scotia Research Foundation, par son comité du projet sur les pressions dans les strates, poursuivit sa coopération étroite et son assistance au projet. Le Docteur J.E. Blanchard, géophysicien, et plus tard chef de la Fondation, fut associé au projet dès le temps de Springhill, et fournit à Zorychta un assistant, Floyd Smith. Il n'y eut dans aucune de ces mines d'occurrence de bumps et d'outbursts du type sérieux connu à Springhill ou dans l'ouest.

La méthode d'extraction en avance sur face longue était alors généralement pratiquée, et occasionnait des coûts élevés d'entretien des chemins d'accès, dans les régions déjà exploitées, qui restaient dans un état de compression pendant des périodes prolongées. C'était là la raison des expériences sur l'extraction en retraite, notablement dans la mine Dominion No. 12, où Zorychta entreprit des mesures de convergence. Une communication fut préparée conjointement avec L. Frost, ingénieur en chef de la Dominion Coal Mine Company: "Rapid development of longwall retreating in the submarine area of the Sydney Coalfield of Nova Scotia" par L. Frost et H. Zorychta (Proceedings of International Conference on Rapid Excavation in Coal Mines, INICHAR, Liège, Belgique, 1963 et MB RS 72, texte anglais et RS 73, texte français).

En 1957, la première face à paroi longue du bassin houiller de Sydney, à la mine Princess, fut équipée d'étais à friction en acier, pour remplacer les remblais de bois dur, et en 1964, il y avait 16 faces ainsi équipées sur un total de 27 faces dans le bassin. On décida d'effectuer une étude pour comparer les systèmes d'appui à une profondeur d'environ 1000 pieds.

Dans cette étude, les mesures et observations furent effectuées sur une face à paroi longue en retraite de 400 pieds, à la mine No. 20, avec une paroi médiane de pierre, et sur une face à paroi longue en avance de 900 pieds à la mine Princess, sous un recouvrement plus lourd de 1 700 pieds; dans ce dernier cas, les parois de pierre étaient situées à intervalles

de 100 pieds le long de la face. Les résultats obtenus furent comparés avec les remblais de bois dur, qui avaient été utilisés sur la face 5700 de la mine no. 6 à Springhill, sous un recouvrement de 2500 pieds. Ces études indiquèrent que les étais en friction en acier étaient plus efficaces que les remblais de bois dur. Une communication conjointe avec G.S. Merrill, ingénieur en chef de Dominion Coal Company, fut présentée à l'Assemblée annuelle de 1964 de la Mining Society of Nova Scotia, et mérita à ses auteurs la médaille Léonard de l'Engineering Institute of Canada: "Loads on friction props on a longwall face" par H. Zorychta et G.S. Merrill (Trans CIM, vol. 68, pp. 48-54, 1965).

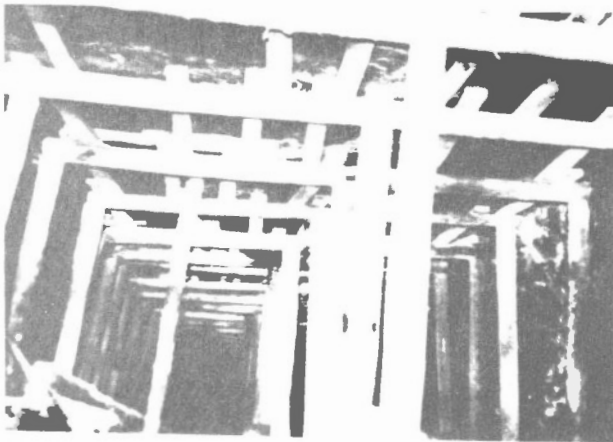
On poursuivit pendant plusieurs années la surveillance du comportement des sols en relation avec les faces longues en avance et en retrait: "Strata control measurements in the Sydney Coalfield" par H. Zorychta, D.W. MacFadgen de Dominion Coal Company et Floyd Smith de Nova Scotia Research Foundation (Trans CIM, vol. 70, pp. 38-48, 1967). A la dissolution de Dominion Coal Company en 1969, Zorychta fut transféré au laboratoire d'Elliot Lake pour trois ans, puis il assumait un poste supérieur à la Société de la Couronne DEVCO.

Boulonnage des plafonds

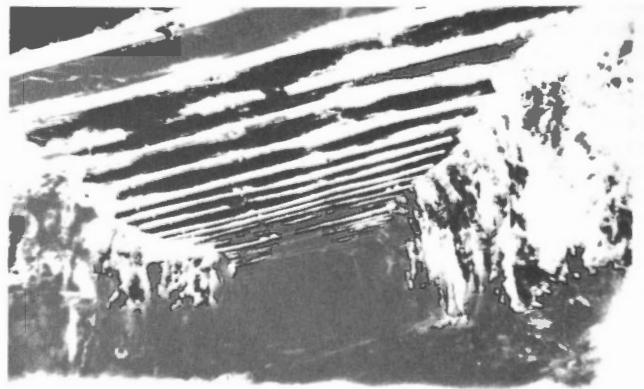
Il s'agissait d'un projet secondaire dans le programme des mines ou des contraintes de terrain. Ce projet était presque entièrement consacré au problème de boulonnage dans les mines de charbon de l'ouest du Canada. Les effondrements de plafonds sont les causes principales d'accidents dans les mines de charbon, et

par conséquent ce projet présentait un aspect important de sécurité. Le boulonnage fut introduit dans les mines de charbon canadiennes en partie en relation avec la mécanisation, et plus particulièrement avec l'introduction de machines d'extraction continue, qui exigeaient plus d'espace de manoeuvre dans l'extraction en salle et pilier, et en partie pour réduire le coût croissant de l'étaillage, particulièrement dans les veines épaisses de l'ouest du Canada.

Les premières activités de boulonnage de plafonds dans les mines de charbon canadiennes eut lieu dans le bassin houiller de Sydney, où les veines sont plus minces, et où les couches immédiatement sus-jacentes sont plus uniformes que celle de l'ouest du Canada. Ceci permettait d'utiliser le boulonnage à tige fendue ou à coin, déjà pratiqué dans les mines de métaux. Le comité du développement des mines de l'époque, dans la division du charbon du CIM, demanda dans le cadre d'un de ses premiers projets à L.M. Dwarin, ingénieur en chef de la Crow's Nest Pass Coal Company Limited, de procéder à un examen des pratiques canadiennes: "Roof bolting" par L.M. Dwarin, avec addenda sur le boulonnage des plafonds dans la mine Dominion no. 20 par F. Doney, et dans la mine Four Star par J.C. Johnstone (Trans CIM vol. 54, pp. 485-493, 1951). A. Brown prépara un deuxième rapport pour le comité "Roof bolting in Canadian Coal Mines" (Trans CIM, vol. 56, pp. 400-412, 1953). Ce document décrivait des tests, entre autres des mesures de fléchissement de plafond, exécutés dans la mine Galt No. 8, Lethbridge, et à Nacmine, Drumheller, par le groupe de terrain de la Direction des mines. On effectua quelques expériences de boulonnage à coin et fente dans la mine International à Coleman, avant sa fermeture, et dans les veines "A" et No. 3 à la mine Michel. Dans cette dernière, on effectua le



Ancienne méthode de soutènement à la mine Canmore, avec étais et garnissage de bois



Boulonnage des plafonds à la même mine permettant d'utiliser les équipements mécaniques modernes; on note l'apparence plus claire de la poussière de roche sur les parois

boulonnage d'une entrée de 32 pieds de large, qui constitua la plus large entrée boulonnée à l'époque au Canada.

A l'introduction de machines à extraction continue dans la mine Michel, la Crow's Nest Pass Coal Company lança un programme plus systématique dans les mines "A" nord-ouest et no. 1, avec des coquilles d'ancrage de divers types, sous la supervision de Dwar kin et avec les conseils de D.F. Coates, avant l'entrée de ce dernier à la Direction des mines. Norris effectua des travaux géologiques détaillés, qui furent utiles pour le projet: "Microtectonics of the Kootenay formation near Fernie, British Columbia" par D.K. Norris (Bull of Can Petroleum Geology, vol. 12, numéro spécial "Flathead Valley", pp. 383-398, août 1964), "Structural Analysis of part of A-North Coal mine, Michel, B.C.", par D.K. Norris (Document 64-24, GSC, 1965). La section des mines avait mis au point un technique à vérin hydraulique pour des essais de traction sur des boulons installés, et la compagnie fit usage de cette technique dans la mine Michel. En plus de cet instrument, on conçut deux types de dynamomètre pour mesurer les charges imposés au boulons, faisant usage des types à jauge de contrainte ou à câble vibrant, comme pour les cellules de charge de sondage qui seront décrites ci-dessous.

Un forum sur le boulonnage des plafonds fut organisé en 1963 à l'Assemblée annuelle du CIM à Edmonton. Le président de cette rencontre était W.J. Riva, président de la division des charbons, et le modérateur était D.F. Coates. Il y eut trois communications, l'une traitant de la pratique de boulonnage dans les mines de la Dominion Coal Company du bassin de Sydney, par D. MacFadgen, qui spécifia qu'entre 1950 et 1962, on avait effectué des boulonnages sur 1164 milles de voies et de salles; une deuxième communication portait sur l'ancrage des boulons de plafond à la mine Michel, par L.M. Dwar kin, et une troisième concernait les tests de tractions comme mesure d'efficacité du boulonnage de plafond, ainsi que la conception du boulon de plafond par T.S. Cochrane et F. Grant: "Forum on roof bolting",

(CIM Bull, pp. 877-887, décembre 1963). Coates et Dwar kin effectuèrent une analyse de l'efficacité des boulons de plafond à la mine Michel, qui fut publiée en 1967 (Trans CIM, vol. 70, pp. 32-37, 1967). Ce dernier document fut réimprimé avec les communications du forum (MB RS 38, 1967).

Les tests de boulonnage de plafond dans les mines se poursuivirent sur demande de temps à autre. Cochrane et A.V. St. Louis effectuèrent des travaux considérables dans les mines Canmore. Plus tard, F. Grant, qui avait pris part à ce projet dès le début, rédigea un tour d'horizon des boulonnages de plafond dans les mines de charbon des montagnes de l'ouest: "Strata control by roof bolting in Western Canadian mountain coal mines" par F. Grant (CIM Bull, pp. 79-86, novembre 1973). Les normes de conception de boulonnage de roches, établies à partir des recherches et des développements effectués à la Direction des mines au cours des années, furent résumées dans le rapport "Development of design specification for rock bolting from research in Canadian mines" par D.F. Coates et T.S. Cochrane (MB RR 224, 1970).

Boulonnage en roche dure

Les mines de métaux ne présentaient pas les problèmes de boulonnage de roches que connaissaient les mines de charbon, et par conséquent la section des mines n'effectua pas autant d'études expérimentales dans ces mines souterraines.

Il y eut une installation intéressante à câbles et boulons dans une usine souterraine dans une mine de sel, où l'on installa des boulons cablés de trente pieds de long dans des trous inclinés, avec précontrainte à environ 60 tonnes, pour assurer une stabilité à long terme. Les roches libres du plafond à proximité immédiate de l'ouverture furent maintenues en place par des boulons de cinq pieds et du grillage métallique.

Etant donné qu'on ne savait pas grand chose sur la distribution des contraintes au voisinage des ancrages de mine, on effectua une analyse par la technique des éléments finis: "Rock anchor design mechanics" par D.F. Coates et Y.S. Yu (MB RR 233, 1971). Les aspects technologiques qui pourraient servir aux activités d'ancrage de roches dans les mines souterraines et de surface firent l'objet d'un examen dans la publication "Rock anchors in mining - a guide for their utilization and installation" par D.F. Coates et R. Sage (MB TB 181, 1974).

La fille du Professeur A.V. Corlett (Mary Ruth Corlett Paterson) prépara pendant son séjour à l'université une bibliographie sur l'ancrage des roches, couvrant une période s'étendant jusqu'en 1957. Une deuxième partie fut préparée par A.E. Gardner du laboratoire des explosifs, pour la période 1958 à 1967 (MB IC 207 et MB IC 241 respectivement).



A.V. St. Louis

Explosions de charbon et de gaz

Comme on l'a mentionné ci-dessus, l'outburst est un phénomène associé à la présence de métaux et autres gaz avec le charbon dans un environnement de contrainte de terrain. Il y a eu des rapports d'explosion dans des mines de potasse en Europe. Le comité des développements miniers, division des charbons, CIM, publia en 1954 un rapport sur les outbursts, en connection avec le sujet de la dégazification des veines de charbon: "Outburst in coal seams" par A. Ignatieff (Trans CIM, Vol. 57, pp. 75-81, 1954).

Dans le but de permettre une meilleure compréhension de ce phénomène, on lança un vaste programme de recherche sur le terrain et au laboratoire. Dans le contexte canadien, ce phénomène semblait moins influencé par des contraintes excessives dues à l'extraction minière pendant l'exploitation, que par les contraintes antérieures aux activités minières, d'origine orogénique et tectonique. Ce travail fut fortement encouragé par les preuves géologiques présentées par le Docteur B.R. McKay à la Commission royale d'enquête de 1946 sur le charbon, concernant les réserves exploitables restreintes à deux bassins - Fernie, le plus profond, et Upper Elk River - tous deux dans le sud-est de la Colombie-Britannique. McKay estimait que ces deux bassins contenaient respectivement environ 3 milliards et 3/4 de milliard de tonnes, principalement de charbons cokéfiabiles, à une profondeur de recouvrement limitée à 2500 pieds, en raison des bumps et outbursts, par comparaison avec la limite de 4000 pieds dans le cas des réserves exploitables de la Nouvelle-Écosse. Autrement dit, l'intérêt portait non seulement sur le problème immédiat, mais également sur la possibilité de rendre accessibles à l'exploitation des ressources plus profondes.



Canmore Mines Limited, 1956 env.



L. King

La plupart des observations de mines eurent lieu dans la veine Upper Marsh, mine numéro 3, Canmore, qui connaissait une haute fréquence d'outbursts. Les mesures de résistivité électrique en trous de sondage effectuées par Buchanan et mentionnées ci-dessus, bien qu'indiquant au départ quelques relations entre une résistivité élevée et l'occurrence d'outbursts, s'avérèrent inconclusives, présentant des différences allant jusqu'à 6 ordres de grandeur à des intervalles très restreints à l'intérieur du trou de sondage. Indépendamment du programme minier, le Docteur Lewis King, travaillant avec le Docteur Montgomery de la section de recherche sur les substances bitumineuses, effectua en 1957-58 une étude de la résistivité de plusieurs charbons canadiens de diverses qualités, allant de l'antracite au charbon sous-bitumineux. Au moyen d'un procédé pénible, il effectuèrent l'équilibrage des échantillons de charbon à divers niveaux d'humidité. Les mesures de résistivité présentaient des fluctuations importantes, semblables à celles obtenues dans les tests de terrains, et attribuées à la pénétration de l'eau dans les fractures; "Electrical resistivity measurements on Western Canadian coals", par Lewis H. King (MB RR 17, 1963).

Etant donné que le charbon était très déformable, et qu'il se présentait des difficultés pour le forage de trous dans les piliers de charbon sous contrainte, on n'utilisa pas de jauges de contrainte ou autres cellules de charge. Par conséquent, il fut impossible de déterminer la composante de contrainte de terrain dans le système charbon-gaz. Il fallut se contenter d'observations indirectes, comme le changement du taux de convergence.

Par contre, les propriétés physiques de l'association charbon-gaz firent l'objet d'une étude méticuleuse, dans laquelle jouèrent un rôle important J.C. Botham et le Docteur J.T. Shaw de la section de carbonisation et gazéification, ainsi que le Professeur T.H. Patching, chef du département des mines de l'Université de l'Alberta.

Botham entreprit ces activités supplémentaires, en plus de celles dont il était responsable dans la recherche sur la carbonisation. A partir de 1953, Botham effectua des tests dans les veines Canmore (Upper Marsh), Elk River no. 3 et Springhill no. 2, pour simuler les phénomènes d'outbursts. Alors que les deux premières mines présentaient des recouvrements ne dépassant pas 1000 pieds, la mine Springhill, comme on l'a dit ci-dessus, était recouverte de plus de 4000 pieds. Les résultats furent positifs, et correspondaient aux expériences des exploitants des mines. Par exemple, dans le cas du charbon de la mine Springhill, qui n'avait pas d'histoire d'outbursts, on n'observa pas d'éjection de charbon pulvérisé de l'appareillage; dans le cas d'Elk River, on observa des éjections partielles, alors qu'avec le charbon de Canmore, on observa des éjections de charbon présentant une distribution de taille semblable aux outbursts naturels, savoir 90% inférieur à maille 100, tant à la mine qu'au laboratoire, et 40% de moins de maille 325 dans une explosion de mine et 34% dans une explosion de laboratoire.

Certaines données indiquant les différentes propriétés de ces charbons apparaissent dans le tableau ci-dessus, extrait abrégé du rapport "Laboratory outburst tests on solid coal specimens" par J.C. Botham (Fuels Division, TM 75/57).

Propriété	Canmore	Elk River	Springhill
pourcentage de OX1/8" dans le tout venant de mine, comme indicateur de fragilité	44	29	22
Porosité (%)	8	7	2
Capacité d'absorption de méthane à 3000 psi (pieds cubes par tonne)	600	500	300
Surface interne des micropores (mètres carrés par gramme)*	32	25	18

* Déterminée par le Docteur N. Berkowitz, Research Council of Alberta

A la suite de ces recherches, on effectua:

(a) Des mesures de la capacité d'absorption totale dans les pores et fissures de divers charbons canadiens, avec comparaison aux charbons étrangers, pour divers gaz et à différentes pressions.

(b) Des mesures de densité et de porosité du charbon. La recherche fut effectuée par Shaw, avant son entrée au groupe de la catalyse. Il détermina les densités réelles et apparentes (TM 104/58) et le volume total des pores: "Relationship of the density and porosity to

the coal outburst phenomenon" par G.T. Shaw (Fuels Division TM 169/58);

(c) Une détermination de la diffusion ou de l'émission du volume de gaz total ou en occlusion au laboratoire et à la mine, avec des appareils portatifs spécialement conçus par Botham et par le Professeur Hargraves de Sydney University, qui effectuait alors des recherches sur les outbursts en Australie. Le Professeur Patching fut étroitement associé à ces travaux de 1957 jusque dans les années 60. Le problème que posait l'étude du gaz sur place était l'impossibilité de séparer la partie adsorbée de la partie de gaz libre contenu dans les pores et fissures du charbon. De plus, on ne comprenait pas très clairement l'effet des contraintes de terrains sur le gaz. Toutefois, les observations effectuées au Canada et ailleurs suggérèrent qu'une partie importante de l'énergie était fournie par l'échappement des gaz. Le phénomène était en général moins destructif qu'un bump ou une explosion méthane-air. De plus, on remarqua dans la simulation d'un outburst en laboratoire que les contraintes mécaniques incorporées dans l'appareillage n'étaient pas nécessaires;

(d) Des études des caractéristiques du mouvement des gaz dans le charbon, ou de la perméabilité du charbon. Il s'agit ici d'une étude de laboratoire, qui démontra que des disques de charbon sans fissures étaient imperméables au méthane, au gaz carbonique ou à l'azote, en présence d'une différence de pression de deux atmosphères entre les deux faces des disques: "Permeability test" par J.C. Botham (TM 62/58). Des recherches indépendantes du Professeur Patching confirmèrent plus tard ces résultats;

(e) Une détermination des indices de résistance à l'impact (ISI) mis au point par C.D. Pomeroy du National Coal Board (Royaume Uni). Un certain nombre d'échantillons provenant de veines de charbon, et de diverses couches à l'intérieur de la même veine, sujette ou non aux outbursts, ne présentèrent pas de différence d'index. Dans une autre méthode de simulation de la déformation et de l'écrasement du charbon par effets tectoniques, on effectua une étude d'une certaine gamme de tailles écrasées à moins d'1/4 de pouce, dans lequel le pourcentage de la masse passant un crible à maille 28 était considéré comme indice de la distribution de taille. Là encore, il n'apparut pas de différence entre les charbons sujets aux outbursts et les autres. Ces deux indices présentaient une corrélation avec l'indice de pulvérisation de Hargraves. On effectua des essais en compression sur trois axes sur des charbons sujets et non sujets aux outbursts, qui présenta peu de différence de résistance, bien qu'il y ait eu un charbon tendre et l'autre dur. Tous ces tests furent effectués entièrement par le Professeur Patching. Il présenta une communication sur ses travaux au premier symposium canadien de mécanique des roches, organisé à l'université McGill en 1962: "Investigations related to sudden outbursts of coal and gas" par T.H. Patching (Proceedings of the Rock Mechanics Symposium, pp. 69-91, publié par la Direction des mines, Ministère des mines et levés techniques, 1963).

Les efforts pour drainer le gaz dans la veine Upper Marsh, et pour effectuer des injections d'eau dans le but de déterminer le degré de fracturation, ne réussirent pas. Il était difficile d'effectuer des forages dans le charbon massif, en raison de la déformation rapide des trous, et parfois en raison de petits outbursts dans le trou de sondage qui exigeaient des mesures de protection pour le personnel. On n'effectua que des forages rotatifs, étant donné que les machines à percussion avaient tendance à déclencher des outbursts. Le projet de recherche sur les outbursts prit fin en 1962, et une communication fut présentée conjointement par Patching et Botham à l'International Congress on Problems of Sudden Outbursts of Gas and Rock, Leipzig, en 1966 (MB RS 28, 1966 texte anglais, MB RS 29, 1966, texte français).

Pour surmonter les risques que couraient les employés de mines travaillant à la taille mécanique du charbon, suivie d'abattage explosif, selon les exigences de la loi de l'Alberta sur les mines de charbon, le groupe des mines - Brown, Cochrane et Grant - discuta avec l'administration des mines et le ministre albertain des mines la possibilité d'effectuer des abattages explosifs simultanés ou par choc de charbon massif à Canmore et dans la veine d'Upper Marsh. En rapport avec cette question, Ignatieff visita en 1954 les bassins houillers des Cévennes en France et de Charleroi en Belgique, qui possédaient, une longue expérience de l'abattage par choc, pour s'assurer qu'il ne se produisait pas d'explosion méthane-air dans cette technique "d'abattage explosif de charbon massif". Equipé des documents officiels, qui firent l'objet d'une traduction (FRL 209, 1955), on effectua des essais d'abattage explosif par choc avec participation de la Direction des mines; finalement, le ministre des mines de l'Alberta autorisa l'utilisation de cette méthode en dehors des heures d'équipe. L'administration indiqua qu'en plus d'une amélioration de la sécurité dans la mine, on observait des avantages économiques dans le fait qu'il n'était pas nécessaire de couper le charbon; toutefois, l'inconvénient majeur était qu'en cas d'outburst important, une zone importante de plafond sans appui était exposée, ce qui causait un "resserrage" dans la zone d'extraction. Toutefois, cette technique continue à assurer la sécurité du personnel dans les pays où se produisent des outbursts.

Physique

La nomination du Docteur W.M. Gray en 1956 comme conseiller en physique et mathématique fut une conséquence naturelle de l'orientation du développement de la recherche minière à l'intérieur de la Direction. On avait reconnu dès le départ que les roches et les minéraux constituaient des matériaux extrêmement hétérogènes quant à leurs propriétés structurales, et qu'une approche scientifique et analytique assurerait la direction nécessaire pour réaliser un équilibre entre les travaux de recherche empiriques, expérimen-

taux et mathématiques dans ce domaine difficile de la physique appliquée. La formation en 1959 de la section de physique, connue parfois sous le titre de section de physique des roches, ressemblait à la formation de la section de recherche sur les substances bitumineuses, à orientation chimique. Il était entendu avec le directeur que le Docteur Gray servirait également de conseiller du directeur, comme le Docteur Walsh pour la métallurgie, et H.A. Graves et M.A. Twidale pour les activités minières. Ainsi, le Docteur Gray agissait au nom du directeur, pour des questions comme l'introduction d'ordinateurs dans le ministère, le recrutement de chercheurs scientifiques, l'examen des communications et rapports scientifiques, etc.

Reg Hardy fut transféré à la section de Gray, avec N.A. Toews, qui se joignit à Gray en 1958 comme spécialiste de mathématique appliquée. Sa première étude porta sur la rigidité de l'appareil de mesure de contrainte hydraulique dans les trous de sondage, qui fut au départ utilisé par la section minière. Toews collabora avec K. Barron (1960 -) dans une étude du fluage dans les puits de mines qui traversaient des couches de sel au-dessus des gisements de potasse aux installations de l'International Minerals and Chemical Corporation, première compagnie au Canada à produire de la potasse à partir de mines souterraines. Cette recherche fit l'objet d'un rapport au deuxième symposium sur la mécanique des roches à Queen's University en 1963: "Deformation around a mine shaft in salt" par K. Barron et N.A. Toews (Proceedings of the Rock Mechanics Symposium, Queen's University, 1963, pp 115-136, publié par la Direction des mines 1964). Toews se révéla être un mathématicien habile; il rendit des services inestimables aux chercheurs de la Direction des mines, entreprenant les analyses mathématiques les plus complexes, et se privant ainsi de la publication de ses propres articles.

Quant à Hardy, sa propre diligence, la politique du ministère dans le domaine des congés sabbatiques et les sages conseils de Gray lui permirent d'acquiescer un doctorat à West Virginia Polytechnic en 1965. A son



N.A. Toews

retour, il orienta sa recherche vers la déformation des roches en fonction du temps, et finit par permettre la mise au point d'une installation d'essai avancée et rigoureusement contrôlée (MB RR 165, 1965). Cette installation fut établie au 552, rue Booth, lorsque la section de physique y fut transférée, quittant le 562, rue Booth. Deux rapports internes furent rédigés sur les études initiales utilisant cette installation: "Inelastic behaviour of geologic materials" par H.R. Hardy, "Part I: Experimental and analytical techniques and initial studies with Wonbyan marble" (IR FMP 65/155); "Part II": (IR FMP 66/51). Hardy publia tous ses travaux sur les propriétés statiques des roches dans la série de rapports internes - FRL, TM et IR FMP. Il prit sa retraite en 1966, pour assumer un poste dans le domaine universitaire.

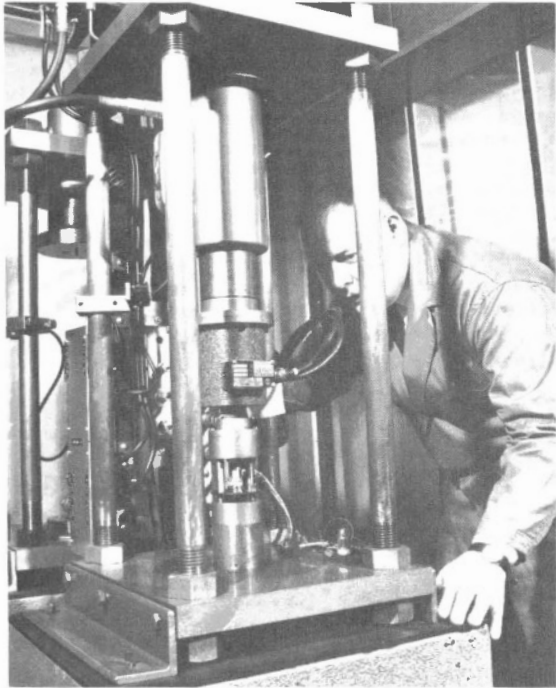
Le Docteur P. LeComte entra au groupe de physique en 1960, et fut affecté à l'étude des propriétés dynamiques des roches. Au moment de son arrivée, on effectua des recherches sur le percement thermique des roches, l'optimisation des ruptures de roches par explosifs et de nouvelles méthodes de ruptures. Son premier projet concernait un procédé de comminution



John Sullivan, technicien principal, assiste Reg Hardy dans la construction de l'appareil d'essai des roches

continue fondé sur la propagation d'ondes de choc engendrées dans un liquide par une étincelle électrique. En 1961, on mit fin à ce projet, dont les perspectives d'application industrielle n'étaient pas prometteuses.

Un deuxième projet, à plus long terme et d'ordre plus fondamental, concernait la mesure des propriétés des roches par méthodes dynamiques, en opposition aux méthodes statiques de Hardy. Les deux méthodes étudiées étaient fondées, la première sur la théorie des vibrations (résonance) et la deuxième sur la théorie de la propagation des ondes (impulsions ultrasoniques). LeComte mit au point un appareillage électrostatique capable d'engendrer des vibrations tant longitudinales que torsionnelles. Il présenta une discussion de ses méthodes dans une communication au deuxième symposium de mécanique des roches en 1963: "Methods for measuring the dynamic properties of rock" par Paul LeComte (Proceedings of Rock Mechanics Symposium, Queen's University, pp. 15-26, publié par la Direction des



R. Hardy observant le comportement d'un spécimen rocheux soumis à une contrainte de longue durée dans un appareil conçu par lui et fabriqué à la Direction des Mines à la fin des années 50 (Photo - George Hunter)



W.M. Gray

mines, Ministère des mines et Relevés techniques, 1964). On publia des mesures préliminaires du coefficient de friction interne et du module d'Young pour plusieurs types de roches (IR FMP 66/44, texte français). On mit au point un appareillage à haute pression, allant jusqu'à 30 000 psi de pression et 2000°C de température pour des mesures d'impulsions ultrasoniques, mais ce projet prit fin lorsque LeComte passa à l'Hydro Québec en 1966.

Gray fit preuve d'une flexibilité considérable et d'une grande étendue de connaissances. Il avait passé six ans dans la RCN pendant la guerre, puis entrepris une carrière académique au Royaume Uni, avant d'entrer à la Direction des mines en 1953. Lorsqu'il devint chef de la section de physique, il n'hésitait pas à visiter les mines et à déterminer par lui-même les conditions locales; il suggéra entre autres un test de compression sur deux axes pour la mesure des mouvements des strates, etc. Il acquit une réputation de chercheur modeste et très bien informé: les auteurs d'articles le consultaient pour s'assurer de la valeur de leurs théories et de leurs conclusions. Il fut consulté pour le projet de percement par jet exécuté dans la section de génie de la combustion. Il présenta une élucidation du phénomène d'effritement: "Some remarks on the temperature distribution and thermal stresses in the semi-infinite solid during surface spalling" par W.M. Gray (FMP 61/160). Il présenta une communication à ce sujet au troisième symposium de mécanique des roches: "Surface spalling by thermal stresses in rocks" par W.M. Gray (Proceedings of the Rock Mechanics Symposium, Université de Toronto, 1965, pp. 85-106, publié par la Direction des mines, 1965).

Etant donné l'augmentation du personnel et des installations pour la mesure des propriétés des roches, particulièrement au laboratoire d'Elliot Lake, cette section fut dissoute en 1966, et Gray fut nommé conseiller scientifique supérieur au laboratoire de recherches minières, et, à partir de 1967, au centre de recherche minière.

Pratique étrangère

On étudiait la pratique étrangère des mines de charbon avant même le lancement officiel de la recherche minière à la Direction des mines. On avait établi des contacts avec le U.S. Bureau of Mines et le National Coal Board. La Commission royale d'enquête sur le charbon de 1959 fut informée des différences et ressemblances dans les conditions minières du Canada et de l'étranger. La commission recommanda qu'une enquête soit entreprise en Europe par des représentants de l'industrie et du ministère. En conséquence, Brown, chef de la section minière, accompagna le groupe: "Report on the inspection of coal mining operations and incidental activities in Great Britain, France and West Germany as recommended by the Royal Commission on Coal (1959)" par A. Brown (IR FMP 60/184).

Pour conclure le récit de cette période initiale de recherches minières sur le charbon dans la Direction des mines, il y a lieu de méditer sur une idée très répandue dans le groupe; sur la base de l'étude (chapitre 5) des mines de charbon canadiennes effectuée avant la formation de la section de recherches minières, on considérerait que, si les qualités de toute une gamme de charbons canadiens présentaient certains désavantages, la même observation s'appliquait dans bien des cas aux autres activités minières. Si l'on garde à l'esprit le gros volume des ressources potentielles de charbon du Canada, particulièrement celle des précieux charbons cokéfiabiles de l'ouest, le projet de recherche valait la peine, non seulement pour les avantages possibles à court terme, mais probablement plus encore à long terme, dans la mesure où une forte proportion des ressources devrait faire l'objet d'extraction à grande profondeur, si l'on désirait en tirer parti. L'image que présentait au public l'industrie de l'extraction du charbon au Canada n'était pas aussi progressive que celle des Etats-Unis. Par contre le public ne semblait pas se rendre compte que la majorité des mines souterraines canadiennes devaient fonctionner dans des conditions plus proches de celles de l'Europe continentale que de celles de la Grande Bretagne et des Etats-Unis, aux quelles on comparait d'ordinaire la performance canadienne. Ceci ressort clairement de deux indicateurs obtenus dans l'enquête mentionnée ci-dessus - épaisseur et assiette des veines de charbon. Les pourcentages de la production nationale provenant de veines d'une épaisseur supérieure à six pieds étaient respectivement au Canada, aux Etats-Unis et au Royaume-Uni de 60, 30 et 8 pourcent. Le pourcentage de production selon l'assiette des veines indiquaient qu'au Canada 69% de la production provenait de veines présentant une inclinaison supérieure à 5 degrés, tandis qu'aux Etats-Unis 90% provenait de veines plates, et au Royaume-Uni environ 80% provenait de veines plates. Le taux de récupération dans les mines souterraines était sérieusement affecté par l'augmentation de l'épaisseur, et de même le rendement de la mécanisation par l'inclinaison des veines.

En raison de ces faits, on effectua des études et on entretint des contacts avec les nouveaux développements en pratique étrangère, dans les régions où les conditions d'extraction ressemblaient à celles de l'Alberta et de la Colombie-Britannique, qui possédaient la grande masse des ressources de charbon du Canada, et particulièrement avec la France, par l'intermédiaire du Centre d'études et recherches des Charbonnages de France (CERCHAR). De plus, on étudia les publications étrangères, particulièrement de l'Union Soviétique. Les documents français furent traduits par Vary, et les documents russes au départ par le Bureau des traductions, mais, avec l'arrivée en 1960 du Docteur Frisch, on introduisit un système de lecture rapide, en conjonction avec Leo Casey et Charlie Vary. Ceci améliora énormément l'accessibilité des documents techniques soviétiques. On découvrit ainsi que l'Union Soviétique et la Chine faisaient des essais d'extrac-

tion hydraulique ou d'hydromécanisation. Brown effectua une évaluation de ces développements et présenta une communication à la 13ième conférence Dominion/Provinces de recherche sur le charbon à Toronto, en 1961 (Proceedings of the Conference, pp. 117-156, ou IR FMP 62/68). La méthode hydraulique fut en fin de compte introduite au Canada à la mine Michel, Colombie-Britannique, par Kaiser Resources Company Limited.

Comme on l'a indiqué ci-dessus, vers la fin des années 60 et le début des années 70, la production souterraine ne provenait que du bassin houiller de Sydney dans l'est, d'une mine hydraulique en Colombie-Britannique et de deux mines en Alberta - la mine McIntyre dans le bassin de Smokey River et une mine dans le bassin de Drumheller. Toutes les autres opérations, particulièrement en Alberta et dans le sud-est de la Colombie-Britannique, étaient des exploitations à ciel ouvert de grandes dimensions, le charbon de haute

qualité étant destiné à l'exportation et le charbon de qualité inférieure à la production d'énergie électrique. A la date de rédaction, tout semble indiquer qu'il est possible de produire des tonnages importants de ce charbon "d'affleurement". Toutefois, les opérations en terrain montagneux doivent faire face à une géologie complexe, qui implique des changements d'attitude des veines faisant qu'elles ne se prêtent pas à l'exploitation à ciel ouvert. La recherche concernant les charbonnages souterrains à la Direction des mines était en retraite au moment de la démission de Brown en 1962. On pourrait dire que cette époque marquait la fin de la période pionnière de recherche et développement minier dans la Direction. Toutefois, la tradition de la Direction était de conserver une perspective à long terme sur les ressources minérales du Canada, et cette tradition ne fut pas abandonnée, comme on le verra au chapitre suivant.

MINÉRAUX INDUSTRIELS

Dans l'ordre chronologique, la première étude d'une mine métallifère - Wabana à Terre-Neuve - précéda les études sur les minéraux industriels, y compris les minéraux d'évaporation, sel et potasse, et l'amianté. On effectua sur ces minéraux des études concernant des problèmes de contrainte de terrain entre 1957 et 1963, y compris une étude spéciale sur la stabilité d'un escarpement rocheux à Québec. Il est approprié de traiter ces minéraux à la suite du charbon, dans la mesure où ces deux classes sont d'origine sédimentaire.

L'étude de Québec faisait suite au souci du Ministère des Affaires du nord et des ressources nationales - (Direction des parcs nationaux) concernant la stabilité des falaises de Dufferin Terrace, qui présentaient des signes d'érosion progressive par fissuration. L'étude fut lancée en 1957, et comportait une surveillance d'environ 3 ans, destinée à détecter tout mouvement de la face rocheuse en arrière du mur de soutènement au moyen d'assemblages de câbles ancrés dans le mur. On examina les processus de fissuration au moyen de trous de sondage d'une longueur allant jusqu'à 100 pieds dans la face de la falaise. Il s'avéra que le mouvement était sporadique. Pour ces mesures, Richards mit au point un appareil d'observation et un détecteur de fissures-fissures. Le Docteur Norris de la Commission géologique donna des conseils d'ordre géologique et pétrologique. La roche était en grande partie une marne calcaire. Quelques travaux de boulonnage de plafond effectués à l'extrémité sud de Dufferin Terrace comportaient des boulons dynamométriques, permettant de détecter tout changement de la charge: "Investigation into the stability of Dufferin Terrace, Ville de Québec" par A. Brown et F.L. Casey (MB IR 60/112).

En 1960, à la demande de la Sifto Salt Company de Goderich, Ontario, qui exploitait un gisement de sel à une profondeur de près de 2000 pieds, on entreprit une étude conjointe sur la stabilité des salles et des piliers. Les salles étaient d'une largeur de 60 pieds, et les piliers avaient une section carrée de 200 pieds de côté. On étudia les fractures de plafond et la déformation des piliers, ainsi que les propriétés de fluage du sel, tant dans la mine qu'au laboratoire. On effectua également des mesures de contrainte sur place "Rock mechanics investigations in a Canadian salt mine" par W.G. Muir et T.S. Cochrane (Proceedings of the 1st International Rock Mechanics Congress, vol. 2, Lisbonne, 1966). En 1961, on lança un autre projet, concernant les mesures à long terme de formation des piliers de sel dans la mine Ojibway de Windsor.

Le Docteur D.F.G. Hedley, qui arriva en 1966 comme Fellow postdoctoral du CNR, avec une expérience antérieure sur les caractéristiques de déformation et de rupture du sel et de la potasse, analysa les mesures de convergence effectuées aux mines Sifto et Ojibway ainsi que les données provenant de deux mines des



D.F.G. Hedley

Etats-Unis et d'une mine du Royaume-Uni. Il détermina que les taux de convergence mesurés à ces cinq mines étaient raisonnablement en accord. Il dérivait de ces mesures une équation représentant la relation entre les valeurs mesurées et calculées des contraintes dans les piliers "An appraisal of convergence measurements in salt mines" par D.F.G. Hedley (Proc of 4th Rock Mechanics Symposium, Ottawa, pp. 117-135, publié par la Direction des mines, 1967).

En 1962, à la suggestion du ministère des mines de la Saskatchewan et d'un certain nombre de compagnies de potasse, Brown prépara un programme de recherches



F. Kapeller installe le boîtier de contrôle de l'extensomètre utilisé pour mesurer la stabilité du charbon dans une grosse exploitation à ciel ouvert en Colombie britannique.

sur le contrôle des terrains, destiné à être mis en oeuvre sous les auspices d'une association de recherche projetée. Pendant ce temps, l'International Minerals and Chemicals Corporation, par l'intermédiaire de son conseiller, le Docteur D.S. Serata, suggéra, comme on le mentionnait ci-dessus, de mesurer la déformation d'une section de sel non revêtu dans un puit de mine au-dessus des gisements de potasse. On mit au point et on construisit deux types d'extensomètre destinés à mesurer les changements à la surface des parois des puits, et à des profondeurs variables, jusqu'à dix pieds, dans les trous de sondage forés dans les parois du puits: "The portable tape dial extensometer and the borehole extensometer" par K. Barron et S.R. Cook (1960 -) (IR FMP 62/80). Ces instruments furent utilisés pour surveiller la déformation des entrées, des salles et des piliers, avec forage de trous de sondage d'une longueur allant jusqu'à 20 pieds dans le plafond, le sol et les parois d'une ouverture. A partir de ces données, on détermina le taux de fermeture et la déformation: "Rock mechanics at International Minerals and Chemical Corporation (Canada), Limited" par George Zahary (1966 -) (Proc of 3rd Rock Mechanics Symposium, Université de Toronto, pp. 1-17, publié par la Direction des mines, 1965).

En 1961, on lança la première étude de mines à ciel ouvert, dans un projet coopératif de D.F. Coates et de l'Asbestos Corporation, concernant la stabilité du périmètre de l'excavation et des eaux souterraines. G.E. Larocque (1959 -) et F. Kapeller (1960 -) mirent au point un appareil de détection de niveau d'eau. Au cours des années 70, le programme complet d'études sur les exploitations à ciel ouvert comporta des études de stabilité sur les grandes mines de charbon à ciel ouvert de l'ouest du Canada. A cette époque, la limitation de personnel ne permettait pas d'affecter

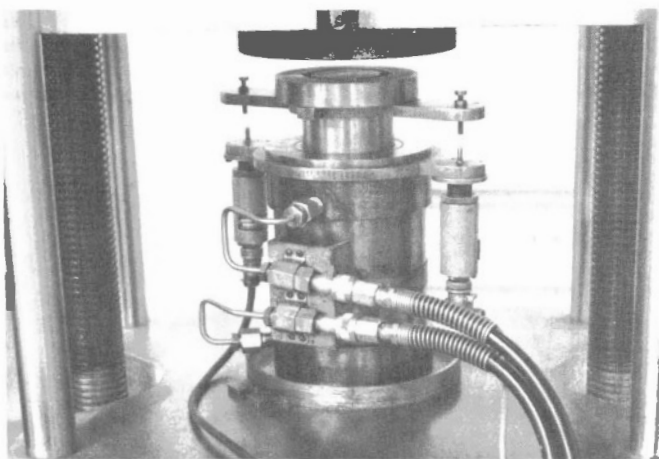


G. Larocque

des ingénieurs en résidence, comme pour les études initiales sur les mines de charbon. Au lieu de cela, la pratique était de préparer un programme de projet, et de fournir les instruments, les plans ou les échantillons, permettant de fabriquer les instruments nécessaires dans les ateliers de la mine, d'aider à l'installation des postes d'observation, et de laisser ensuite au personnel de la compagnie minière le soin d'effectuer les mesures nécessaires ou de surveiller les appareils enregistreurs. Sur ce point, les ingénieurs de la Direction reçurent une coopération totale de la part du personnel des mines. On effectua des tests sur des échantillons de roches concernant les propriétés de compression uni-axiale des roches fragiles et les propriétés de compression tri-axiale pour les roches plastiques et visqueuses. Les appareils de mesure tri-axiale furent conçus par Larocque, agent responsable des essais de roches, en plus de ses autres responsabilités: "The triaxial apparatus" (IR FMP 62/5).

Une vue d'ensemble des études de mécanique des roches appliquée aux dépôts en gisement fut présentée à l'Assemblée annuelle du CIM à Vancouver en 1962: "A review of rock mechanics applications in Canadian bedded deposits" par A. Ignatieff (Trans, CIM, vol. 71, pp. 290-294, 1968).

La manifestation peut-être la plus intéressante des forces résiduelles ou tectoniques dans une mine à filon fut une étude sur plusieurs années à la mine de fluorite Director à Terre-Neuve. En 1962, à la demande du sous-ministre des mines de Terre-Neuve et à la suite d'une visite préliminaire de Barron et Cochrane, avec discussions avec l'administration à St Lawrence, Terre-Neuve, Cochrane et Coates mirent au point un programme de recherche en coopération (IR FMP 63/196). Le problème principal était l'occurrence de rockbursts dans les faces de développement et d'extraction, qui se produisaient après que l'extraction eut avancé jusqu'à un recouvrement d'environ 250 pieds seulement. Le puits de mine avait moins de 1000 pieds de profondeur. La fluorite se présentait sous forme d'un matériau en veine relativement faible, dans un environnement de



Appareil triaxial conçu par G. Larocque

granit résistant présentant une forte énergie de déformation.

On donna quelques conseils préliminaires sur les soulagements de contrainte par explosion et sur l'optimisation de la géométrie des gradins d'abattage. Le projet fut lancé au début de 1964, et comporta une étude du géologue de la compagnie sur les difficiles conditions structurales, par surveillance des changements de fermeture et mesure de la vitesse du son à travers la roche et le minerai, au moyen d'instruments fournis par la Direction des mines; il y eut également des essais de compression uni-axiale sur le minerai et le granit, exécutés par R.C. Parsons (DR FMP 65/55). Les mesures de fermeture présentaient des résultats erratiques mais les tests de vitesse du son indiquèrent que la vitesse dans le granit était près du double de celle dans le minerai. Le soulagement de contrainte par explosion, discuté dans les premières rencontres, réduisit quelque peu le problème. Un rapport intitulé "Preliminary investigations into rockburst conditions at Director mine, Newfoundland Fluorspar Limited" par T.S. Cochrane, termina la première phase des recherches (DR FMP 65/69).

La phase suivante fut composée de tests sur place, au moyen de l'appareil américain de mesure de déformation en trou de sondage et de la cellule de contrainte Leeman, qui seront mentionnés plus tard; le premier instrument exigeait un trépanage ou un carottage supérieur pour donner une valeur absolue de la contrainte de terrain. De plus, on effectua des mesures de vitesse du son avant et après les explosions. Les tests furent effectués sur une période de 3 semaines au début de 1966, par W. Zawadski (1965-) et J. St. Onge (1965-1969) du laboratoire d'Elliot Lake. Les forages furent effectués par des entrepreneurs sous contrat (DR FMP 66/188). Les essais furent effectués à quatre sites - trois au niveau inférieur, à 950 pieds, et un dans le puits de mine. A cette profondeur, la charge due aux contraintes gravitationnelles était d'environ 1000 psi, alors que les contraintes mesurées, tant majeures que mineures, étaient plusieurs fois supérieures, particulièrement dans la région de développement actif; une des mesures dépassait à 20 fois la valeur de la contrainte gravitationnelle. Les résultats indiquèrent de manière convaincante la présence de contraintes résiduelles, même à cette faible profondeur. Les études de vitesse du son s'avérèrent être une technique utile pour déterminer l'efficacité des explosions de soulagement de contrainte: "Results of rockburst investigations at Director mine, St. Lawrence, Newfoundland" par T.S. Cochrane (DR FMP 67/7).

Organisation, 1950-1967

Il y a lieu à ce point de résumer les changements qui eurent lieu dans la section des mines depuis la fin des années 50, avec augmentation de personnel et d'activités, et connurent leur point culminant à la

séparation de la section des mines et de la section des carburants en 1967.

En 1955, le premier physicien recruté spécifiquement pour le projet sur les contraintes de terrain était A.N. May (1957-1961) à la suite de la démission, cette même année, de J.G. Buchanan de la Division de métallurgie physique. En 1959, J.E. Larocque entra à la Direction des mines, suivi de K. Barron en 1960. Tous deux étaient des physiciens. A partir de 1960, Larocque dirigea le groupe des propriétés des roches, et à partir de 1961 K. Barron dirigea le groupe de mécanique des terrains et d'analyse des contraintes. Un ingénieur civil, Monsieur Gyenge, qui avait été associé au Docteur Coates dans le projet de Steep Rock (voir ci-dessous), entra à la Direction des mines en 1962. Grant fut transféré en 1962 de Calgary à Ottawa, avec fermeture du bureau du Public Building.

Des demandes très exigeantes furent imposées à cette section dans la période s'étendant du milieu des années 50 à la fin des années 60; on avait besoin des aptitudes de son personnel dans la conception, la construction et l'adaptation des instruments pour le laboratoire et pour le terrain. Le recrutement du personnel était effectué dans cette optique. J.D. Sullivan (1950-1972) commença par aider Hardy, puis entra à la section des mines. En 1958, Harold Cross arriva à la Direction. Il avait reçu des blessures sérieuses pendant la Seconde guerre mondiale, mais continua courageusement à travailler au laboratoire et sur le terrain. Il dut prendre sa retraite en 1964. En 1960, F. Kapeller, S.R. Cock et A.V. St. Louis, recrutés en 1960, furent d'excellents assistants pour les chercheurs et ingénieurs professionnels. Le groupe suivant de professionnels, dont certain avaient pris des cours officiels en mécanique des roches institués par les universités après la guerre, fut composé de G. Knight (1965 -), Y.S. Yu (1965 -), G. Zahary (1966 -), R. Tervo (1966 -), Dr. D.G.F. Hedley (1967 -), Dr. H. Bielenstein (1967 -), Dr. G. Herget (1968 -) et Dr. R.A. Washington (1968 -). Nous ne parlons pas ici des employés ayant eu moins de dix années de service dans la Direction des mines, sauf mention dans le texte. A



M. Gyenge

la fin de 1964 fut ouvert le laboratoire d'Elliot Lake, et certains des employés d'Ottawa y furent transférés pendant diverses périodes: Cochrane, comme gérant de 1964 à 1969, J.G.H. Carrière, agent d'administration (1947 -) aidé de Mme E.M. Labrosse (recrutée sur place 1964-1971), Casey, Grant, R.C. Parsons (1964-1967), Richards et St. Louis. Les techniciens recrutés pour le groupe d'Elliot Lake étaient W. Zawadski (1965 -), J. St. Onge (1965-1969, décédé), H.B. Montone (1966 -), A.R. Lafrenière (1966 -), W. Stefanich (1966 -), H.L. Poliquin (1966 -) et W. Tirrul (1966 -). Ces hommes possédaient tous les aptitudes nécessaires non seulement dans le domaine des mines mais également en mécanique. En général, le laboratoire d'Elliot Lake eut de la chance dans son recrutement.

Les études sur les poussières inhalables furent lancées en 1961 par L.C. Richards, sous la direction de Cochrane. Plus tard, Knight prit la direction du groupe d'Elliot Lake. Pour revenir à la fin des années 50, on envisagea sérieusement à l'époque d'établir un laboratoire de recherche sur les mines souterraines à Bells Corners, pour établir une installation permettant les essais "d'épreuve" des instruments destinés à l'usage souterrain, étant donné qu'à l'époque il était nécessaire d'effectuer pour pratiquement tous les appareils de mesure la conception, la construction, l'étalonnage et les essais de résistance et de sécurité en atmosphère gazeuse de mine. La résistance était particulièrement importante, car beaucoup d'instruments qui étaient satisfaisants au laboratoire connurent des malfunctions dans l'environnement souterrain. Une exigence supplémentaire était que le laboratoire des explosifs avait besoin d'effectuer des essais souterrains d'explosifs, et allait être transféré d'Uplands au complexe de Bells Corners. Le Docteur E.B. Owen et le Docteur G.D. Hobson de la Commission géologique effectuèrent des études géologiques sismiques (Topical Report No. 57 par E.B. Owen, "Proposed site for an experimental mine", GSC, 1962). M.A. Twidale prépara une proposition officielle pour les installations souterraines (IR FMP 63/1). Le projet fut remis à plus tard, et en 1964, le ministère accepta une offre de la compagnie Rio Algom, proposant un bail



G. Zahary

pour la cafétéria et les doctoirs adjacents à la mine Nordic près d'Elliot Lake en Ontario. Le laboratoire fut établi cette année-là, Cochrane en étant nommé administrateur, et ses qualités d'initiative tranquille permirent de surmonter les difficultés associées à la mise en place du personnel transféré.

Twidale prit la succession de H.A. Graves (1947-1958) comme conseiller au directeur pour les mines. Il était arrangé que les conseillers seraient affectés à la Division des combustibles, qui était responsable du programme des mines. Ces nominations exprimaient le point de vue du directeur sur l'importance des mines, et peuvent être considérées comme à l'origine de l'établissement officiel en 1966 d'une section d'information minière au quartier général de la Direction. Auparavant, Graves, comme ingénieur de terrain, représentait le Bureau des mines pour le contrat de forage dans les sables bitumineux de la région des lacs Mildred et Ruth du nord de l'Alberta; il fut nommé à la Division des ressources minérales avant d'entrer à la Division des carburants au début de 1957. Ingénieur des mines à l'esprit pénétrant, il avait préparé une proposition d'exploitation minière des sables bitumineux (Fuels Rep TM 44/57) et une étude sur les problèmes des exploitations minières dans les régions sub-arctiques du Canada (Fuels Rep TM 20). Il mourut d'une crise cardiaque pendant une visite aux carrières Vermont où l'on avait mentionné des cas de bumps.

Alec Brown entra au Dominion Coal Board en 1962, comme ingénieur des mines, et Cochrane fut chef intérimaire de la section de recherches minières jusqu'à la nomination de Coates en mai 1963. Brown et ses associés assumèrent les activités pionnières dans le traitement de toute une gamme de matériaux rocheux, principalement inélastiques. On publia des rapports historiques sur les activités des sections de recherches minières et de physique pendant cette période, comme suit:

- "Development and progress of strata stress investigations conducted in the Division of Fuels, Mines Branch, Mines and Technical Surveys" par A. Brown, TM 67/57, et Supplément No. 1.
- "Development and progress of the Mining Research Section during the period 1958-1962" par T.S. Cochrane, IR FMP 63/113.
- "Tabulation of reports by the Mining Research Laboratories, 1950-1964 inclusive" par C.A. Vary, DR FMP 65/24.
- "Development and progress of the Physics Section, December 1959 to December 1962" par W.M. Gray, IR FMP 63/171.

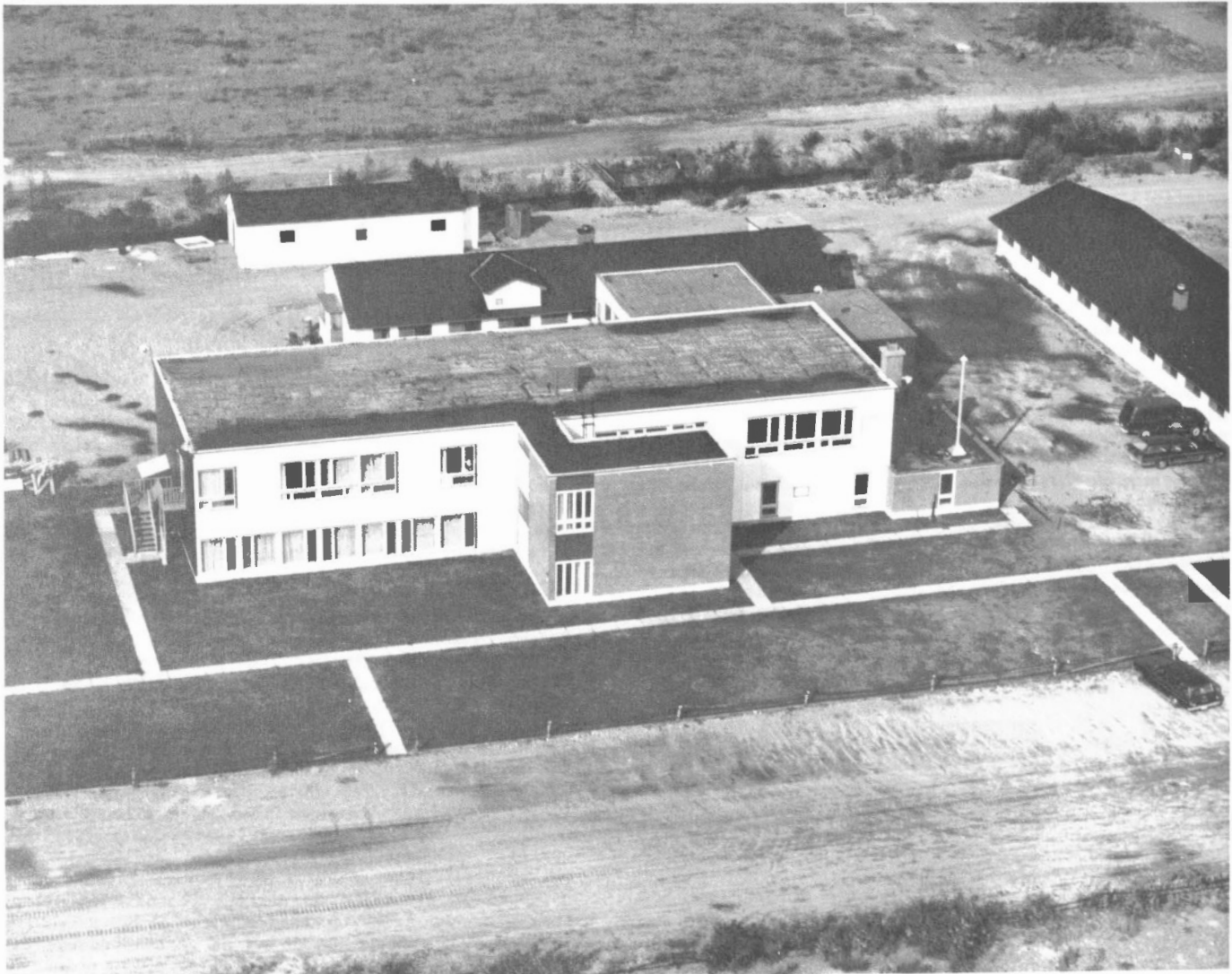
Sous la direction du docteur Coates, le laboratoire d'Ottawa prit la responsabilité de l'analyse théorique des modèles physiques et mathématiques, des programmes d'ordinateur, de la mise au point d'instruments, d'une partie des tests sur les propriétés des roches, et des ruptures de roches à l'explosif. En ce qui concerne cette dernière activité, il y avait des

projets conjoints en mécanique des roches avec le laboratoire des explosifs, qui sera mentionné plus tard pendant la période 1963-1967, durant laquelle le laboratoire fut annexé au Centre de recherches minières.

Le laboratoire d'Elliot Lake était le centre de la plupart des études de terrain, tant en géologie qu'en mécanique de roches, dans les mines locales et d'autres, et plus tard assumait les travaux d'essais de propriétés des roches, ainsi que de rupture non explo-

sive des roches. La recherche sur l'environnement, particulièrement sur les poussières inhalables et les émanations de radon, et plus tard sur la réduction du bruit, fut également assumée par ce laboratoire.

Le laboratoire d'Elliot Lake devint le point focal pour les étudiants, le personnel académique et les fellows post-doctoraux. On offrait l'alimentation et le logement à des tarifs modérés pour ceux qui préféraient rester au laboratoire, qui se trouvait à environ 5 milles de la ville.



Laboratoire d'Elliot Lake (Photo - George Hunter)

Mines souterraines

L'extension du programme sur les "pressions dans roches ou strates" des mines de charbon aux mines en "roche dure" ou métallifères, est dû à l'initiative en 1955 du sous-ministre des mines de Terre-Neuve, F. Gover, et de la Dominion Iron Ore Company à Wabana, filiale de Dosco; l'idée était d'augmenter le taux de récupération de minerai, qui n'était que d'environ 50%, dans les mines sous-marines de Bell Island, Terre-Neuve. Ce projet de recherche fut suivi de plusieurs autres, dans la mesure où un certain nombre de compagnies productrices de minéraux établirent le rapport entre certains des problèmes de contrainte dans les terrains qu'elles connaissaient avec ceux présents dans les mines de charbon, qui faisaient l'objet d'études à la Direction des mines.

Il y a lieu de mentionner le rôle important que jouèrent les départements de génie minier des universités canadiennes, et plus particulièrement les initiatives prises par le Professeur R.G.K. Morrison de l'université McGill, lorsqu'il devint McDonald Professor of Mining en 1949, après une expérience considérable des problèmes des mines souterraines en Ontario et en Inde. Il organisa des cours avancés en mécanique des roches, qui furent suivis par le Professeur A.V. Corlett à Queens, Professeur H.R. Rice à Toronto, le Professeur Lee Cameron à Nova Scotia Technical College dans les Maritimes, le Professeur T.H. Patching à l'université de l'Alberta et le Professeur M.S. King à l'université de la Saskatchewan. Les années 60 constituaient véritablement une époque florissante pour la mécanique des roches. On vit apparaître un nombre important de spécialistes dans les professions du génie minier et du génie civil, en grande partie en raison de leur formation universitaire et de l'augmentation des opportunités dans le gouvernement et dans l'industrie.

La Direction des mines joua un rôle de coordinateur non officiel de la recherche en mécanique des roches dans les universités, par le biais d'un système de subventions qui sera mentionné plus tard, ainsi que dans l'industrie. Cette fonction de la Direction des mines était personnifiée par D.F. Coates, qui, en tant qu'ingénieur civil, choisit le domaine de la mécanique des roches dans ses études avancées, ainsi que dans ses activités d'enseignement et de consultation industrielle; il obtint un doctorat à McGill en 1964. Il devint chef des laboratoires de recherche minière en 1963. La même année, le comité consultatif canadien sur la mécanique des roches (CACRM) fut établi. Coates organisa plus tard un groupe de mécanique des roches composé de géologues, de physiciens et d'ingénieurs civils et des mines, intéressés à cette science appliquée. Le groupe s'affilia à l'International Society for Rock Mechanics en 1967. En 1974, le comité canadien

devint un des comités spécialisés du Canadian Institute of Mining and Metallurgy; il est maintenant connu sous le nom de Canadian National Committee on Rock Mechanics.

Le Docteur Coates poursuivit vigoureusement ses efforts personnels de recherche, tout en assurant la supervision des efforts collectifs de la section de recherches minières, rebaptisée laboratoire de recherches minières (MRL), qui fut sub-divisée en 1964 en un laboratoire du quartier général et un laboratoire de terrain à Elliot Lake. Coates trouva le temps de rédiger un volume classique intitulé "Principes de mécanique des roches" publié en 1965 (145). Ce volume a été traduit en français, espagnol et chinois; il a été adopté comme manuel dans de nombreuses universités du monde. À la date de rédaction, le texte anglais a connu trois éditions. En 1973 fut publiée une monographie supplémentaire, portant sur les techniques d'extrapolation du "connu au nouveau", et intitulé "Incremental design in rock mechanics", par D.F. Coates et M. Gyenge (146).

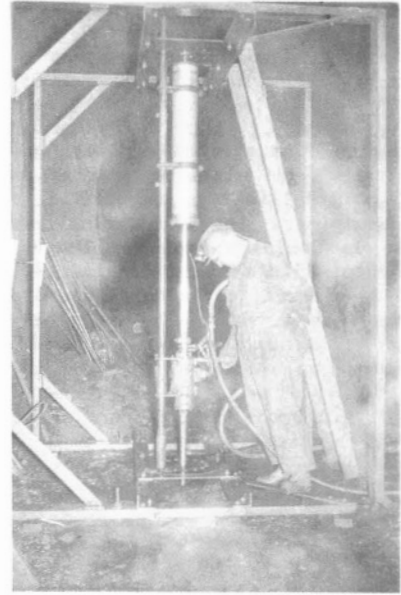
Malgré le développement rapide des activités d'exploitation à ciel ouvert à grande échelle, commençant par l'extraction de minerai de fer dans le nord du Québec et au Labrador et poursuivies dans les mines de métaux communs de Colombie-Britannique - cette activité représentait dans les années 70 près de 70% de la production minérale canadienne - les efforts en mécanique des roches étaient reliés, ce qui n'est pas surprenant, aux mines souterraines, où se présentaient la plupart des problèmes difficiles de contrôle de terrain. Sur ce point, il faut noter que c'est au Canada que l'on trouve le plus grand nombre de mines souterraines différentes au monde. En 1973, le Canada comportait 197 mines souterraines produisant plus de 150 000 tonnes par an, à comparer à 68 pour l'Afrique du Sud et 61 pour les États-Unis, et à un total mondiale de 560 mines souterraines (The Mining Magazine, London, p. 210, septembre 1973).

Le projet Wabana fut exécuté de la même manière que l'étude sur les mines de charbon, commençant par une étude géologique de D.K. Norris: "Structural conditions at the Wabana Iron Mines, Newfoundland, with reference to increased ore recovery" (Topical Report of the GSC No. 5, 1956, et CIM Bull, pp. 539-549, septembre 1957). Buchanan, avant de quitter la Direction des mines en 1957, effectua quelques tests de fissures en piliers, au moyen de la méthode sonique adaptée par Marsh à l'utilisation dans les mines. A.N. May, qui entra à la Direction des mines en 1956, révisa la conception de la cellule de charge à jauges de contrainte, et en 1959-1960, avec Harold Cross, exécuta un programme de mesure des changements de contrainte dans les zones d'extraction à salles et piliers.

May, en grande partie en raison de l'interférence des installations de trous de sondage avec les plans de travail dans les mines, suggéra une étude sur modèle: "The use of scale models in ground control studies" par A.N. May (IR FMP 60/168). Ce projet fut lancé par May, avant son départ de la Direction des mines en 1961, et fut achevé par Barron et Larocque. May présenta un rapport complet sur les mesures souterraines effectuées à son époque: "A report on the ground control study conducted at the Wabana Iron Ore Mine, January 1958 - January 1961, and an outline of the proposed future program of study" (IR FMP 61/41). L'étude sur modèle structural était fondée sur les principes de similitude. On construisit un modèle à l'échelle de la géométrie des faces d'abattage, de l'environnement de contrainte et des propriétés des roches, pour ces dernières aux moyens de mélanges appropriés de plâtre de Paris, dont la résistance après durcissement était équivalente aux propriétés physiques du prototype. Ceci exigeait de faire usage, pour la mesure des contraintes existantes du terrain, des techniques de trépanage ou carottage supérieur. On effectua six opérations de trépanage en 1963. Le cadre de charge était conçu pour un modèle 6'x6'x1' représentant une échelle géométrique de 1/70. La charge de compression était assurée par un vérin hydraulique de cinquante tonnes.

Pendant la période de 1961-1963 furent publiés dix rapports internes par May, Cross, Barron, Larocque, Hunt, Cook et Kapeller (voir tableau des rapports du MRL IR FMP 65/24). Au premier symposium de mécanique des roches, organisé en 1962 à McGill, on décrivit la mise au point de ce modèle. A cette étape, on n'avait pas mesuré les contraintes de terrain dans la mine Wabana: "Development of a model for a mine structure" par K. Barron et G.E. Larocque (Proc of Rock Mechanics Symposium at McGill University, pp. 145-162, publié par la Direction des mines, 1963). On considérait que le coût de l'étude sur modèle était inférieur aux expériences comparables sous terre; toutefois, les efforts déployés et les résultats obtenus ne semblèrent pas justifier les recherches supplémentaires. La recherche sur matériaux équivalents fut dépassée par les modèles photoélastiques, complétés par observation dans la mine. Les études à Wabana donnèrent des indications préliminaires qu'il était possible d'obtenir un taux plus élevé de récupération de minerai sans augmenter les dangers. Toutefois, la mine ferma en 1966, parce que la qualité du minerai ne permettait pas la comparaison avec la qualité supérieure obtenue au Québec et au Labrador.

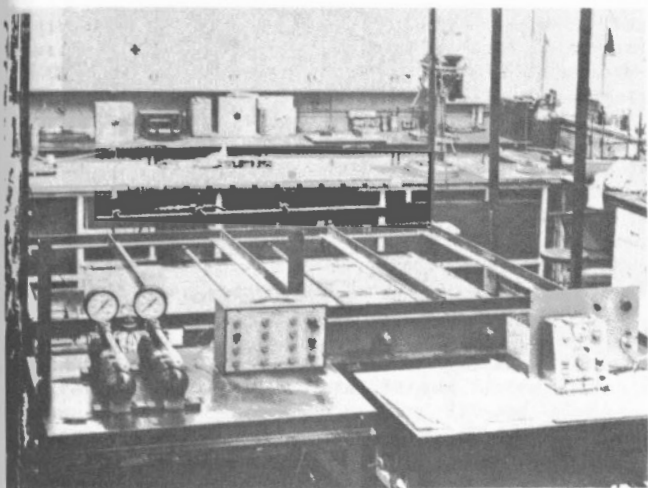
En 1960, McIntyre Porcupine Mines Ltd. de Schumacher, Ontario, suggéra une étude coopérative des rockbursts dans les piliers de couronne d'un filon aurifère fortement incliné, à des profondeurs supérieures à 5000 pieds, dans un environnement de roches porphyriques résistantes. On établit des postes d'observations pour mesurer la déformation et le changement de contraintes. On forait des trous de sondage dans le filon de minerai et dans la roche, et on utilisa des



Trépanage vertical au diamant à Dominion Wabana Iron Mines Limited, Bell Island, Terre-Neuve

appareils de mesure de contrainte de la Direction des mines pour surveiller les changements de contraintes. La déformation fut mesurée par des extensomètres. On mesura la vitesse du son pour déterminer le degré de fissuration autour des sites des appareils de mesure de contrainte. L'organisation des gradins d'abattage était par taille et remblai, et on détermina au moyen de dynamomètres l'importance de la charge dans le remblai. Barron et Cross préparèrent un modèle photoélastique de la contrainte au voisinage des gradins à taille et remblai, à partir de la géométrie de ces gradins. Les résultats permirent des conclusions temporaires quant à l'identification des contraintes induites par l'extraction dans les zones d'aboutement, comme dans le cas des études sur les mines de charbon, et de leur relation à la géométrie et à l'efficacité du soutènement dans les gradins. Dans l'attente d'études supplémentaires sur ce point, des opérations de tir de soulagement de tension en dehors des périodes de travail assurèrent la protection du personnel contre les accidents. Cochrane et Grant s'occupaient principalement des travaux de terrain à la mine: "Studies of ground behaviour in a metal mine" par T.S. Cochrane, O.F. Carter (McIntyre Porcupines) et K. Barron (Proc Fourth International Conference on Strata Control and Rock Mechanics, pp. 123-139, volume spécial, Columbia University, New York City, 1964).

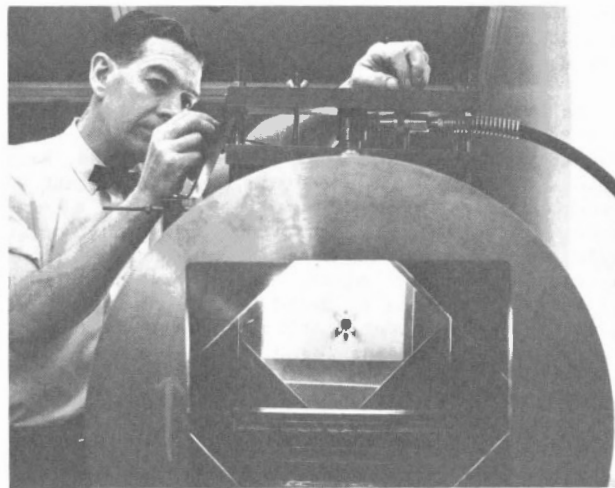
Par contraste avec ce dernier cas, la mine souterraine Errington de Steep Rock Iron Mines Limited, dans le nord de l'Ontario, présentait des conditions



Modèle à janges de déformation piét à la charge (mine Tabana)

difficiles à une profondeur inférieure à 1000 pieds. Au moment de discussions préliminaires avec la compagnie vers la fin des années 50, on y pratiquait une excavation par blocs, dans un gisement de minerai de fer à forte inclinaison dans un terrain présentant des perturbations géologiques; les roches des parois immédiates et le minerai présentaient une forte teneur en humidité, et étaient en grande partie incompetents. J.R. Helliwell effectua les travaux de recherche à la mine, sous la direction générale de K.L. McRorie, directeur général des mines souterraines. La Direction des mines fournit quelques instruments, dynamomètres et cellules de charge hydrauliques, ainsi que des données sur les propriétés physiques des roches et des minéraux. En raison des demandes croissantes de minerai de fer de qualité supérieure, on choisit une méthode d'extraction plus sélective, pour éviter de diluer le minerai dans les rebuts rocheux.

On décida d'utiliser une méthode à paroi longue à tranchement supérieur, avec un système d'étais à friction à trois rangs du type charbonnier à la face d'abatage. La tranche avait 10 pieds d'épaisseur, et l'extraction était effectuée sous un revêtement d'acier. Dans cette phase de recherches, lancée en 1960, Coates fut engagé comme conseiller. Il utilisa la théorie de Terzaghi sur les réservoirs profonds contenant des matériaux non compactés, qu'il modifia pour tenir compte des voissures en terrain cohésif. On mit au point une équation pour la pression unidirectionnelle à la face d'abatage. Les résultats expérimentaux étaient en accord d'ensemble avec les hypothèses de Coates. M. Gyenge l'aida dans ce travail, et la Direction des mines continua à fournir conseils et instruments, dont certains étaient fabriqués à Steep Rock. On utilisa pour la première fois des jauges photoélas-



H. Cross effectuant une analyse de contrainte par photoélasticité

tiques contrainte unidirectionnelle, pour mesurer les charges sur les étais, et les résultats soutinrent favorablement la comparaison avec ceux de la méthode par jauge de déformation électrique. Les mesures de contraintes de terrains furent effectuées par la technique de trépanage, avec une carotte de 12 pouces. On effectua des tests de résistance à l'écrasement, utilisant un étai hydraulique pour appliquer la charge à une plaque circulaire appuyée contre la roche ou le minerai; cette méthode fut comparée avec les essais en laboratoire sur des spécimens de roches et de minerai. Les résultats indiquèrent que cette méthode sur place convenait pour les roches et minerai déformables, mais n'était pas tout à fait satisfaisante pour les roches cassantes: "Plate-load testing on rock for deformation and strength properties" par D.F. Coates et M. Gyenge (American Society for Testing Materials, Special Technical Publication 402, 1966, et MB RS 67, 1968). On effectua également à ce moment-là une étude sur l'utilisation de l'eau pour aider à l'extraction du minerai: "Hydraulic mine model studies" par D.F. Coates et M. Gyenge (IR FMP 63/28).

McRorie et Helliwell présentèrent une communication au premier symposium de mécanique des roches à l'Université McGill en 1962: "Mining research at Steep Rock Iron Mines Limited" par J.R. Helliwell et K.L. McRorie (Proceedings of Rock Mechanics Symposium at McGill University, pp. 93-119, publié par la Direction des mines, 1963). Bien que cette communication présentât un rapport sur la recherche concernant le tranchement supérieur, cette recherche ne fut pas achevée avant le milieu de 1962, et une communication donnant tous les détails des recherches ultérieures fut présentée en 1964: "The mechanics of support and caving in longwall top-slicing" par D.F. Coates et M. Gyenge

(Proceedings of Fourth International Conference on Strata Control and Rock Mechanics, Columbia University, New York, pp 70-84, 1964).

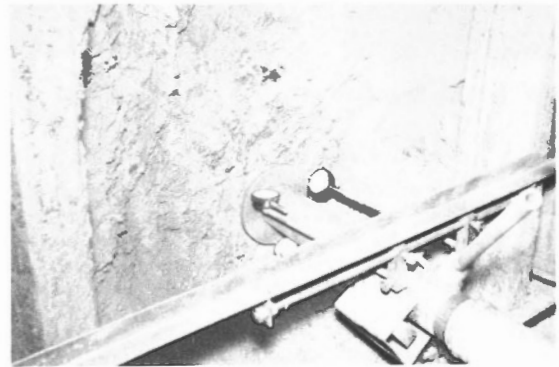
En 1963, on lança un projet de recherche coopérative avec Algoma Steel Corporation, pour exécuter des études de mécanique des roches à la mine MacLeod, Wawa, Ontario. Il s'agissait d'une étude complète portant sur la stabilité des piliers, ayant pour but d'aider à résoudre des problèmes d'extraction à des profondeurs supérieures à la profondeur en vigueur de 1000 pieds, dans un gisement de minéral présentant une forte inclinaison, d'environ 65 degrés. On essaya plusieurs méthodes de mesure, pour établir la déformation et le régime de contrainte dans les piliers, avec des essais auxiliaires de vitesse du son et d'activité microsis-mique. Ces deux dernières méthodes ne produisirent pas de données significatives, en raison de fractures considérables dans les piliers et de difficultés dans l'interprétation des niveaux de bruit. Des mesures à l'extensomètre furent effectuées au moyen d'instruments à boulon et à cadre multiple, et produisirent les renseignements les plus utiles sur le comportement des piliers. L'appareil de mesure de déformation de l'United States Bureau of Mines, qui sera décrit plus tard, avec le carottage supérieur, servit à déterminer les contraintes existantes. Les contraintes tant horizontales que verticales étaient supérieures aux contraintes gravitationnelles, et la contrainte horizontale était supérieure à la contrainte verticale.

On fit usage, pour comparaison et prédiction, de la technique des modèles mathématiques à éléments finis. Dans l'ensemble, les données du modèle produisirent des chiffres plus élevés que les mesures, probablement du fait que le modèle était bidimensionnel, alors que la configuration réelle de la mine était tridimensionnelle: "Underground measurements in a steeply dipping orebody" par D.G.F. Hedley, G. Zahary, H.W. Soderlund (ingénieur en chef, Algoma Division, Algoma Steel Corporation, Wawa, Ontario) et D.F. Coates (Proc Fifth Canadian Rock Mechanics Symposium, University of Toronto, 1968, pp. 105-125, publié par la Direction des mines, 1969). Le Docteur G. Herget (1968 -) étudia la relation entre la géologie structurale et les contraintes souterraines, d'une manière semblable à celle utilisée dans la région d'Elliot Lake par Bielenstein et Eisbacher: "Tectonic fabric and current stress field at an iron mine in the Lake Superior region" par G. Herget (Proc 24th International Geological Congress, Montreal, Section 13, pp 241-248, 1972).

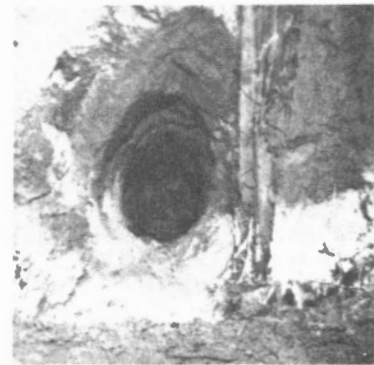
Au cours de la première période, il y eut beaucoup d'occasions pour la Direction des mines d'assister les compagnies minières dans les recherches sur le contrôle des terrains: nous citerons deux autres exemples. En 1960, Cominco désirait évaluer les changements de contraintes dans une région d'extraction en pilier autour d'un grand pilier contenant environ 200 000 tonnes de minéral, que l'on se proposait de briser en une seule explosion à la mine Sullivan. A l'époque, on



1



2



3

Phénomènes de contrainte et applications de la mécanique des roches à Steep Rock Iron Mines Limited, Ontario.

1 - Extraction d'une carotte de 12 pouces après trépanage (mine Errington)

2 - Essais sur plaque de charge

3 - Trou de forage déformé par les contraintes résiduelles horizontales dans une petite gallerie de service.

ne disposait que de deux appareils de mesure de contrainte BX (2 3/8 pouce de diamètre), et ceux-ci furent installés par le personnel de Cominco sous la direction de Cross. On laissa des plans d'appareils de mesure de contraintes AX (1 7/8 pouce de diamètre) pour permettre leur fabrication à l'avenir dans les ateliers de la compagnie. La compagnie fit preuve d'une initiative considérable dans l'exécution des levés de surveillance, d'abord au moyen d'extensomètres conçus à la Direction des mines: "Ground control at Sullivan Mine" par le personnel (Rock Mechanics Symposium, McGill University, Direction des mines, 1963). Finalement, la compagnie organisa une section de mécanique des roches sous la direction de M.J. Royea, diplômé de McGill en mécanique des roches. Celui-ci mit au point une procédure méthodique et simplifiée pour déterminer les contraintes de terrains, adaptée aux fortes variations présentes dans les grands piliers faisant l'objet de l'extraction: "Rock stress measurements at the Sullivan Mine" par M.J. Royea (Proc Fifth Canadian Rock Mechanics Symposium, University of Toronto, 1968, pp. 59-74, publié par la Direction des mines, 1969).

En 1963, on fournit les plans d'extensomètres à boulon de roche à la mine Geco au nord de l'Ontario, pour le programme de contrôle des terrains de cette compagnie. Il semble que l'on ait obtenu des renseignements utiles au moyen de ces mesures, particulièrement des mesures effectuées avec des extensomètres installés à proximité des gradins d'abattage. Plus tard, on effectua des expériences avec des extensomètres de trous de sondage à cadre multiple conçus à la Direction des mines: "Control of ground movement at the Geco Mine", par R.C.E. Bray (Proc Fourth Canadian Rock Mechanics Symposium, Ottawa, pp. 35-66, publié par la Direction des mines, 1967).

Avant de passer aux opérations à ciel ouvert, il y a lieu, dans cette partie sur les métaux, de mentionner un tour d'horizon publié sur les importantes recherches en mécanique des roches effectuées à Elliot Lake, et discuté plus en détail ci-dessous; cet article illustre l'importance d'études combinées de géologie et de mécanique des roches dans tous les bassins orogéniques: "A rock mechanics case history of Elliot Lake"

par D.F. Coates, H.U. Bielenstein et D.F.G. Hedley (Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 10, no. 7, pp 1023-58, juillet 1973).

Mines à ciel ouvert

Avant d'entrer à la Direction des mines, Coates avait reconnu l'importance croissante des exploitations à ciel ouvert au Canada, et, en tant qu'ingénieur civil au courant de la mécanique des sols, se rendait compte du manque de connaissances sur la stabilité des pentes rocheuses. Avec Brown, il publia un article présentant les modes de ruptures, ainsi que des suggestions de recherche et d'étude: "Stability of rock slopes at mines" par D.F. Coates et A. Brown (CIM Bull, pp 514-521, juillet 1961).

L'objectif de Coates était de concevoir des pentes rocheuses présentant le même degré de précision que dans le cas des pentes terreuses, ainsi que de concevoir des systèmes de soutien si nécessaire, avec le même degré d'efficacité que dans les mines souterraines. A son entrée à la Direction des mines, il exécuta avec Gyenge un recensement des histoires de ruptures de pentes rocheuses par éboulement, avec étude particulière des éboulements de roches incompétentes à l'Iron Ore Company of Canada, à Knob Lake, Labrador. L'objectif était à l'origine de déterminer s'il était possible de prédire l'instabilité par mesure de la résistance des roches de parois incompétentes. On effectua des testes triaxiaux sur des roches recompressées au laboratoire, à la même densité que ces roches auraient présenté si elles avaient été mesurées sur le terrain. Les résultats indiquèrent que les échantillons compactés présentaient des valeurs de résistance semblables à celle déduite des éboulements précédents. Le coefficient de variation était d'environ 45%, ce qui n'était pas excessif. On fit un essai d'obtention d'échantillons carottés non perturbés, mais cet essai ne réussit pas, en raison de la présence de particules dures enfermées dans une matrice tendre. De plus, on exécuta des observations de déformation, d'eaux souterraines et microsismiques. "Slope stability studies at Knob Lake" par D.F. Coates, M. Gyenge et J.B. Stubbins (ingénieur en chef, Opérations de Knob Lake, Iron Ore Company of Canada) (Proc Third Canadian Rock Mechanics Symposium, University of Toronto, pp 35-46, publié par la Direction des mines, 1965).

Par opposition aux cas précédents, les roches compétentes dans les pentes d'exploitation à ciel ouvert offraient l'occasion d'augmenter la rentabilité en augmentant l'angle de la pente sans perte de stabilité, au moyen d'ancres profondes câblées et de grillages de soutien. On effectua une étude de faisabilité complète sur une longue période: "Artificial support of rock slopes" par K. Barron, D.F. Coates, M. Gyenge (MB RR 228, 1970, révision 1971). En 1968, on exécuta un projet expérimental avec l'aide de Hilton Mines, Québec, sur une face prototype de 50 pieds de long et



Extensomètre mis au point à la Direction des mines

de 68 pieds de haut. Les essais indiquèrent qu'il était possible de porter en toute sécurité l'angle de la pente de 37 1/2 degrés sans appui à une valeur optimale de 53 degrés avec appui, ce qui augmenterait la marge de bénéfices d'environ \$1000 par pied linéaire de paroi d'excavation: "Support for pit slopes" par les mêmes auteurs (Trans CIM, vol. 74, pp. 77-84, 1971).

Un des problèmes principaux concernant la stabilité des pentes rocheuses est l'impossibilité d'évaluer la distribution des contraintes dans une pente rocheuse. Le traitement mathématique ordinaire fondé sur la théorie de l'élasticité ne donnait pas de résultats acceptables. La première solution de rechange était d'utiliser des modèles photoélastiques. Un modèle de gélatine déformable sous l'effet de son propre poids s'avéra insuffisamment stable en fonction du temps, des changements de température et d'humidité. Gyenge mit au point un mélange plus stable, qu'il baptisa "Mirelite". Ce matériau, combiné avec une charge inverse au mercure, donna une technique permettant de produire des tranches photoélastiques de distribution de tension. On suggéra un programme d'ordinateur pour effectuer les calculs impliqués: "A computer program for calculating principal stresses in photoelasticity" par M. Gyenge (MB TB 88, 1967).

Il existait un procédé itératif ou répétitif, faisant usage d'éléments finis, et utilisé dans les solutions de problèmes concernant les barrages de béton; l'usage de cette technique fut suggéré dans la détermination des tensions dans les pentes: "Analysis of rock slopes using the finite element method" par Y.S. Yu et D.F. Coates (MB RR 229, 1970).

On avait fait paraître plus tôt un rapport de recherche bilingue, décrivant la mise au point du programme d'ordinateur concernant les contraintes dans les exploitations à ciel ouvert, et donnant des renseignements et instructions d'utilisation détaillés:



Y.S. Yu et W.M. Gray aux Laboratoires de recherche minière, Bells Corners.

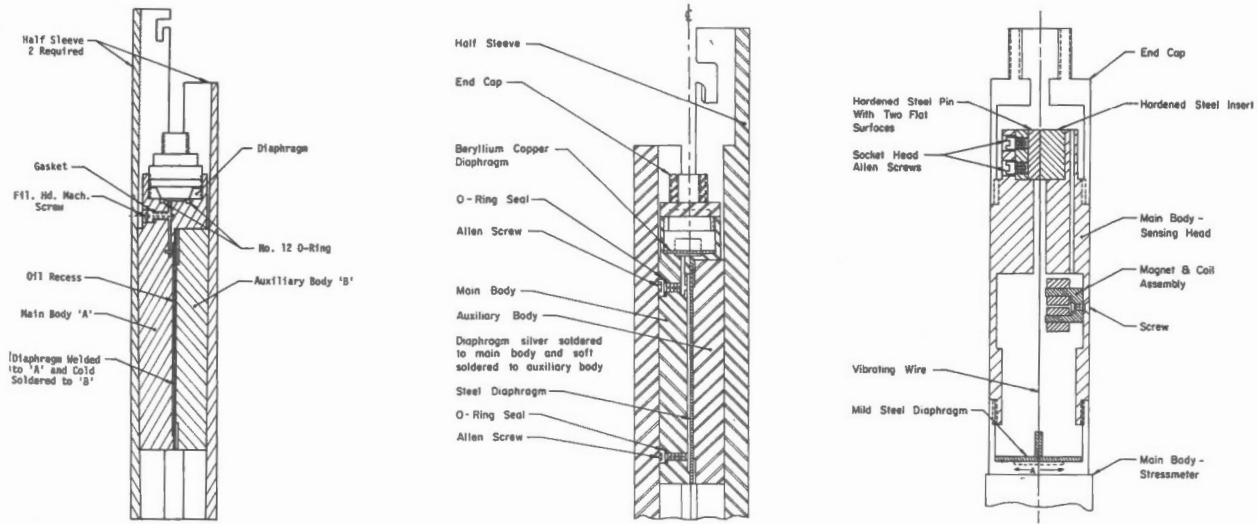
"Development and use of computer programs for finite element analysis - La mise au point et l'utilisation de programmes sur ordinateur en vue de l'analyse de la méthode des éléments finis" par Y.S. Yu et D.F. Coates (MB RR 198, 1969).

A l'établissement du groupe informatique en 1966 Coates fit usage de la comparaison entre les recherches et systèmes en mécanique de roches et la mathématique des systèmes comme la ventilation des mines, les puits de chaleur et les structures de coûts d'exploitation minière, qui prennent en compte l'interaction des variables. En 1971 fut inauguré un projet ambitieux concernant les divers facteurs gouvernant la stabilité de l'exploitation à ciel ouvert et l'optimisation des opérations; ce projet fut connu sous le nom de "Projet des pentes d'excavations".

Mesures de contraintes (instrumentation)

Dès le départ des études en mécanique des roches, il était évident que les contraintes de terrain dans la masse des roches ou des minéraux ne seraient pas dues uniquement au poids des roches sus-jacentes, à une profondeur quelconque. Comme il n'existait pas d'appareil de mesure de contrainte de terrain en trou de sondage disponible dans le commerce jusque dans les années 60, la Direction des mines et d'autres groupes de recherches consacrèrent des efforts considérables à la conception d'instruments suffisamment résistants pour effectuer des mesures de contraintes dans les mines; cet effort vaut d'être décrit en détail.

Les premières cellules de charge à jauges de contrainte, conçues par la Division de métallurgie physique, comportaient des jauges montées sur un disque à l'intérieur d'un cylindre de magnésium, qui fut remplacé plus tard par de l'acier; l'appareil était construit pour un trou de sondage de 2 1/4 pouces pour mesurer les changements de contrainte de terrain; il s'avéra manquer de résistance mécanique, et il était difficile de corrélérer les contraintes entre le disque et les roches hôtes. Les recherches précédentes sur le béton suggéraient que le module d'élasticité d'une inclusion rigide, ou appareil de mesure de contrainte, devrait être environ 4 fois plus grand que celui du béton, pour assurer que la déformation dans l'inclusion dépendait de la contrainte, et non de la déformation du béton; dans ce cas, il n'était pas nécessaire de connaître précisément le module d'élasticité de la roche hôte, et il était possible de décrire précisément l'inclusion comme "appareil de mesure de contrainte": "Theory of an experimental method of determining stresses of elasticity" par A. Coutinho (International Association for Bridge and Structural Engineering, Publication 7, pp. 83-103, 1949). Les appareils qui vont être décrits ci-dessous étaient fondés sur un effort pour utiliser les notions de Coutinho. Cet objectif ne fut pas entièrement réalisé, en raison de la forte proportion de roches à fort module d'élasti-



1

2

3

1. Coupe de l'appareil BX (2 3/8 pouces) avec ses manchons
2. Coupe de l'appareil AX (1 7/8 pouces) avec ses manchons
3. Coupe de l'ensemble de la tête de détection à câble vibrant (dessins de Don Dugmore LRM)

citée rencontrées dans les mines canadiennes, qui auraient considérablement augmenté le coût des appareils de mesure de contraintes susceptibles de satisfaire aux principes de Coutinho.

May revisa la première cellule de charge à jauges de contrainte pour en faire un type hydraulique plus résistant (module d'élasticité de $13,5 \times 10^6$ psi) construit à partir d'un barreau d'acier fendu, dans lequel un renforcement étroit le long de l'axe du barreau faisait la place pour un bain d'huile; lorsque la cellule de charge était soumise à une compression due à la pression de la roche, l'huile était déplacée, ce qui entraînait une déflexion d'un diaphragme portant des jauges de déformation, monté à la tête de la cellule de charge. La cellule de charge était précontrainte, pour améliorer la sensibilité de l'appareil aux changements de contrainte, et pour assurer un contact intime avec la roche et réduire la quantité de mortier de scellement à utiliser entre l'appareil et la roche. Dans ce but, l'extérieur de l'appareil était conique, et l'on utilisait des manchons présentant une conicité correspondante pour le charger dans un trou de sondage de 2 3/8 pouces de diamètre (BX). Cette appareil de mesure de contrainte uniaxiale eut quelque succès, mais lorsqu'on introduisit une opération de carottage supérieure ou de trépanage pour mesurer la contrainte de terrain existante ou absolue, on reconnut qu'il serait nécessaire d'avoir un instrument plus petit,

pour éviter l'effet des précontraintes antérieures sur la roche au périmètre du trou original de 2 3/8 de pouces. Même pour un trou de 1 7/8 pouce de diamètre (AX), la carotte devrait avoir 12 pouces de diamètre.

On utilisa les mêmes principes de mesure de contrainte, décrits ci-dessus pour les appareils de mesure uni-axiaux, dans la conception d'un appareil bi-axial pour un trou de sondage BX. L'objectif était d'étendre la résolution du champ de contrainte à deux plans, l'un normal à l'axe du trou de sondage, comme pour l'appareil de mesure uniaxial, et l'autre perpendiculaire à l'axe du trou de sondage. "The design and development of a biaxial stressmeter" par H.E. Cross (IR FMP 61/84). Les tests préliminaires s'avérèrent assez prometteurs dans une mine de sel, mais le projet fut interrompu, car le programme des contraintes de terrain passait de la mesure des changements de contraintes à la mesure des contraintes instantanées, au moyen d'instruments de trou de sondage de diamètre plus réduit.

L'appareil de mesure de contrainte à jauges de déformation se révéla stable pendant des périodes allant jusqu'à trois mois; au cours du temps, on voyait apparaître une lente dérive du zéro de la jauge, qui fut attribué aux effets de l'humidité sur les jauges et leurs ciments. On utilisa des techniques de revêtement, mais il n'était pas possible d'éliminer entièrement les

problèmes.

Etant donné qu'une fonction principale de ces divers modèles de cellules de charge à jauges de déformation de la Direction des mines était de mesurer des changements de contraintes, il était important que l'instrument de sondage soit stable. Pour surmonter les problèmes électriques causés par les jauges de déformation, Barron mit au point une tête de détection acoustique à câble vibrant, qui se vissait dans l'appareil de mesure de contrainte hydraulique; Barron avait effectué quelques recherches dans ce domaine au sujet du béton, au National Coal Board, avant d'entrer à la Direction des mines. En principe, un câble à haute résistance chromé, de 0,010 pouces de diamètre, était soudé à un diaphragme d'acier à une extrémité de la tête de détection, et le câble passait à moins d'1/16 de pouce d'un excitateur composé d'un aimant en fer à cheval et de bobines à l'autre extrémité de la tête. L'excitateur permettait d'induire une impulsion qui "pinçait" le câble, le faisant vibrer à sa fréquence libre. Le champ magnétique produisait une force électromotrice à la même fréquence dans les bobines. Cette tension alternative était amplifiée et sa fréquence était déterminée au moyen d'un comparateur contenant un câble standard en vibration continue. On utilisa d'abord un appareil commercial fabriqué par Maihak, mais celui-ci fut modifié par Larocque, pour en faire un appareil transistorisé sur piles, assurant sa sécurité dans les mines de charbon. Cet appareil était fondé sur des travaux du National Coal Board: "Construction of a vibrating wire comparator" par G.E. Larocque (IR FMP 60/191).

Ces appareils de mesure de changement de contrainte s'avérèrent utiles dans les premières études de changements de contrainte destinées à la délimitation des zones d'aboutement induites par l'extraction minière, et donnèrent un meilleur aperçu des fortes contraintes causant des ruptures soudaines dans les roches et les minéraux.

En 1965, Barron acheva un rapport sur les divers modèles d'appareils de mesure de contrainte, qui contenait une section consacrée à guider les usagers possibles, désireux d'entreprendre la fabrication d'appareils de mesure par jauge de déformation ou à vibration, ainsi qu'une section sur le trépanage permettant de déterminer la valeur instantanée des contraintes de terrain existantes. Il reconnut les contributions initiales de May et de Cross, en les faisant co-auteurs du rapport, dans lequel il mentionne l'aide précieuse apportée par Richards, Cook et St. Louis: "The Mines Branch stressmeter" par K. Barron, A.N. May et H.E. Cross (DR FMP 65/172).

Vers le début des années 60, les travaux de recherche et développement en mécanique des roches dans les universités et les établissements gouvernementaux produisaient non seulement des idées analytiques sur les phénomènes de contrainte et de déformation appli-

qués aux roches, mais également toute une gamme d'appareils de mesure. La Direction des mines restait en contact avec ces développements, en partie pour réduire le coût considérable de la mise au point d'instruments, qui engageait les efforts d'une forte proportion des employés dans le laboratoire de recherches minières pour la conception, la fabrication et les tests d'épreuves, malgré l'aide excellente fournie par les ateliers des services techniques. On reconnaissait également que les programmes relativement longs de mesure souterraine de changements de contrainte coûtaient cher. Ainsi, la mesure des contraintes de terrain instantanées présentait beaucoup d'attrait, particulièrement en ce qui concerne les mines en roches dures qui n'avaient pas d'histoire de rockbursts.

L'université de Sheffield (Angleterre) suggéra pour évaluation par la Direction des mines un appareil de mesure de contrainte en verre, ou photoélastique, qui était en cours de mise au point par Sheffield et l'université de Kyoto au Japon. Il s'agissait d'un appareil conçu pour observer les changements de contraintes dans les roches, et sur ce point il ressemblait à l'appareil de la Direction des mines. Il présentait l'avantage d'être un appareil biaxial simple et peu coûteux à construire. Barron, dans son étude, découvrit que pour que la sensibilité de l'appareil reste indépendante de la résistance de la roche hôte, l'appareil devrait être utilisé dans des roches présentant un module d'élasticité bien inférieur à celui que l'on avait supposé précédemment, et que la sensibilité diminuait lorsque le rapport des contraintes biaxiales approchait de l'unité. L'étalonnage de l'appareil en laboratoire était en bon accord avec la théorie, et les franges d'interférence photoélastique donnaient d'excellentes indications des directions des contraintes appliquées: "Glass insert stressmeters" par K. Barron (Journal of the Society of Mining Engineers, pp. 287-299, et MB RS 15, 1965).

Deux instruments de mesure de contrainte de terrain, particulièrement applicables aux mines "en

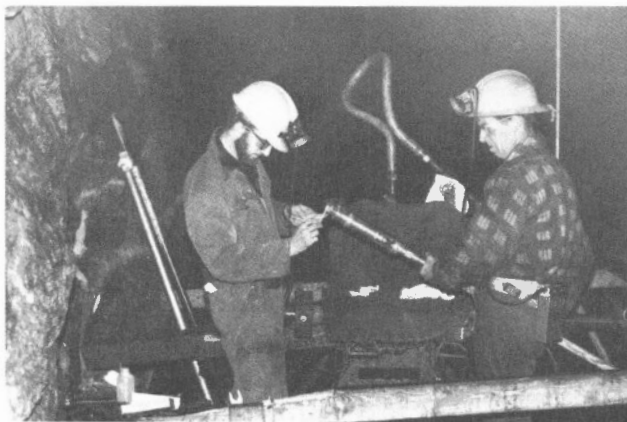


K. Barron

roche dure" furent mis au point respectivement, par le U.S. Bureau of Mines (USBM) et le National Mechanical Engineering and Research Institute du Council of Scientific and Industrial Research (CSIR) d'Afrique du Sud, au début des années 60. Le premier de ces instruments, essayé par les laboratoires de recherches minières à la mine Nordic près d'Elliot Lake en 1965, peu de temps après l'établissement du laboratoire, fut l'appareil de mesure de déformation en trou de sondage du USBM, pour les trous de sondage EX (1,5 pouce de diamètre): "Borehole deformation gage for determining stresses in mine rock" par L. Obert, R.H. Merrill et T.A. Morgan (USBM Report of Investigation 5978, 1962). L'élément de détection de cet appareil était un membre en porte-à-faux béryllium-cuivre, sur lequel étaient montées quatre jauges de déformation formant un pont de Wheatstone. Le membre en porte-à-faux fournissait une force suffisante pour maintenir un piston et des cales d'espacement en contact avec les parois latérales du trou de sondage. Le Bureau prêta des plans de fabrication, et la Division des services techniques construisit des appareils. La valeur des contraintes existantes s'obtenait par carottage supérieur avec un trépan de 6 pouces de diamètre.

La mine d'uranium Nordic se trouvait au bord sud d'un bassin structural de roches précambriennes, présentant des résistances à la compression de 31 000 à 38 000 livres par pouce carré. On sélectionna deux emplacements pour étude: une zone en gradins à une profondeur de 850 à 1010 pieds, et des galeries secondaires éloignées des piliers à des profondeurs de 840 à 1360 pieds en dessous de la surface. On calcula les contraintes du terrain à partir de l'expansion du diamètre du trou EX, à la suite de l'opération de soulagement de contrainte par carottage supérieur; ces calculs montrèrent que les contraintes dans la région des piliers allaient jusqu'à 15 600 livres par pouce carré, avec peut-être des contraintes supérieures dans le cas où l'opération de soulagement de contrainte devait être abandonnée en raison du "disquage" de la carotte. La contrainte de terrain dans les galeries éloignées des gradins était en moyenne, pour la composante verticale, deux fois, et pour la composante horizontale, trois fois la contrainte gravitationnelle. Les carottes furent expédiées au laboratoire d'Ottawa pour détermination de la résistance à la compression uniaxiale, du module de déformation et de la densité, et pour examen minéralogique. Cette étude fut exécutée par Coates et Grant, avec l'aide de Cochrane, I. Bayne, St. Louis, Zawadski et St. Onge à Elliot Lake, et de Parsons, Cook et M.A. Ellis à Ottawa: "Stress measurements at Elliot Lake" par D.F. Coates et F. Grant (Trans CIM, vol. 69, pp 182-192, 1966, et MB RS 68, 1968).

Un deuxième test effectué dans la région de la mine Nordic eut lieu un peu plus tard, au moyen de la cellule de déformation "en butée de porte" mise au point par le CSIR de l'Afrique du Sud: "The measurement of stress in rock, Part 2: Borehole rock stress measur-

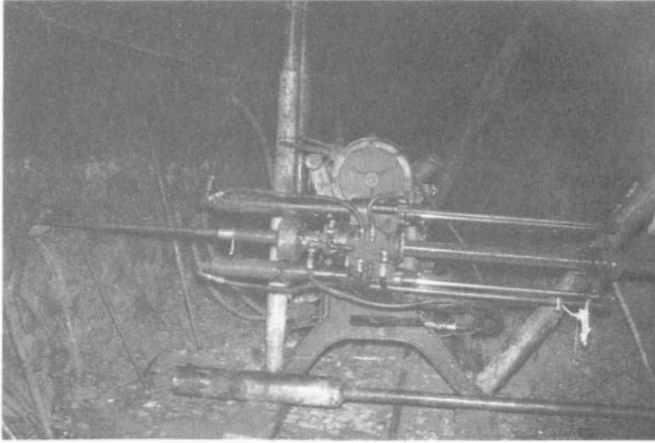


R. Miller (à gauche) préparant la cellule de déformation "en butée de porte" pour insertion dans un trou de sondage (mine Nordic, Elliot Lake, Ontario)

ing instruments" par E.R. Leeman (Journal of SA Inst of Mining and Metallurgy, vol. 65, pp. 82-114, sept. 1964). Pour permettre une comparaison immédiate, on utilisa également dans cette étude la jauge de déformation du USBM.

La cellule de déformation fut installée dans le fond poli et nettoyé d'un trou BX (2 3/4 pouces de diamètre) au moyen d'un outil d'installation spécial, dont la modification fut effectuée à Ottawa: "A new strain cell installing tool" par W.L. van Heerden, C. Szombathy et A.V. St. Louis (DR FMP 66-37). L'élément de mesure était une rosette de jauges de déformation pour les orientations verticale, à 45° et horizontale, semblable à celle du premier instrument de la Direction des mines. Les conducteurs provenant des jauges étaient reliés à quatre broches et à une prise de connexion isolée. Les deux jauges étaient encapsulées dans un composé siliconé. Pour la mise en opération, la cellule de déformation était nettoyée et enfichée dans l'outil d'installation, enduite de colle et poussée jusqu'au fond du trou de sondage, où elle était orientée et collée à la face rocheuse du trou. Lorsque les mesures de déformation se stabilisaient à une valeur constante, on enlevait l'outil et on utilisait un trépan de carottage BX pour retirer la roche sur laquelle était fixée la cellule de déformation pour une lecture finale de la déformation.

Les résultats des deux méthodes étaient en général en bon accord, compte tenu des erreurs d'instrumentation et de mesure du module de la roche, et présentaient une comparaison favorable avec l'orientation et l'ordre de grandeur des contraintes mesurées par Coates et Grant. Il faut peut-être noter que le groupe Buchanan-Marsh-Thurston avait envisagé de fixer



Disposition de forage pour "butée de porte" en place

directement les jauges de contraintes à la roche, dans leur première proposition pour la mesure des contraintes dans les mines de charbon; toutefois, cette méthode n'avait pas été essayée, en raison du caractère tendre de certaines des couches de charbon et de la fragilité du charbon.

W.L. van Heerden, agent de recherche du National Mechanical Research Institute, Pretoria, Afrique du



J. St-Onge effectue des mesures au laboratoire après les études de terrain sur les contraintes; on voit les jauges de contrainte Leeman en butée de porte.

Sud, exécuta l'étude avec Grant, au cours d'une échange avec Barron, qui permit à chacun de passer 18 mois en 1965-66 dans les pays d'échange respectifs. Dans l'étude mentionnée ci-dessus, les personnes suivantes apportèrent leur assistance à Elliot Lake: St. Onge, Zawadski, St. Louis, H. Montone, E. Timms et P. Pike: "A comparison of two methods for measuring stress in rocks" par W.L. van Heerden et F. Grant (International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, vol. 4, pp 376-382, 1967, et MB RS 68, 1968). Cette recherche fit également l'objet d'un rapport dans Proceedings Fourth Canadian Rock Mechanics Symposium (rencontre tenue à Ottawa en 1967, sous les auspices du CIM et du Comité consultatif canadien sur la mécanique des roches).

La recherche à Elliot Lake présentée ci-dessus ajouta des preuves plus conclusives à celles obtenues dans les travaux précédents, sur l'existence et l'influence des contraintes résiduelles ou orogéniques de type variable et complexe dans de nombreux bassins miniers. Le point de vue géologique était exprimé dans les études complètes entreprises par le Docteur H.U. Bielenstein (1967 -) et par G.H. Eisbacher de la Commission géologique du Canada. Ces études comportaient des analyses géologiques structurales à grande et à petite échelle, en relation avec les éléments dominants du synclinal Quirke, ainsi que des essais de récupération après déformation au moyen de la cellule de déformation du CSIR. La conclusion principale fut que les fortes contraintes horizontales observées auparavant par Coates, van Heerden et Grant comportaient une proportion importante de contraintes "rémanentes" provenant d'une orogénie antérieure à la vaste voûture régionale: "In-situ stress determination and tectonic fabric at Elliot Lake, Ontario" par H.U. Bielenstein et G.H. Eisbacher (Proc Sixth Canadian Rock Mechanics Symposium, Université de Montréal, 1970, pp. 91-101, publié par la Direction des mines, 1971).

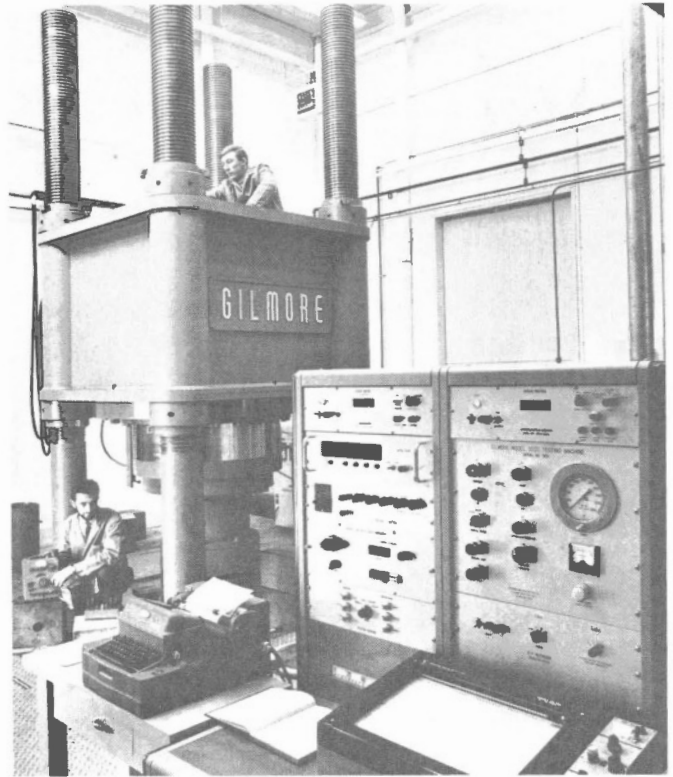
Le sonoscope était un instrument complémentaire de l'appareil de mesure de contrainte, qui était utile pour détecter et délimiter les zones de fracture dans les masses de roches et minéraux et pour mesurer les propriétés dynamiques des roches non fracturées. L'instrument sonique d'origine, que Marsh avait produit par modification d'un appareil utilisé pour les essais de solidité du béton sur courte distance, faisait usage de cristaux de sel de Rochelle piézoélectrique, comme source d'énergie vibratoire élastique. En 1963, Larocque et Kapeller construisirent un nouvel instrument, dans lequel une énergie plus forte était produite par un transducteur au titanate de baryum. Le couplage du récepteur et de l'émetteur avec la roche hôte fut amélioré. L'instrument était plus facile à porter et plus fiable comme appareil de contrôle, et n'exigeait pas de prise de courant alternatif ou de convertisseur de grande dimension: "A sonic unit for the determination of "in-situ" dynamic properties and for the outlining of fracture zones" par G.E. Larocque (Proc Sixth Symposium on Rock Mechanics at the University of

Missouri at Rolla, Octobre 1964, pp 358-380, et MB TB 75, 1965).

On a mentionné précédemment divers instruments comme les extensomètres pour la mesure de la déformation des faces et piliers de mines, et des appareils de laboratoire concernant principalement la mesure des propriétés d'échantillons de roches. L'espace nous manque pour des descriptions détaillées de ces instruments.

Mécanique des piliers

Le pilier constitue l'unité structurale principale dans une mine, et remplit cette fonction tant que la charge qui lui est imposée est inférieure à sa résistance. Il fonctionne comme une entité distincte de la masse des roches ou des minéraux, servant d'appui naturel principal pour divers types et quantités d'appuis artificiels, selon la taille de l'excavation. Etant donné que les piliers formés dans la période initiale de développement de la mine représentent une forte proportion du potentiel de production minérale, il est nécessaire de récupérer un grand pourcentage des piliers. L'élargissement progressif de l'excavation a



R. Miller réglant la presse Gilmore



F. Kapeller réglant l'instrument de mesure de la vitesse du son dans les roches.

pour effet un transfert continue des contraintes vers les piliers adjacents, et vers le terrain massif au périmètre de l'excavation; ceci entraîne la formation d'aboutements, zones de contraintes plus élevées. L'essence du contrôle du terrain consiste à contrôler la cavité produite par l'excavation, et se réalise par une séquence d'extraction méthodique, qui inclut l'extraction des piliers, l'utilisation d'appuis artificiels appropriés, et finalement le remblayage systématique de la cavité de grosses excavations au moyen de matériaux d'apport, ou par l'effondrement des roches relativement faibles comme celles qui se présentent dans les mines de charbon. Le procédé d'extraction avance latéralement depuis le puits de mine ou l'entrée principale jusqu'aux limites d'une veine inclinée, et dans le cas des dépôts horizontaux, jusqu'aux limites de la concession, ou jusqu'à une dislocation géologique, comme les failles majeures. Le procédé se poursuit vers le bas, d'un niveau jusqu'au niveau suivant, au fur et à mesure que la mine procède en profondeur.

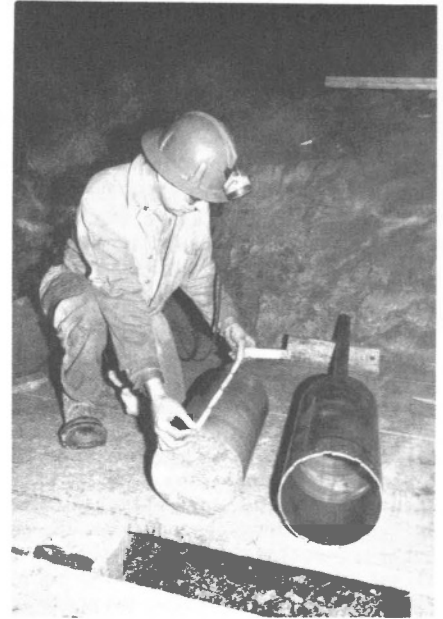
Le rôle de la mécanique des piliers est d'optimiser la récupération des minéraux sans mettre en danger la stabilité de la mine; en première approximation, le rapport de la résistance moyenne d'un pilier à la



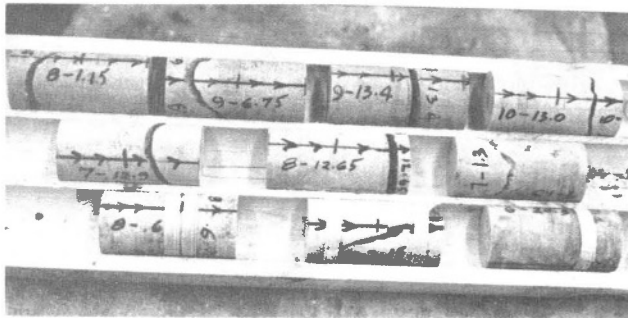
1



2



3



4

contrainte moyenne dans le pilier donne un facteur de sécurité approché. Etant donné la multitude de variables rencontrées dans les environnements naturels de roches et de minerais, il n'est pas facile d'appliquer aux roches les analyses structurales du type mis au point pour les matériaux et structures artificiels. Par le passé, on faisait des hypothèses en grande partie empiriques, qui, dans la période de l'après-guerre, permirent à Coates et à d'autres d'établir des hypothèses pour chercher à analyser certaines des variables identifiables que l'on pourrait inclure dans une interprétation mieux fondée théoriquement de la fonction d'un pilier de mine comme unité structurale. Coates rédigea une thèse de doctorat sur la mécanique des piliers, et poursuivit sa recherche à la Direction des

Prédiction de la résistance d'un pilier par mesure d'une carotte rocheuse de 10 pouces de diamètre; 1 - baril de carottage de 10 pouce en couronne au diamant, conçu à la Direction des Mines; 2 - un assistant présente la carotte extraite; 3 - A.V. St Louis mesure une carotte de 24 pouces de longueur pour essais de résistance; 4 - spécimens avec fractures ouvertes naturelles.

mines. En plus de l'important paramètre du rapport d'extraction, accepté par tous les chercheurs, il identifia les paramètres importants suivants: rapport de compressibilité entre la roche du pilier et les roches des parois supérieures et inférieures (plafond et sol), hauteur d'un pilier, et largeurs des piliers si les largeurs sont inégales. Une monographie en quatre parties, "Pillar loading" fut publiée de 1965 à 1967 (147).

L'évaluation de la résistance des piliers présente une difficulté quand à l'extrapolation de la résistance des spécimens de roche à la masse de roche du pilier. En 1969, on installa à Elliot Lake une machine Gilmore de 4 millions de livres, avec contrôle

et sortie automatique, pour obtenir des spécimens d'essai suffisamment gros pour que leur schéma de rupture ressemble à celui d'un pilier. On mit au point une technique d'échantillonnage de roches faisant usage d'une sélection aléatoire, pour analyser la résistance en compression et la dispersion des résultats. A partir de ces données, il était possible de prédire par extrapolation la distance des piliers, qui dans le cas des minerais quartzitiques d'uranium indiquait une résistance en compression des piliers de l'ordre de 19 000 psi: "Strength distribution in hard rock" par B. Kostak (Fellow postdoctoral du CNR) et H.U. Bielenstein (International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, vol 8, No. 5, pp. 501-521, 1971).

En 1972 fut publiée une communication examinant les conditions minières et géologiques dans douze mines d'Elliot Lake, ainsi que la base de données des mesures de contraintes et de résistances effectués dans les mines et au laboratoire au cours d'une période de 5 à 6 ans. On effectua des calculs estimatifs fondés sur la théorie et sur les données expérimentales pour prédire la stabilité des piliers au fur et à mesure de l'avancement de l'extraction en profondeur: "Stope-and-pillar design for the Elliot Lake uranium mines" par D.G.F. Hedley et F. Grant (Trans CIM, vol 75, pp. 121-128, 1972).

Pour compléter les études de stabilité des piliers, on entreprit des recherches sur le remblayage comme système d'appui de masse dans les zones où le minerai avait été extrait. Twidale fit un tour d'horizon de la technique dans les mines canadiennes: "Backfill methods in Canadian mines" par M.A. Twidale (MB IC 141, 1962). A.S. Romaniuk fit de même pour la pratique étrangère: "Backfill techniques used outside Canada" (DR FMP 67/2).

On mit au point des normes pour un essai de percolation, en consultation avec plusieurs compagnies minières: "Tentative specifications: test for percolation rate, or coefficient of permeability, of fill", par le groupe de recherches sur le contrôle des terrains (MB TB 101, 1968). On effectua une analyse des effets du nivellement sur le matériau d'apport hydraulique et consolidé (Coates et Yu, Trans CIM, vol 72, pp. 36-41, 1969).

Dans le but de tester un programme d'ordinateur mis au point pour résoudre des problèmes à variables multiples avec fonctions non-linéaires dans l'optimisation des opérations minières, on analysa l'optimisation d'un système simplifié de transport de remblai de mines, en sélectionnant quatre paramètres de l'étude: les diamètres des trous de sondage verticaux et des tuyaux d'acier horizontaux, la durée et le nombre d'heures par jour des opérations de remblayage, et la concentration des solides dans la boue. Les analyses indiquèrent des tailles de trou de sondage et de tuyau proche de celles utilisées en pratique dans les systèmes de remblayage réels: "Mine fill system design

based on optimization" par M. Gyenge et D.F. Coates (Proc 9th International Symposium on Techniques for Decision-Making in the Mineral Industry, Montreal, June 1970, CIM Special Volume 12, pp. 384-391, 1971).

Classification des roches

Coates considérait qu'il était important, en particulier pour la croissante communauté de la mécanique de roches, et pour faciliter en général la communication, d'établir une classification des roches ressemblant aux normes existantes pour les sols, et fondée sur les propriétés mécaniques des substances rocheuses, les noms géologiques et la description de la masse rocheuse. Il fit participer à ce sujet le Comité consultatif canadien sur la mécanique des roches (CACRM), nouvellement organisé, et un rapport fut préparé par le Professeur B. Ladanyi de l'Université de Montréal sur "des tests uniaxiaux des roches pour les besoins de la classification". Coates publia un article en 1964, pour distribuer ce projet de classification et pour permettre des recherches pertinentes: "Classification of rocks for rock mechanics" (International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, vol 1, pp. 421-9, 1964). Le système de classification de Coates se composait de deux parties: pour la substance rocheuse, avec les tests suivants - densité rocheuse, résistance en compression uniaxiale, module de déformation, taux de déformation et rapport de la déformation récupérable à la déformation totale, et pour la masse rocheuse - description en termes géologiques, homogénéité grossière (en masse ou en couche) et continuité de la substance rocheuse dans la formation rocheuse (massive, en blocs ou brisée).

Les termes et le groupement de propriété de substances rocheuses furent simplifiés dans une deuxième proposition en 1966; il y avait deux catégories simples, la première selon la résistance à la compression - roches résistantes, au-dessus de 10 000 psi, et faibles en-dessous - la deuxième selon la valeur relative de la déformation permanente, élastique ou inélastique - cette dernière classe correspondant à une valeur supérieure à 25%, ou à un taux de fluage supérieur à 2 micro-pouces par pouce par heure: "Experimental criteria for classification of rock substances" par D.F. Coates et R.C. Parsons (International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, vol 3, No. 3 pp 181-9, 1966). Les données expérimentales menant à ces conclusions étaient tirées des projets de recherche effectués principalement pour l'évaluation des phénomènes de contraintes dans les masses rocheuses des mines. On effectua quelques tests supplémentaires pour le projet de classification: "Analysis of the viscous properties of rocks for classification" par R.C. Parsons et G.D.F. Hedley (International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences, vol 3, No. 3, pp. 325-335, 1966, et MB RS 36, 1967).

Le CACRM continua à s'intéresser à un système de

classification des roches, et publia un article en 1968. Dans l'ensemble, on acceptait la classification de 1966, avec quelques révisions des groupements et des gammes de résistance en compression. On recommanda cinq groupes au lieu de deux, avec des résistances en compression allant de moins de 4000 psi à plus de 30 000 psi: "A recommended rock classification for rock mechanics purposes" par T.H. Patching et D.F. Coates (CIM Bull, pp. 1195-1197, octobre 1968).

Au cours de la période 1967-1968, Barron entreprit des études pour prédire la résistance des masses rocheuses, par opposition aux substances rocheuses, en effectuant des simulations des effets de discontinuités structurales (jonction et plans de glissement) tant sur des spécimens massifs que sur des spécimens présentant des plans de ruptures indéterminés. Une hypothèse, fondée sur la théorie Griffiths de la fracture, indiquait un moyen de prédire le début des fractures et la rupture finale des roches isotropes et anisotropes. Il mit au point un instrument de début de fracture, qu'il utilisait dans ses études: "Detection of fracture initiation in rock specimens by the use of a simple ultrasonic listening device" par K. Barron (International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, vol 8, No. 1, pp. 55-59, 1971). Une communication en trois parties fut publiée sur ce projet, sous le titre "Brittle fracture initiation in and ultimate failure of rocks - Part I: Isotropic Rock; Part II: Anisotropic Rocks - Theory; Part III: Anisotropic Rocks - Experimental results" par K. Barron (International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, vol 8, No. 6, pp. 541-551, pp. 553-563, pp. 565-575, 1971). Barron était un chercheur scientifique dévoué, et par sa détermination et sa persévérance, il obtint un doctorat externe de l'université de Londres, pour sa thèse "Fracture of brittle rocks around mining excavations".

Un fellow postdoctoral en géophysique, D.M. Cruden, contribua au cours de son séjour à la Direction des mines en 1969-70 à l'analyse des phénomènes de déformation en compression uniaxiale. Il publia deux articles: "A theory of brittle creep in rock under uniaxial compression" par D.M. Cruden (Journal Geophysical Research, vol 75, No 17, pp. 3431-3442, juin 1970); et "A theory of the static fatigue of rock under uniaxial compression" (communication présentée à la 50ième assemblée annuelle de l'American Geophysics Union, avril 1970, voir Transactions, vol. 51, No. 4 p. 424, 1970, résumé).

Environnement minier

Poussières respirables

Le programme de recherche minière de la Direction des mines avait pour but de contribuer à l'amélioration de la sécurité et de l'hygiène des employés de mines. Le projet sur les "pressions rocheuses" lancé en 1950,

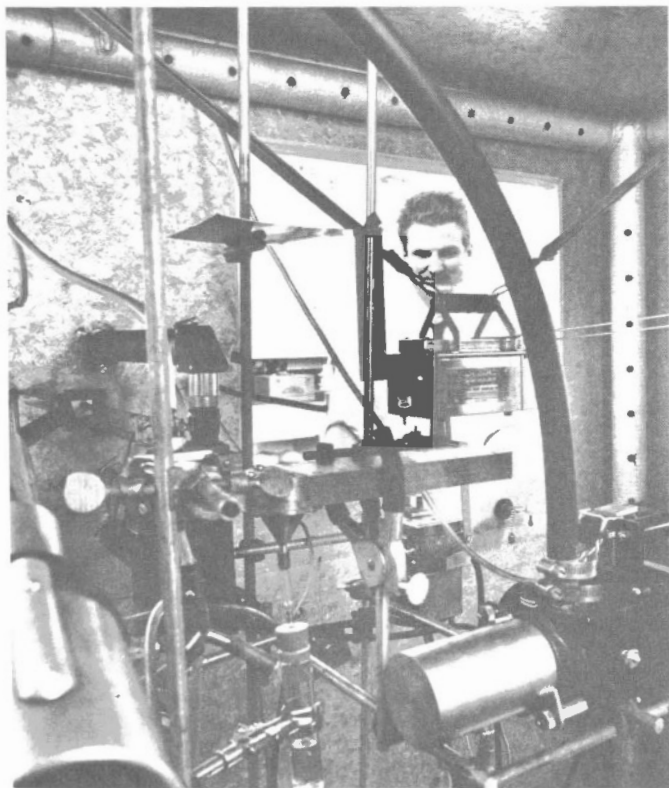
était essentiellement orienté vers la prévention des blessures ou décès dus au relâchement brutal des contraintes, même si le facteur économique avait également de l'importance. Ce projet fut suivi de l'établissement du laboratoire de certification, pour la prévention des explosions d'origine électrique dans les mines de charbon et les emplacements dangereux en 1954, des tests de potentiel explosif des poussières de charbon et de sulfures en 1957, des recherches sur les explosifs en 1959; finalement, en 1958 fut lancé un projet sur les poussières à la suite d'une discussion avec les représentants du Ministère de la Santé et du Bien-être national, qui était responsable de l'hygiène du travail, y compris la pollution, dans tout le Canada. En raison de l'autorité provinciale sur la sécurité et l'hygiène, la portée du projet était limitée à une évaluation scientifique des caractéristiques de diverses poussières présentes dans les mines canadiennes, et des instruments d'échantillonnage. On accorda plus d'attention aux mines de roches dures qu'aux mines de charbon, dans la mesure où les mines souterraines de charbon du Canada portaient sur des veines épaisses, et qu'en Europe l'exploitation portait sur des veines plus minces, où il fallait plus de travail sur les roches. On utilisa un aspirateur à poussière pour recueillir des échantillons de poussière en suspension dans l'air, pour en déterminer la distribution de taille. Cette campagne d'échantillonnage servit à recueillir des échantillons de poussière de charbon pour les tests de potentiel explosif; ces échantillons furent examinés dans le laboratoire d'analyse des combustibles solides, comme on l'a mentionné dans la section sur les combustibles.

Le United States Bureau of Mines apporta une aide précieuse à la Direction des mines dans ce nouveau champ d'activité. Richards passa plusieurs mois en 1961 au laboratoire des poussières du Bureau à Pittsburgh. La responsabilité du projet fut assumée par Cochrane, qui en 1963 rendit visite à plusieurs centres de recherches sur les poussières en Europe. Il apprit que l'Allemagne était très avancée dans l'utilisation d'un instrument optique, le Tyndalloscope: "Dust research in West Germany" par T.S. Cochrane, (CIM Bull, pp 719-728, juillet 1964).

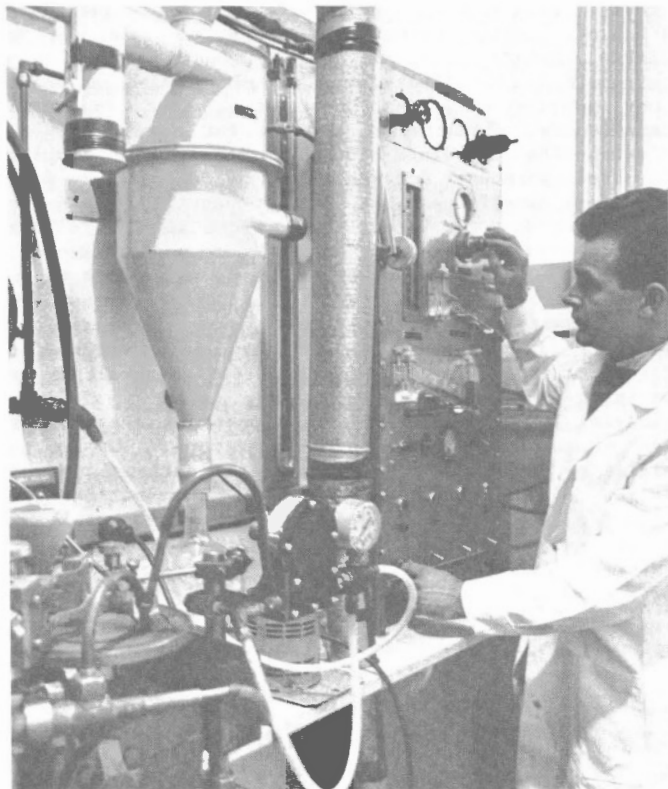
On prépara des échantillons de poussière en vrac au moyen du classificateur de poussières, et on effectua des tests préliminaires avec un midget impinger. On acheva en 1963 une chambre à poussière, dans laquelle on fit des essais sur plusieurs instruments pour déterminer leur efficacité dans l'évaluation des poussières de mines; il s'agissait du midget impinger, du tyndalloscope, du précipitateur électrostatique, du konimètre généralement utilisé au Canada, et d'un filtre en papier à montage spécial. On mit au point des moyens permettant l'échantillonnage simultané par divers instruments. Sous ce rapport, G. Grassmuck, qui avait une vaste expérience des exploitations minières dans plusieurs pays, et était directeur technique de la Quebec Metal Mines Accident Prevention Association, et

plus tard professeur à l'École Polytechnique de Montréal, fit preuve d'un intérêt considérable pour cette recherche de comparaison d'instruments. Les premiers tests du midjet impinger et du Tyndalloscope dans la chambre à poussière furent effectués sur sept échantillons provenant d'exploitations souterraines au Québec.

La chambre à poussière fut installée en 1965 au laboratoire d'Elliot Lake et G. Knight (1965 -), qui avait une expérience antérieure en recherche sur les poussières au National Coal Board du Royaume-Uni, fut nommé agent responsable au laboratoire. Les nouvelles installations de la chambre à poussière remise en service firent l'objet d'une description dans quatre rapports des laboratoires des recherches minières (DR FMP 67-41, DR FMP 67-44, IR MR 68-22 et IR MR 68-34). La recherche portait sur l'évaluation des nuages de poussière, au moyen de paramètres spécifiques comme la distribution de taille, la densité et la forme des particules, et leur composition, au moyen d'instruments conventionnels et spécialisés. Knight rédigea seize



G. Knight vérifie les échantillonneurs de poussière installés dans la chambre à poussière au cours d'une expérience (Photo - George Hunter)



W. Stefanich règle l'alimentation en poussière de la chambre (Photo - George Hunter)

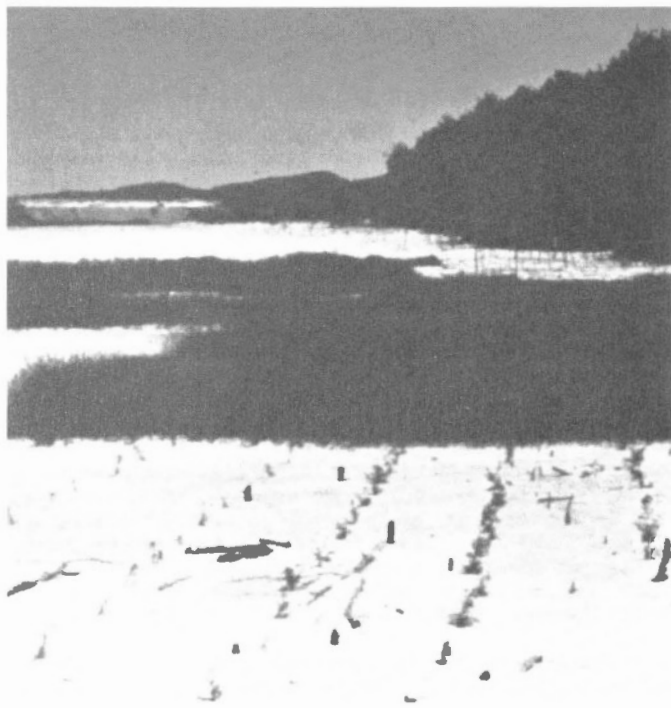
rapports internes sur ce projet, sous le titre "Comparison of dust sampling instruments". Malheureusement, la corrélation entre les divers instruments n'était pas satisfaisante, et ceci retarda les progrès de la recherche sur les aspects physiologiques des poussières minières. Cette phase du travail fit l'objet d'un résumé dans le rapport "Comparison of dust sampling instruments" par T.S. Cochrane, G. Knight, G.C. Richards et W. Stefanich (1965 -) (MB RR 250, 1972). Cochrane fit un tour d'horizon de l'état d'avancement de la technologie sur la mesure et les normes concernant les poussières, en Amérique du Nord et outre-mer; il avait maintenu les contacts étroits qu'il avait établis au début des années 60: "Routine dust measurements and standards" par T.S. Cochrane (CIM Bull, pp 46-50, janvier 1972).

Au Royaume-Uni, la recherche à long terme effectuée principalement au Safety in Mines Research Establishment, indiquait vers la fin des années 60 que la cause la plus probable la pneumoconiose était probablement la quantité totale des poussières inhalées, plutôt que la concentration maximum pendant une période de

travail; ceci conduisit à la mise au point d'une unité d'échantillonnage personnelle connue sous le nom de SIMPED (Safety in Mines Personal Dust Sampler). On entreprit à Elliot Lake des travaux de mise au point pour adapter cet instrument aux mines de métal canadiennes. L'instrument modifié fut nommé CAMPEDS, c'est-à-dire Canadian Mining Personal Dust Sampler (Appareil personnel d'échantillonnage de poussière pour les mines canadiennes). La tête d'échantillonnage était incorporée dans la batterie de casque au lieu d'être regroupée avec la lampe de casque comme au Royaume-Uni; on utilisait un sélecteur de taille de poussières et un porte-filtre de taille réduite. La partie combustible de l'échantillon était évaluée après incinération, alors que la partie quartz était évaluée au moyen d'un diffractomètre à rayons X. Gray et C.M. Mitchell de la Division de métallurgie physique, comme physiciens, aidèrent le groupe d'Elliot Lake pour les travaux sur les rayons X, de même que le Docteur J. Leroux du ministère de la Santé et du Bien-être national, et un fellow du CNR, le Docteur Machacek: "Gravimetric dust sampling with quartz analysis and its use in metal and mineral mines" par G. Knight et T.S. Cochrane (Proc International Mine Ventilation Congress, Johannesburg, Afrique du Sud, pp. 407-414, septembre 1975), voir

également le rapport DR MR 74-131 (même titre) par G. Knight et T.S. Cochrane. Knight prépara un manuel décrivant l'utilisation et l'entretien de l'appareil CAMPEDS Mark II (DR MR 75/31, 1975). A la date de rédaction, on s'attend fortement à un succès dans l'application de cet appareil à la mesure des poussières suspendues dans l'air des mines, pour les besoins physiologiques.

En 1971, la McIntyre Research Foundation, en coopération avec l'Accident Prevention Association of Ontario, commandita des recherches sur "des tests des techniques d'échantillonnages de poussières respirables pour utilisation dans les mines de l'Ontario". R. Kowalchuk, de la Fondation, exécuta les travaux expérimentaux, sous la direction de Knight, et avec l'aide intermittente d'étudiants. R. Yourt, ingénieur conseil, représentait l'association. On rédigea six rapports internes sur ce projet, y compris deux portant sur les appareils d'échantillonnage personnels. On présenta deux communications: "Full shift assessment of respirable dust exposure" par G. Knight, T.E. Newkirk et G.R. Yourt, (CIM Bull, pp. 61-72, avril 1974) et "Development of a dust sampling system for hard rock mines based on gravimetric and quartz (by X-ray dif-



L'herbe pousse sur les rebuts solides d'usine, grâce à un apport de chaux et d'enfrais (Elliot Lake, Ontario)



Deux géologues employés dans le programme de recherche minière: En haut - H.V. Bielenstein; en bas - G. Herget

fraction) assessment" par G. Knight, R. Kowalchuck et R. Yourt (American Industrial Hygiene Association Journal, vol 35, No. 11, pp. 671-680, novembre 1974).

Émanations de radon

Un autre danger environnemental présent dans les mines d'uranium était l'émanation de radon et son adsorption sur des particules de poussières. Le Docteur R.A. Washington (1968 -), qui entra à la Direction des mines en 1968, en provenance du AECB, s'occupa pendant plusieurs années de recherches lancées par Knight sur des méthodes destinées à extraire cette impureté indésirable du circuit de ventilation de la mine, par divers systèmes de filtrage. Un des systèmes proposé comportait l'utilisation de vermiculite à la mine Denison, avec des débits d'air allant jusqu'à 10 000 pieds cubes par minute: "The use of vermiculite to control dust and radon daughters in underground mine air" par R.A. Washington, W. Chi (1970-1972) et R.T. Regan (1969 -). (CIM Bull, pp. 152-160, mars 1973). Washington rédigea en 1974 un résumé des dangers, des méthodes de mesures et des méthodes de contrôle du radon et de ses éléments dérivés dans les mines d'uranium canadiennes (MR IR 74/26).

Bruit

Un des facteurs environnementaux préoccupants pour l'industrie minière était le niveau de bruit. M. Savich (1972 -) lança en 1973 un projet de recherche, qui mit au point une chambre anéchoïque: "Development of an anechoic chamber" par M. Savich (réimprimé en anglais, RS 130 1974, de Mining and Metallurgy Bulletin, No. 1-2, pp. 65-81, Ljubljana, Yugoslavia, 1973). On étudia des marteaux-piqueurs moyens et légers, et on découvrit que le bruit était produit de la manière suivante: à des fréquences inférieures à 125 Hz, par l'impact entre le piston et l'acier de la pointe perceuse; à des fréquences entre 125 et 2000 Hz par l'air des soupapes d'échappement, et au-dessus de 2000 Hz par l'impact entre le piston et la pointe perceuse et entre la pointe perceuse et la roche: "Production, characteristics and abatement of noise from light and medium rock drills" par Miron U. Savich (CIM Bull, pp. 66-79, novembre 1974).

Résidus de mine

On ne négligea pas l'environnement de surface quant à la sécurité et l'écologie. Le CACRM forma en 1968 un sous-comité pour examiner les besoins d'amélioration des pratiques concernant les emplacements de résidus. La Direction des mines engagea trois groupes de conseillers: ils préparèrent un rapport, qui fut ensuite examiné par quatre ingénieurs et publié: "Tentative design guide for mine waste embankments in Canada" (MB TB 145, 1972). En 1972, D.R. Murray fut

engagé comme écologiste pour entreprendre des études sur la végétation des talus, des sites d'exploitation à ciel ouvert abandonnés, etc. Il publia une circulaire d'information générale sur le sujet: "Vegetation of mine waste embankments in Canada" (MB IC 301, 1973).

Certification d'équipements électriques (Laboratoire canadien des atmosphères explosives)

L'origine de ce projet se trouve dans une résolution adoptée à la troisième conférence des ministres des mines à Winnipeg en 1946, qui déclarait, quant aux essais d'équipements électriques pour les mines de charbon: "La conférence des ministres des mines a approuvé l'idée que l'Association canadienne des normes, sous la direction du Conseil national de recherches, établisse les méthodes voulues permettant de tester au Canada les équipements électriques destinés à l'utilisation dans les mines de charbon et dans les atmosphères contenant des matières inflammables". Cette proposition fut finalement transférée au Bureau des mines, qui était au courant des pratiques internationales de certification, et le ministère accepta de procéder à l'établissement de tels services. À la deuxième conférence Dominion-Provinces de recherche sur le charbon en 1950, la résolution no. 10 déclarait: "...exprime sa grande satisfaction à l'établissement par le gouvernement fédéral d'un organisme d'essais pour les équipements électriques de mines. Cette mesure est considérée comme une étape essentielle dans le service traditionnellement rendu par le Ministère fédéral des mines à l'industrie canadienne du charbon. Les délégués pressent les ministres provinciaux des mines d'accorder leur appui sans réserve à la poursuite de ce projet". Cette résolution, avec les résolutions 5 et 6 sur la recherche minière, fut incluse dans le document 4 du rapport rédigé par le Docteur Howland pour le Comité permanent sur le charbon, adopté à la cinquième conférence des ministres des mines à Victoria, Colombie-Britannique en 1950.

On suggéra au départ de recruter à l'étranger une personne ayant de l'expérience pertinente dans ce nouveau domaine pour le Canada. Toutefois, on prit la sage décision de choisir G.K. Brown, qui était entré à la section d'entretien de la Direction des mines en 1948 comme ingénieur électrique, après sa démobilisation de la RCN et la fin de ses études universitaires. Ce poste exigeait non seulement une grande compétence mais également un sens spécial de responsabilité, pour empêcher les risques d'explosion qui pourraient causer la mort d'un grand nombre de personnes. Il faut porter au crédit de Brown et de ses associés qu'il ne se produisit aucun accident dû aux équipements qu'il avait certifiés pendant les 21 années de service comme chef de laboratoire. En 1953, Brown effectua une étude approfondie de l'installation et des méthodes du USBM à Pittsburg, des Underwriters Laboratories à Chicago, du Safety in Mines Research Establishment à Buxton et Sheffield en Angleterre, du CERCHAR à Creil près de



G.K. Brown



M. Ralph

Paris en France et des centres de recherches de Dortmund en Allemagne de l'ouest et de la Dutch State Mines à Heerlen, Hollande. Brown maintint des relations étroites avec ces divers établissements pendant toute sa carrière. Il établit également un contact étroit avec l'Association canadienne des normes (ACNOR, CSA) et avec son laboratoire d'essais, ainsi qu'avec les inspecteurs provinciaux de l'électricité qui étaient responsables d'accorder les permis d'utilisation d'équipements électriques dans les mines. La plupart des équipements industriels destinés à l'usage dans les emplacements dangereux firent l'objet d'essais au nom de l'ACNOR au laboratoire de la Direction des mines.

L'ACNOR continua à exercer son autorité d'inspection pour tous les équipements électriques concernés par ses normes.

En 1954, l'ancien bâtiment d'un étage en bois qui avait jusque-là abrité les ateliers au 554, rue Booth devint le site du laboratoire. Mel Ralph, (1941 -), qui avait servi dans la RCAF, fut transféré de la Division de métallurgie physique cette année-là, pour aider Brown, dans l'équipement et la mise en service du laboratoire. C'était un homme diligent et loyal, dans le laboratoire comme sur le terrain. Il était nécessaire d'effectuer méticuleusement les inspections et les vérifications de dimension des appareils électriques soumis à la certification.

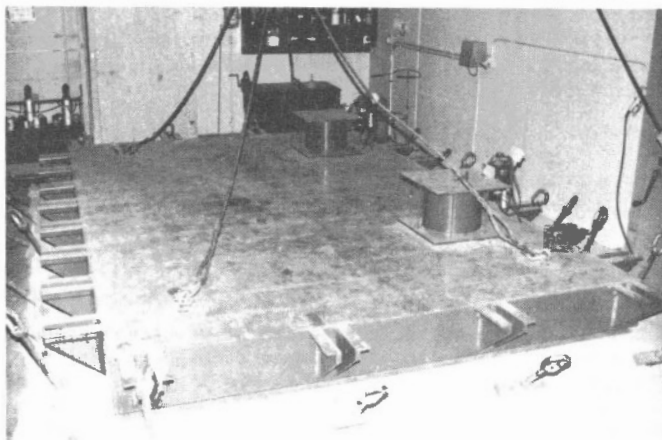
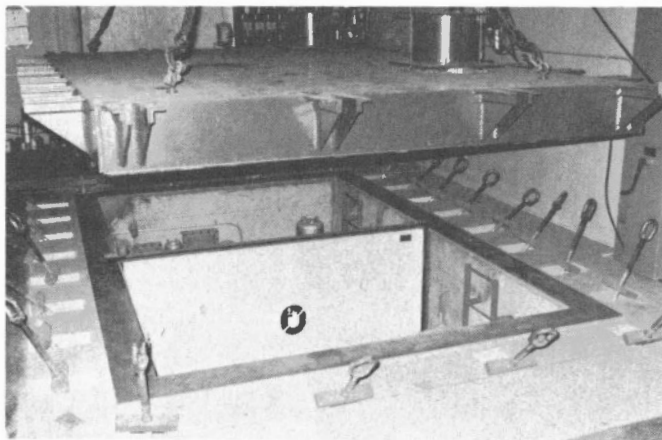


Laboratoire de certification des appareils électriques (554, rue Booth) en 1954, à l'emplacement de l'ancien atelier; le nouvel atelier (556, rue Booth) est en arrière-plan à gauche, le hangar Butler des études de carbonisation en arrière-plan au centre

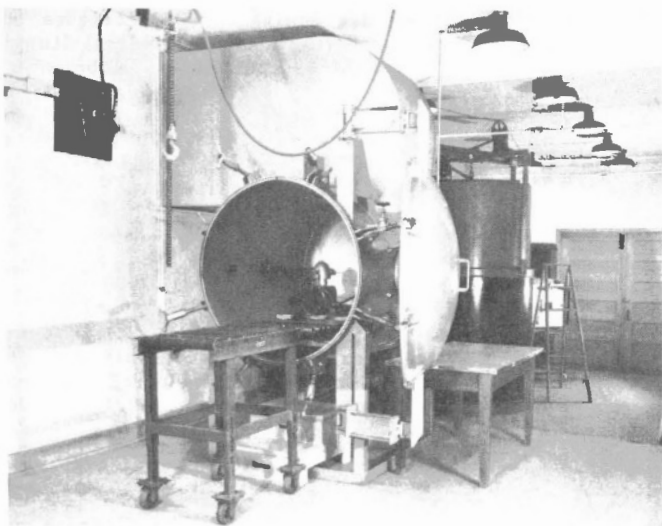
Brown fut nommé agent fédéral de certification en août 1954, et reçut l'autorité exclusive de la certification. Les équipements certifiés portaient une plaque indiquant le numéro du certificat et l'identification ministérielle. Il y avait deux catégories principales d'équipements électriques, la première, désignée "à l'épreuve des flammes", comportait les appareils électriques, les appareils de communications, etc. qui risquaient de produire des étincelles pouvant mettre feu à un mélange air-gaz, s'ils n'étaient pas revêtus ou enfermés de la manière prescrite, pour empêcher les flammes dues à une explosion du gaz contenu dans l'enceinte d'atteindre l'atmosphère environnante. On effectuait des tests d'explosion sur un appareil à l'épreuve des flammes, ou sur un ensemble complet, dans la chambre d'essais, l'enceinte de l'appareil comme la chambre étant remplies d'un mélange explosif gaz-air. L'appareil était disqualifié s'il y avait mise à feu du mélange air-gaz extérieur. Etant donné la proximité des autres bâtiments et de la circulation sur la rue Booth, la plus grosse chambre d'essais, d'une capacité d'environ 70 pieds cubes de gaz explosif, était équipée de 4 couvercles métalliques à ressort, et non d'un diaphragme de papier, ce qui était la pratique internationale. Ceci avait pour but d'amortir le bruit d'une explosion dans la chambre d'essais. Plus tard, pour pouvoir essayer des ensembles d'équipements de plus

grosse taille, on creusa à l'extérieur du laboratoire une fosse de plus grosse capacité. A l'heure actuelle, on utilise à Bells Corners une fosse à deux chambres encore plus grande, située dans un bâtiment séparé avec des panneaux d'explosion. La résistance des enceintes était testée en cas de nécessité par un essai dynamique à la nitrocellulose - une enceinte de ce genre, construite en alliage léger, explosa, et, si le laboratoire fut endommagé, personne ne fut blessé, grâce à l'utilisation d'un grillage métallique de protection. Brown et ses associés étaient tout aussi conscients des questions de sécurité que l'ensemble de la Division, dans toutes opérations présentant des risques. On utilisait pour les tests des équipements spéciaux comme un conteneur à gaz, ainsi que des appareillages à pression de gaz, analytiques et photographiques.

La deuxième catégorie d'équipements était désignée "intrinsèquement sûre" et comportait le téléphone, les appareillages de signalisation et les instruments comme ceux utilisés par la section de recherche minière dans les mines de charbon, dont non seulement le ministère mais également les inspecteurs provinciaux exigèrent la certification par Brown avant utilisation souterraine. La sécurité de cette classe d'équipement dépendait de caractéristiques particulières comme l'inductance, la capacité, la tension, l'intensité et la résistance. On construisit un appareillage à étincelle rapide permettant de produire 34 étincelles par minute, selon les spécifications du Royaume-Uni. Le test était entièrement autonome, avec sa propre petite chambre d'essais et ses propres appareils auxiliaires.

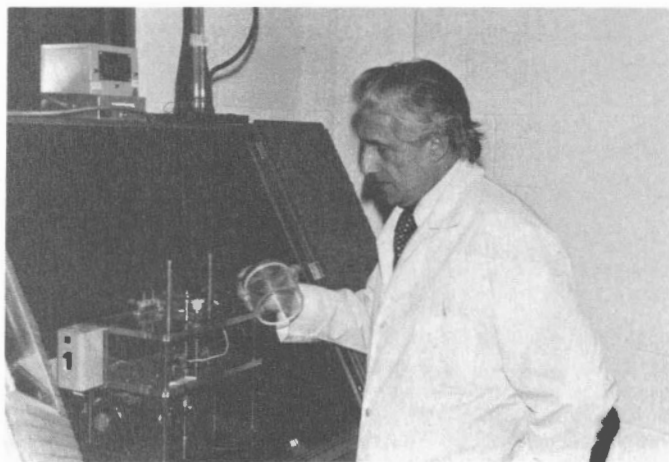


Fosse d'essais explosifs du LCAE à Bells Corners pour les grosses activités électriques, ouvert (en haut) et avec son couvercle.



Chambre d'essais explosifs et conteneur à gaz chacun d'une capacité de 70 pieds cubes, 554, rue Booth.

Jusqu'en 1956, Brown et Ralph étaient les seuls employés affectés à ce laboratoire, bien que le versatile Richards y ait été détaché pendant une certaine période. La coopération offerte par la section d'entretien permit au laboratoire d'entrer en fonction en 1955. Un mémorandum fut publié, décrivant les procédures de certification, qui comportaient non seulement les essais mais également un examen minutieux de plans de fabrication détaillés, comparant les mesures avec celles de l'article soumis à l'essai. Il s'agissait d'une opération laborieuse et impliquant de fortes responsabilités. Alors que les autres laboratoires nationaux exigeaient d'effectuer des tests sur des ensembles complets, en raison de possibilités d'adaptation particulièrement dans le domaine électrique, le laboratoire canadien acceptait une composante pour les



S. Silver observant le fonctionnement de l'appareil d'évaluation de la sûreté intrinsèque des équipements électriques

essais à Ottawa, avec inspection et vérification aux ateliers du fournisseur ou à la mine: "Certification of flameproof electrical apparatus for underground use in coal mines (Certification Memorandum No. 1)" par G.K. Brown (FRL Report 208, 1955).

Les laboratoires d'essais de l'ACNOR furent déménagés à Toronto, et constituèrent un client principal quant aux demandes d'essais en atmosphère explosive d'appareils électriques de la classe I groupe D et de la classe I groupe C. Il s'agissait de la période où l'International Electrotechnical Commission (IEC), affiliée à l'International Standards Organization, formulait ses normes. On décida d'utiliser la recommandation de l'IEC, et en cas de nécessité la spécification du Royaume-Uni et des Etats-Unis pour les travaux de certification. Brown fut invité à faire partie du



E.D. Dainty

Comité national canadien (CNC) de l'IEC, et à assumer la présidence du comité technique 31 du CNC de l'IEC: "Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmosphere". L'attitude et le jugement de Brown lui attirèrent le respect de ses collègues étrangers, qui désiraient fortement avoir une rencontre internationale du comité au Canada; ceci eut lieu en 1966. Brown était également membre du comité de l'ACNOR sur le code canadien de l'électricité et sur le code de sécurité pour les dangers dans les hôpitaux.

Pour informer l'industrie charbonnière des installations disponibles, Brown publia un article: "Official certification of electric equipment lessens explosion hazard" par G.K. Brown (Can Min Journal, pp. 64-66, août 1956).

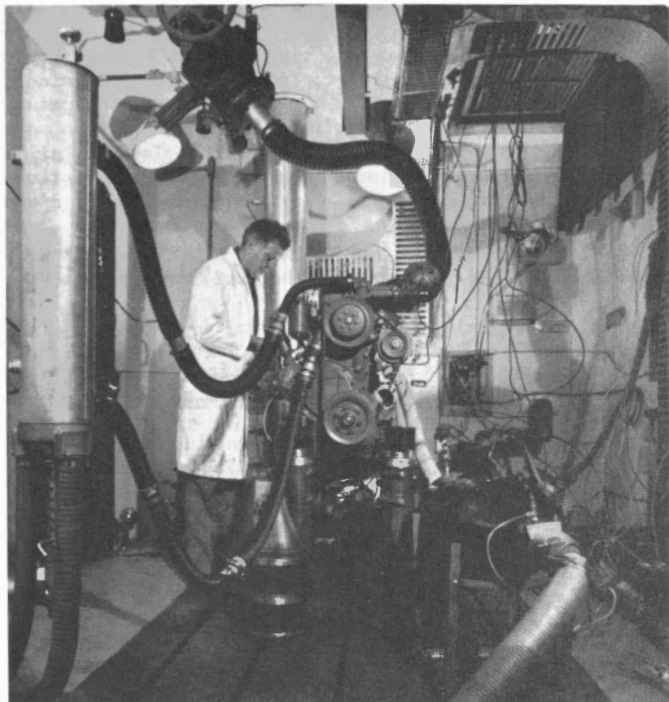
En 1956, S. Silver entra à la section, suivi de E.D. Dainty en 1960. Ce n'est qu'en 1966 qu'un autre technicien, A. D'Acoust fut mis à la disposition du laboratoire.

En 1957, à la suite d'incendies causés d'ordinaire par des tapis roulants hors service dans les mines, certains membres de l'industrie demandèrent l'établissement de tests de certification, composés d'un test de flamme et d'un test de frottement de tambour: "Certification of fire resistant conveyor belting for the mines (Certification Memorandum No. 2)" par G.K. Brown (FRL Report 269, 1957).

La portée des études effectuées sur demande augmenta rapidement, et il fut nécessaire de mettre au point des appareils, de les acheter ou de les construire; parmi ces études, notons les essais de câbles électriques, de lampes électriques, de méthanomètres et autres instruments, et des équipements électriques et échappements de moteurs diesel. Ces dernières études durent être effectuées à l'atelier du fabricant, jusqu'à la mise en place d'une installation diesel au nouveau laboratoire de Bells Corners. On publia périodiquement une liste d'appareils certifiés; trois éditions successives parurent en 1961, 1964 et 1968: "List of certified electrical apparatus, certified fire-resistant conveyor belting and certified diesel engines for coal mine use" par G.K. Brown (MB IC 203, 1968 3ième édition, Certification List No. 3, 1968, remplaçant MB IC 131, 1961, et IC 163, 1964).

En 1958, Brown prêta assistance au Docteur Montgomery, auquel le ministère de la Justice avait demandé de représenter le bureau du procureur général dans un examen technique d'une explosion de gaz naturel dans le sous-sol d'un bâtiment du centre d'Ottawa, qui fut détruit par l'explosion.

Il était nécessaire de loger la recherche dans un emploi du temps très occupé par les travaux d'essais de divers types. Des rapports de recherche furent présentés aux conférences périodiques organisées par invitation des chefs de la sécurité dans les établisse-



E. Jones au laboratoire d'essai des diésels à Bells Corners (Photo - George Hunter)

ments de recherche minière existant dans la plupart des pays producteurs de charbon par mines souterraines. La Direction des mines était invitée à ces conférences, et présentait des contributions. Ainsi, on rapportait une étude sur la conception d'arrêteurs de flamme et sur la transmission de flammes dans des canaux cylindriques courts: "An investigation of gas explosion transmission through short cylindrical channels of varying length and diameter" par E.D. Dainty et G.K. Brown (Proceed-



E.D. Dainty et P. Mogan dans le bunker des diésels avec un moteur à l'essai.



L'International Electrotechnical Commission choisit en 1966 de tenir au Canada les assemblées des Comités TC31 (Utilisation au atmosphères explosives) et SC31A (Enceintes antiexplosives). Ces assemblées, tenues à Camsell Hall, consacrèrent la réputation internationale acquise par le laboratoire quelques années à peine après son lancement. G.K. Brown est le deuxième à gauche.



J.A. Bossert (à gauche) remplaça G.K. Brown à la tête du LCAE en 1975. Bossert était agent supérieur aux laboratoires d'essais de l'ACNOR, associée depuis longtemps au LCAE.

ings of the 11th Restricted International Conference of Directors of Safety in Mines Research, Sheffield, England, 1965, réimprimé MB RS 2). Comme on l'a indiqué ci-dessus, le principe de la protection contre la flamme consiste à accepter la diffusion du gaz dans une enceinte à l'épreuve des flammes, mais empêcher qu'une explosion de ce gaz dans l'enceinte ne transmette une flamme à l'atmosphère extérieure. Ainsi, on effectua une étude des taux de diffusion de gaz dans les enceintes à l'épreuve des flammes: "Diffusion of external methane atmospheres through gaps of various sizes and widths into enclosures of different volumes, and the effect of greased joints" par E.D. Dainty et G.K. Brown (Proceedings of the 12th International Conference of Mine-Safety Research Establishments, Dortmund, West Germany, 1967, and MB RS 54, 1967). Brown et Silver effectuèrent dans la première période des recherches considérables sur les domaines d'inflammabilité maximum de divers gaz et vapeurs, y compris ceux utilisés dans les hôpitaux, et particulièrement de l'hydrogène, étant donné son importance dans la recherche de la Division sur les hydrocarbures: "Laboratory investigations of hydrogen explosion phenomena relating to electrical apparatus" par G.K. Brown, E.D. Dainty et S. Silver (MB RR 182, 1966).

Étant donné la position unique de ce laboratoire quant à la certification et à la recherche dans le domaine des explosions gazeuses, on lui donna en 1966 le nom de Laboratoire canadien des atmosphères explosives (Canadian Explosives Atmospheres Laboratory). CEAL). En plus des activités de classification et de recherche, ce laboratoire devait faire face à de nombreuses demandes de conseils compétents aux fabricants pour les détails de la conception, et aux organismes gouvernementaux pour les dangers concernant l'accumulation de mélanges explosifs, par exemple dans les cales de navires. Il y a lieu de mentionner la performance de ce laboratoire, qui au départ n'avait qu'un personnel de deux personnes, et au cours d'une période de plus de dix ans ne dépassa jamais 5 personnes, y compris Pierrette Gibord, secrétaire. Brown prépara une histoire du laboratoire de 1954 à 1958, avec un supplément pour 1958-1962: "Electric Equipment Certification Section" TM 96/58 et Supplément No. 1, IR FMP 63/9.

En 1969 le laboratoire fut transféré au bâtiment No. 9 du complexe de Bells Corners, qui faisait partie du centre de recherche sur les combustibles formé en 1967. Il y eut une addition importante, l'établissement d'un laboratoire complet d'essais diésel, connu sous le nom d'installation d'études des émissions de moteurs à combustion (Combustion Engine Emission Investigating Facility, CEEIF). Morgan fut transféré en 1970 au laboratoire, pour aider Dainty, qui devint agent responsable de l'installation d'essais diésel. Brown publia un Memorandum de certification sur les diésels en 1971: "Certification of diesel apparatus for use in mines", Certification Memorandum No. 3, (DR 71/8).

Pour les mines de charbon, il était nécessaire

d'effectuer des tests doubles, l'un concernant la sécurité en présence de gaz explosif et l'autre concernant des émissions qui risquaient d'être toxiques dans l'environnement minier; pour les autres mines, c'était surtout le deuxième essai qui était important. La recherche détermina qu'une forte proportion des fumées de diésel contenaient des particules de taille respirable; ces émissions, ainsi que les émissions gazeuses de type toxique, devinrent le sujet d'une recherche continue: "Some characteristics of particulate emissions in diesel exhaust" par D.B. Stewart (1974 -), P. Mogan et E.D. Dainty (CIM Bull, vol 68, pp 62-69, avril 1975).

Section de recherche sur les explosifs (Laboratoire canadien de recherches sur les explosifs)

La tradition d'association de la Direction des mines avec la loi canadienne sur les explosifs et avec les travaux de tests d'explosifs décrits aux chapitres 2, 3 et 5 fut renouvelée par le transfert du laboratoire des explosifs à la juridiction de la Direction des mines (Division des combustibles et de la pratique minière) le 1er avril 1959. L'industrie des explosifs qui, en 1919, année de la promulgation de la loi sur les explosifs, fabriquait environ 20 millions de livres d'explosifs, avait porté sa production à environ 200 millions de livres en 1959, et le chiffre avait doublé (400 millions) en 1975.

La raison principale du transfert était le désir du Docteur van Steenburgh de fournir "une atmosphère de recherche" au laboratoire, qui se trouvait isolé, après la période active de la guerre où il fonctionnait au CNR sous les auspices du comité adjoint pour les explosifs.

En 1952, le ministère des travaux publics construisit pour le Ministère des Mines et Relevés techniques le laboratoire situé sur le chemin Riverside, près de l'aéroport d'Uplands, qui fut occupé jusqu'au moment où le groupe des explosifs déménagea de nouveau en 1958 pour s'installer dans une zone autonome au complexe de Bells Corners: les bâtiments 11 à 16, avec addition plus tard d'un magasin d'explosifs en talus, bâtiment 17.

On se rappellera que la Division des explosifs était partie intégrante du Bureau des mines depuis la formation du Ministère des Mines et Ressources en 1936, et devint une unité du quartier général en 1950 à la formation du ministère des mines et levés techniques. Il y eut à cette époque des changements de personnel. En 1951, M.C. Fletcher, chimiste en chef, prit sa retraite et fut remplacé par D.A.B. Stevenson (1951-1967, décès). N. Randall (1940-1950) prit également sa retraite et fut remplacé par J.A. Darling (1951 -). C.B. Mohr prit sa retraite en 1957, après 34 ans de service dans les Divisions des combustibles et des explosifs. Ann Hardy, qui entra au corps d'inspecteurs

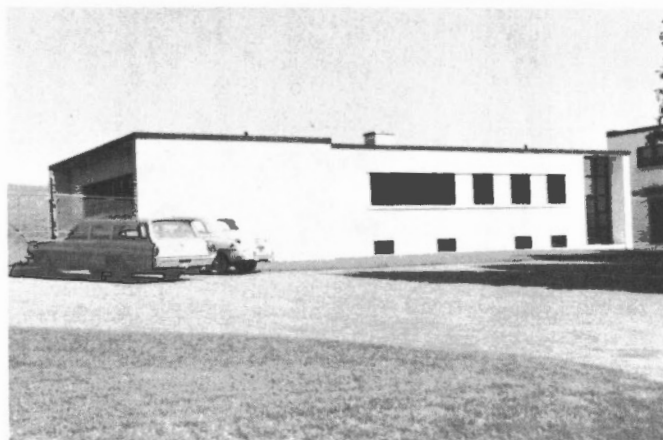
dans la Division des explosifs en 1947, est devenue secrétaire du laboratoire en 1949 et prit sa retraite en 1969. Le laboratoire des explosifs n'employait pas de techniciens, jusqu'à la nomination de P. Larsen (1958 -), armurier compétent dont les services furent très utiles, en raison des considérables travaux de mécanique nécessaires. En 1959, au moment où le laboratoire fut intégré à la Direction des mines, G.L. Morgan (1959-1965) fut recruté. Il fut plus tard remplacé par W.D. Maddick (1967 -). Le domaine des explosifs posait des difficultés de recrutement, en raison du caractère relativement limité de l'industrie.

Le corps d'inspecteurs des explosifs fut installé dans des bureaux à l'édifice de la Direction des mines au 550, rue Booth. W.P. Campbell, inspecteur en chef, prit sa retraite en 1955 et fut remplacé par H.P. Kimball, qui prit sa retraite en 1964. E.J. Fraser lui succéda, et reste à ce poste à la date de rédaction; la Division des explosifs acquit le statut de Direction en 1975, et les bureaux déménagèrent dans le nouvel édifice du ministère au 580, rue Booth.

Les autorités s'étaient engagées sans équivoque à considérer l'administration de la loi sur les explosifs comme la première priorité du laboratoire de recherche sur les explosifs, comme c'était le cas dans la période précédente d'association avec la Direction des mines. Il est évident que la raison d'être principale du laboratoire était d'effectuer des tests d'autorisation d'explosifs, de capsules d'allumage, de feux d'artifice, etc.; toutefois, une forte proportion du temps du personnel était absorbée par des études de problèmes de fabrication, de transport, d'entreposage et d'utilisation concernant les explosifs et accessoires. Le nombre d'échantillons soumis pour autorisation, qu'il s'agisse d'échantillons "tout-venant", de munitions, de feux d'artifice, etc. était très variable, mais en moyenne dépassait 200 par an. Ces études étaient demandées non seulement par les inspecteurs des explosifs mais également par divers organismes gouvernementaux comme les ministères de la défense nationale, du transport, des postes, par la police et par les fabricants. On ne saurait trop mettre l'accent sur le rôle de conseil du laboratoire: les opinions émises étaient fondées sur les connaissances accumulées concernant la chimie des explosifs et sur des études expérimentales continues, que nous n'avons pas la place d'indiquer ici. Le titre "conseillers en chimie" qu'on utilise au Royaume-Uni est tout à fait approprié pour décrire le rôle du laboratoire canadien.

Le transfert du laboratoire des explosifs eut lieu au moment de l'introduction rapide des explosifs au nitrate d'ammonium (AN) soit sous forme granulaire sensibilisée au fuel-oil (ANFO) soit sous forme de boues sensibilisées par des additifs chimiques ou métalliques. Ces explosifs avaient beaucoup de succès, car ils étaient beaucoup moins coûteux que les explosifs à la nitroglycérine. En 1957, les explosifs AN représentaient environ 10% du total des explosifs le

plus souvent utilisés, alors qu'en 1964, la consommation était passée à environ 70%. L'inspecteur en chef des explosifs émettait des permis pour la fabrication sur place des boues de AN, dans des unités mobiles qui pompaient la matière dans des trous forés; cette



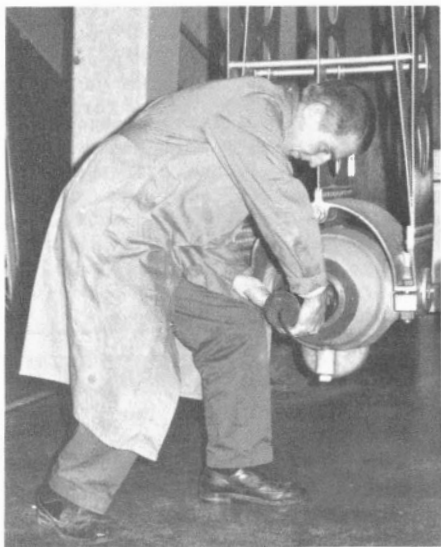
Laboratoire de recherches sur les exploisions, Uplands, 1953



D.A.B. Stevenson



Ann Hardy



P. Larsen mesure la valeur explosive d'un échantillon, 1968



H.P. Kimball, inspecteur en chef des explosifs, 1956-68.

pratique était particulièrement attrayante pour les exploitations à ciel ouvert de grandes dimensions. En 1969, les agents explosifs AN furent désignés par le titre d'explosifs de classe 2, ce qui réduisit considérablement les coûts de transport. Le nitrate d'ammonium était naturellement connu comme composante importante des explosifs permis, dits à "flamme courte" utilisés dans les mines de charbon, comme on l'a mentionné au chapitre 3.

Etant donné que ces nouveaux explosifs ne présentaient pas de risques d'explosion ou de déflagration facile comme les explosifs à la nitroglycerine, il y avait à gagner à étudier l'augmentation correspond-

ante de leurs caractéristiques de sécurité. De plus, comme on ne pouvait pas utiliser la jauge de Bichel pour évaluer les produits et fumées de la détonation, on décida de simuler les conditions de confinement d'un trou de forage au moyen de cylindres de plomb, tant pour le test de fumée que pour le test de vitesse. Les résultats de fumée firent l'objet d'un rapport par Darling: "Approximation of boreholes: fume classification" (IR FMP 61-85). Les résultats ne furent pas conclusifs, et finalement on mit fin au projet, en raison de dommages causés à la "cabane tonnerre" où l'on effectuait les essais; ces problèmes attendent toujours une solution définitive. On étudia un danger associé au chargement pneumatique de l'ANFO dans les trous de forages. On détermina qu'il était nécessaire d'assurer un certain niveau d'humidité pour empêcher la production d'électricité statique, et un bulletin technique fut publié pour en aviser les usagers: "Humidity and static electricity in pneumatic loading of blasting explosives" par J.A. Darling et D.A.B. Stevenson (MB TB 59, 1964).

On entreprit une étude à long terme concernant les difficultés éprouvées dans la corrélation des résultats de divers laboratoires sur les tests de sensibilité des explosifs à l'impact. Les tests furent exécutés dans la machine Rotter à la demande de la Marine Royale canadienne: "Rotter machine impact test results (correlation of impact tests) par J.A. Darling



J.A. Darling, E. Gardiner et W.D. Maddick évaluant un caron miniature pour les cérémonies du Centenaire, 1967

et D.A.B. Stevenson (IR FMP 62/206). Des échantillons de la même série firent l'objet de tests au Arsenal canadien à Valleyfield, au Naval Ordnance Laboratory à Washington et au Royal Armament R&D Establishment, Woolwich, Royaume-Uni. En 1963, Darling participa à la rencontre tripartite en Angleterre, où l'on décida de poursuivre les tests comparés. Stevenson et Darling exécutèrent deux séries de tests, le premier au moyen de la machine Rotter et le deuxième par impact et friction continus. Cette recherche constitua la contribution canadienne dans une publication du Canadian Arsenal R&D Establishment sur la recherche en sensibilité (section canadienne, Manual of Sensitiveness Tests, TFCP Panel, O-2 (Explosives) Working Group on Sensitivity CARDE, 1967).

En plus de participer à la rencontre tripartite de 1963 que l'on a mentionnée, Darling participa à une rencontre d'un sous-comité de l'OCDE sur les "substances instables" à Paris, où un programme de recherche en coopération fit l'objet de discussions et d'un accord. Ce programme fut exécuté par le labora-

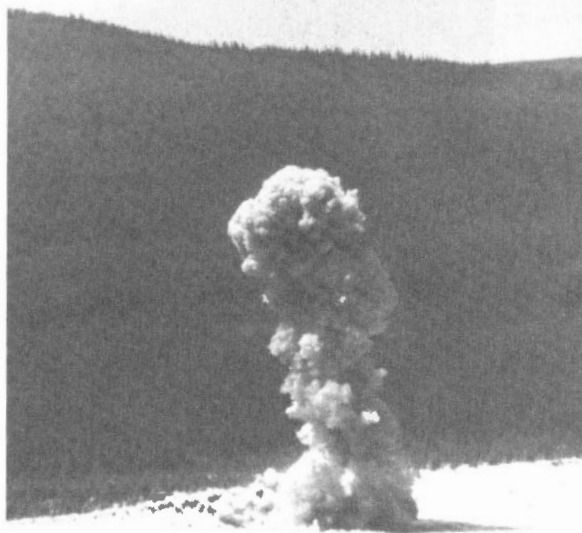
toire, et un rapport publié: "Examination of samples for the research group on unstable substances, OECD" par J.A. Darling et D.A.B. Stevenson (DR FMP 66/56). Pendant qu'il était en Europe de l'ouest, Darling visita la plupart des laboratoires centraux des explosifs et établit des contacts qui se sont maintenus jusqu'à la date de rédaction. Darling publia un rapport pour avis aux organismes gouvernementaux: "Comparison of North American and European regulations for the transportation of dangerous goods", (DR FMP 64/14). En 1964, Stevenson participa à une rencontre de l'OCDE sur la production d'électricité statique; cette rencontre fit l'objet d'un rapport dans DR FMP 64/149. Stevenson visita également les établissements de recherche sur les explosifs; ainsi, deux des agents supérieurs du laboratoire prirent contact direct avec les techniques de test et la conception de la sécurité en Europe. Certaines des connaissances acquises étaient applicables au Canada, dans le but général d'optimiser la sécurité des explosifs. En 1970 fut formé un sous-comité du nitrate d'ammonium dans l'International Group on Unstable Substances (IGUS) pour étudier collective-



1



2



3

Essais de explosifs de mines au nitrate d'ammonium à la Direction: 1 - Camion chargé de 10 000 livres d'ANFO pour les essais d'incendie à Ralston, Alberta, 1973; 2 - Le camion après 17 minutes de combustion. (Photos prêtés par l'Établissement de recherches sur la défense, Suffield); 3 - Essai de sensibilité au choc de 2000 livres de "Nitraprills", déclenché par 10 000 grains de PETN à Kimberly, Colombie britannique (Photo prêtée par W. Russell, Cominco)



J.A. Darling



C.A. Vary effectue l'analyse chimique d'un échantillon d'explosif lorisant

ment les caractéristiques et limitations de ces nouveaux types d'explosifs. Un comité de l'UNESCO, auquel le Canada était représenté par l'inspecteur en chef des explosifs, avec G.A. Darling comme conseiller technique, assumait la responsabilité de la définition et de la réglementation des substances instables ou dangereuses.

Pendant l'été de 1973, on exécuta des tests de combustion à grande échelle, portant jusqu'à 10 000 livres, par accord avec le Defense Research Board Establishment, Sheffield, Alberta, sur un explosif ANFO

et deux explosifs AN en boue, pour déterminer s'il était possible de transporter des cargaisons plus importantes de ces explosifs. Les résultats furent très encourageants, car il n'y eut pas de détonation: "Burning trials of blasting agents" par J.A. Darling (CIM Bull vol 67, pp 101-104, juillet 1974). A la suite des essais, l'inspecteur en chef des explosifs autorisa des charges de 40 000 livres d'explosifs dans des véhicules à moteur approuvés au Canada.

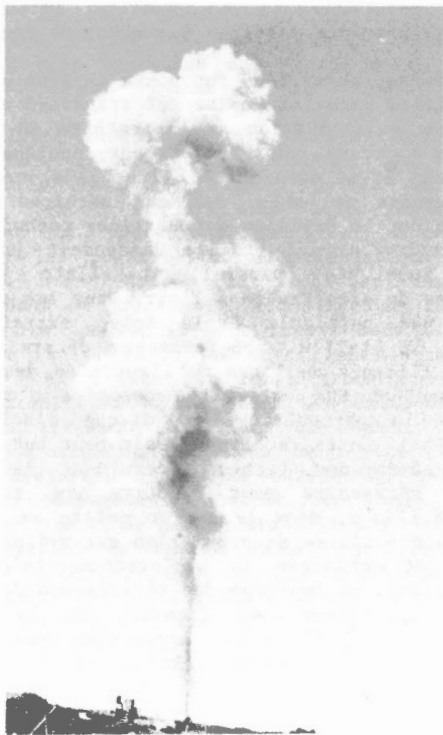
R. Vandebek, avec l'aide de la compagnie, exécuta chez Cominco, en Colombie-Britannique, sur des prills ANFO, des tests de "limite critique" fondés sur l'augmentation de sensibilité causée par l'utilisation de cartouches de plus gros diamètre et de détonateurs ou accélérateurs plus puissants. Ces essais furent également couronnés de succès: "Bulk tests of Canadian ammonium nitrate" par R.R. Vandebek (MR IR 74/16).

La contribution du Canada dans ce domaine fut appréciée par les membres du sous-comité AN de l'IGUS, qui suggérèrent une rencontre à Ottawa; celle-ci eut lieu en février 1974. Plus tard, Darling fut élu président du sous-comité dont le nom était devenu Ammonium Nitrate and Ammonium Nitrate Mixed Subcommittee.

La section de recherche sur les explosifs, en plus d'assumer son rôle principal selon la loi sur les explosifs, prêta son assistance dans le projet de rupture des roches par explosifs lancé par Coates en 1964, et dont la brève description apparaît ci-dessous. En 1967, Bruce Stevenson mourut subitement, et fut remplacé par Darling comme chef de la section. Darling avait fait son service dans la RCR pendant la guerre et avait également travaillé chez CIL avant d'entrer au ministère. A la suite du décès de Stevenson, A.E. Gardiner entra à la section en 1967, venant de la branche navale du ministère de la défense nationale, pour prendre sa retraite en 1971. C.A. Vary fut transféré au laboratoire chimique en 1970, en raison de l'augmentation de la charge de travail. R.R. Vandebek entra en 1970, le Docteur K.K. Feng en 1971 et E. Contestabile en 1973. En 1966, la section changea de nom, devenant le Laboratoire canadien de recherches sur les explosifs, seul laboratoire de réglementation et de recherches sur les explosifs au Canada; l'année suivante, le laboratoire fut intégré au centre de recherches minières nouvellement formé.

Recherche sur la rupture des roches par explosif

Avant d'entrée à la Direction des mines en 1963, Coates avait effectué une étude pour le ministère de la défense nationale (MDN) sur la conception d'installations souterraines destinées à résister aux explosions nucléaires: "Rock mechanics applied to the design of underground installations to resist ground shock from nuclear blasts" par D.F. Coates (Proceedings of the 5th Symposium on Rock Mechanics, University of Minnesota,

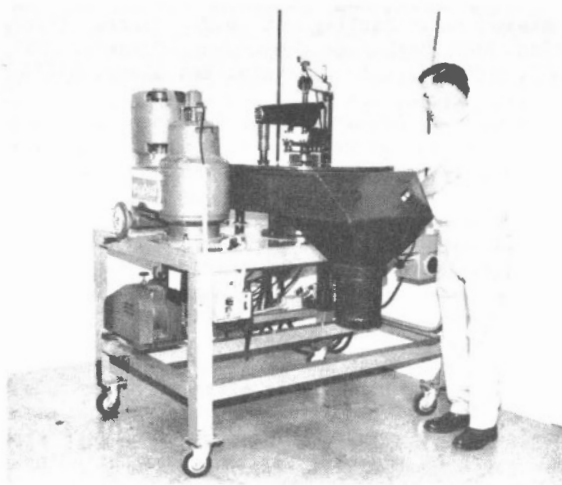


Etudes de vibration du sol à la mine Carol Lake d'Iron Ore Company of Canada

1962, et MB RS 56, 1968). Presque immédiatement après son arrivée à la Direction, Coates proposa un projet de recherche sur les explosifs (DR FMP 64/37). L'objectif essentiel était d'optimiser l'énergie des explosifs utilisés dans les tirs de mines et de mettre au point la capacité de prédire les distributions de contraintes autour d'un tir de mine et l'étendue de la fragmentation. Il établit un groupe composé de lui-même, de Larocque, du Docteur Sassa de l'université de Kyoto (fellow postdoctoral du CNR), de Darling et de Parsons, avec assistance technique de Kapeller, St. Louis et Larsen.

Au départ la recherche comportait des expériences en laboratoire faisant usage d'explosifs gélatineux à haute et basse vitesse, dans des essais à petite échelle de rupture de plaques rocheuses. On mesurait les propriétés des roches, particulièrement la résistance dynamique en tension, qui est importante pour délimiter la région de fragmentation de la roche. On calculait les pressions de détonation, et on les vérifiait par expérimentation. On effectua ensuite des études de terrain à la mine de l'Iron Ore Company à Carol Lake, avec l'aide du personnel de la mine. On exécuta deux groupes d'expériences, avec des accéléro-

mètres, ainsi qu'une étude de cratères. Un programme d'ordinateur avait été mis au point auparavant par le professeur I. Ito et le Docteur Sassa, tous deux de l'Université de Kyoto, sur "la distribution des contraintes dues à l'explosion d'une charge sphérique confinée à proximité d'une face libre". Ce programme fut réécrit en Fortran II, pour utilisation dans l'ordinateur du ministère. Les essais de terrain confirmèrent la simulation sur ordinateur des distributions de contraintes et des limites de fragmentation: "The analysis of stress for prediction of crater



R. Tervo à l'appareil de recherche sur le choc pour essais de résistance des particules rocheuses, 1967



M. Blais règle l'appareil de choc sur les roches construit par la Division des services techniques (Photo - George Hunter)

boundaries" par K. Sassa, G.E. Larocque, D.F. Coates et J.A. Darling (MB RR 192, 1966).

Cette méthode d'analyse de contraintes fut étendue aux charges en colonne, et les tests préliminaires montrèrent qu'une détonation simultanée en deux points était préférable à une détonation unique au fond, si l'on désirait réaliser un stress de pointe uniforme sur la longueur d'une charge en colonne. Ces résultats firent l'objet d'une communication qui incluait beaucoup de matériaux du rapport de recherche mentionné ci-dessus; cette communication fut présentée au quatrième symposium de mécanique des roches à Ottawa en 1967: "Field blasting studies" par G.E. Larocque, K. Sassa, J.A. Darling et D.F. Coates (Proc 4th Canadian Rock Mechanics Symposium, Ottawa, 1967, pp. 169-203, publié par la Direction des mines, 1967).

Le CERL et le laboratoire de mécanique des roches du centre de recherche minière coopérèrent plusieurs années dans le but de mettre au point des plans de tir améliorés pour les extractions à ciel ouvert. On prépara un nouveau programme, Tonisok, à partir de deux programmes américains précédents, pour prédire la distribution du stress en relation avec la rupture en tension-cisaillement de la roche, causée par la détonation d'une charge explosive. Comme précédemment, on exécuta des tests de propriétés en laboratoire et des essais de terrain. On mit au point un modèle qui permettait de prédire le comportement de la masse rocheuse à la suite de la détonation d'une charge en colonne dans un tir de production. Ceci mena à la mise au point des plans de tir au banc: "A proposed method of establishing bench blast patterns" par G.E. Larocque (IR MR 71/93).

On accorda une attention particulière aux techniques de tir de contrôle, comme les tirs de sondage préliminaires et les tirs en paroi lisse: "Comparative ground shock measurements for evaluating presplitting" par G.E. Larocque et D.F. Coates (The Western Miner, vol 45, pp. 33-38, décembre 1972). Larocque présenta une publication résumant le programme de recherche sur les explosifs de la Direction des mines: "Blasting research at the Mines Branch" par G.E. Larocque et R.F. Favreau (conseillers, CIL), (Proc 12th Symposium on Rock Mechanics, University of Missouri, Rolla, pp. 341-358, 1970).

Rupture des roches sans explosifs

Ce projet fut lancé en 1966, à titre de complément du projet sur la rupture des roches par explosifs, à la suggestion de la Mining Association of Canada. En raison des succès considérables des machines à extraction continue dans les mines de charbon, et des taupes mécaniques etc. dans le creusement de tunnels en roches sédimentaires, on s'intéressait aux possibilités de rupture non explosive des roches dans les terrains plus résistants rencontrés dans les mines en roche dure, dans le but de permettre à l'avenir l'extraction

en vrac des minerais de qualité inférieure en profondeur, avec des machines à extraction continue.

R. Tervo, physicien, fut nommé en 1966 au laboratoire d'Elliot Lake, et Geller fut transféré en 1967 du laboratoire de combustion au laboratoire de mécanique des roches à Ottawa, pour entreprendre quelques travaux fondamentaux de ce domaine. À Elliot Lake, on effectua des recherches au moyen de deux machines à impact fabriquées par la Division des services techniques, sur des particules dont la taille descendait jusqu'à 100 microns, sous vide partiel, et allait jusqu'à 5 centimètres de diamètre dans l'air. Dans les essais, on traitait une particule à la fois, extraite d'une fraction de taille précisément déterminée, qui subissait l'impact de l'une ou l'autre de deux plaques d'acier montées aux extrémités opposées d'un barreau d'acier à la périphérie d'un disque d'acier (voir illustration). Cette recherche avait pour but d'établir les propriétés des roches déterminant la quantité d'énergie nécessaire pour produire une rupture en taille spécifique, dans le but de mettre au point des modèles mathématiques de simulation sur ordinateur pour contrôler et optimiser la performance. La recherche était effectuée en fonction des résistances de diverses roches. On remarqua une anomalie de la relation résistance-taille (résistance augmentant avec la taille des particules): "Fracture characteristics of rock particles tested under impact" par K.D. Lyall (Fellow postdoctoral du CNR, 67-68) et R.O. Tervo (Proc 5th Canadian Rock Mechanics Symposium, University of Toronto, 1968, pp. 171-183, publié par la Direction des mines, 1969). On effectua plus tard des tests pour comparer la distribution de taille due au traitement par billes et celle provenant des ruptures par impact, qui se révélèrent être différentes.

À Ottawa, Geller effectua un tour d'horizon du vaste domaine de la rupture des roches, de l'excavation au meulage, produisant une liste de référence de 192 articles, et suggéra que l'orientation peut-être la plus fructueuse à explorer, en ce qui concerne la rupture non explosive des roches, serait d'étudier la superposition de champs de contraintes, soit mécaniques-hydrauliques, soit mécaniques-thermiques: "Research in improved methods of rock breakage" par L.B. Geller (Transactions Section A, Institution of Mining and Metallurgy, London, vol 76, pp. A-105/A-124, 1967). En raison de ses travaux précédents sur le traitement thermique des roches, Geller effectua une étude théorique du choc thermique (chauffage et refroidissement) qui cause des fissures des particules rocheuses. Il identifia les paramètres et présenta les résultats sous forme d'une série de graphes, toutes les relations étant exprimées sous forme a dimensionnelle. La particule de forme sphérique subit les conditions de stress thermique les plus sévères, et les sphères sont plus difficiles à briser par trempage. Ainsi, l'analyse portant sur la forme sphérique devrait inclure les caractéristiques de rupture des autres formes: "Thermal

stresses in spheres - a basis for studying the grinding of pre-heated rocks" par L.B. Geller (International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, vol 9, pp. 213-240, 1972).

En 1968, Coates inaugura un programme de génie des systèmes miniers, pour examiner les opérations individuelles comme le forage, le tir de mine, le transport, etc., et analyser leur influence sur l'économie des opérations minières, dans le but d'indiquer les possibilités d'optimisation de chaque opération. Etant donné que plusieurs des projets contenus dans ce programme s'occupaient de rupture non explosive des roches, il sont inclus dans la présente section du récit. Un projet de ce genre examinait les activités d'extraction par longs trous de mine, qui représentaient environ la moitié des coûts d'abattage, et étaient largement utilisés au Canada, au rythme d'environ 6 millions de pieds de forage par an. On effectua certaines études de bureau sur les données venant des compagnies exploitatrices, mais on décida d'effectuer une étude de terrain à la mine Nordic, avec une disposition de forage en arc de 180°, ce qui permettait d'obtenir des données pour des trous à diverses inclinaisons. On dérivait de ces expériences des équations permettant d'établir le rendement du forage: "Studies of long hole drilling" par A. Dubnie et M. Gyenge (Can Min Journal, vol. 93, décembre 1972).

En 1970, la Direction des mines établit un Bureau des tunnels avec un comité consultatif dirigé par le Docteur W.R. Horn, coordinateur de recherches à la Mining Association of Canada. Le projet dut son origine à l'intérêt manifesté aux États-Unis par la National Engineering Academy et le National Research Council Rapid Excavation Committee, et en Europe par l'OCDE, pour la mise en commun des techniques d'excavation rapide dans les activités de génie civil, urbaines ou autres, ainsi que pour les applications minières. L'ap-

plication de technologies avancées dans les excavations classiques avec forage et tir de mine n'était pas exclue de ce projet; toutefois l'accent était mis sur des méthodes nouvelles, mécaniques et thermiques, d'excavation. T.D. Verity, qui était entré à la Direction des mines en 1967, était l'agent responsable de ce projet. Il participa à un deuxième symposium sur les excavations rapides à Sacramento, Californie en 1969 (IR MR 69/94) et à la OECD Advisory Conference on Tunnelling à Washington en 1970 (IR MR 70/69). Verity publia un tour d'horizon des machines de percement de tunnels au Canada: "The operation of mechanical tunnel-boring machines in Canada" par T.W. Verity, (MB IC 256, 1971). A la suite du retour de Verity à la Direction des ressources minières en 1971, Geller assumait la responsabilité du projet, et publia plusieurs rapports de "prise de conscience" sous les auspices du Bureau des tunnels, pour donner des renseignements sur les développements des activités de tunnels au Canada et à l'étranger.

En 1971 fut entrepris un autre projet dans le programme de génie des systèmes miniers, sur la rupture des roches sans explosifs; ce projet portait sur l'automatisation des foreuses de puits vertical comme représentants des machines à extraction continue du type taupe mécanique. La recherche initiale fut effectuée sur une machine à forer de laboratoire, portant sur les caractéristiques de télécontrôle et sur l'enregistrement des variables comme la vitesse de pénétration de la roche, la vitesse de rotation du foret, etc. Le matériel de contrôle fut mis au point conjointement par le centre de recherches minières et le département de génie électrique de l'École Polytechnique. Avec la coopération d'INCO, on effectua le changement d'échelle pour passer à une foreuse de puits vertical en opération réelle dans la mine; on utilisa un appareil d'enregistrement de données spécialement conçu, avant de pouvoir mettre au point des équipements de contrôle



L.B. Geller (à l'extrême droite), avec son épouse et Mme et le Docteur Gray à la retraite de ce dernier, 1977



H. Poliquin surveillant une foreuse de puits vertical

automatique, dont certains étaient au point avant l'interruption du projet en 1975.

Le Docteur M.D. Everell entra à la Direction des mines en 1970, après avoir obtenu son doctorat à l'École Polytechnique cette année-là. Il y a lieu de mentionner qu'il se joignit à Sirois, de la Division de traitement des minéraux, et au Professeur D.G. Gill de l'École Polytechnique, pour présenter une communication au 6ième symposium de mécanique des roches à l'École Polytechnique en 1970: "Relation of grinding selection functions to physicommechanical properties of rocks" par M.D. Everell, D.E. Gill et L.L. Sirois (Proc 6th Canadian Rock Mechanics Symposium, Université de Montréal, 1970, pp 177-193, publié par la Direction des mines, 1971). Everell travailla d'abord à Elliot Lake, mais en 1973, par accord avec l'Université Laval, on établit à cette université un groupe de "fracture des roches" dirigé par Everell. Toutefois, ce groupe disparut en 1975, en raison du départ du personnel et

de la cherté relative de la mise au point des équipements de mines. En 1973, on entreprit au laboratoire de Laval des recherches sur l'automatisation d'un forêt au diamant de laboratoire, avec application d'un calculateur analogue à la stratégie de contrôle: "A preliminary control strategy for the automatic control of an instrumented diamond drill" par M.D. Everell, M. Des-sureault, A. Cauchon et R. Tervo (6th Conference on Drilling and Rock Mechanics, Society of Petroleum Engineers of AIME, Special paper 4235, Austin, Texas, janvier 1973). On octroya des contrats de recherche extérieure d'un montant de près de \$150 000, comprenant des études de déviation des forages et de récupération d'échantillons et la mise au point d'un prototype de monteuse pour un forêt léger.

Le Docteur Everell et A. Dubnie publièrent conjointement une circulaire d'information en 1974: "Mechanical boring of tunnels and raises" par M.D. Everell et A. Dubnie (MB IC 304, 1974).

Division des ressources minérales

Comme on l'a mentionné au chapitre 5, la reconstitution de la Division des minéraux industriels en 1950 eut pour effet que la Division des ressources minérales, augmentée en 1946 pour inclure les minéraux industriels, revint à son rôle principal d'ordre économique, mais avec une responsabilité réduite quant à l'évaluation des ressources. La nouvelle Division des minéraux industriels comportait ses propres spécialistes et pouvait assumer cette fonction, principalement en relation avec les minéraux non métalliques. Etant donné la manière dont Monture avait en temps de guerre contribué à la cause des Alliés par ses conseils sur les ressources minérales, on demandait constamment ses services de conseil pour divers organismes comme le Ministère de la production de la défense, les Nations Unies, la Banque Internationale de Reconstruction et Développement, le plan de Colombo, etc. Pendant les absences de Monture, qui pouvaient durer plusieurs mois de suite, E.S. Martindale, ingénieur supérieur de la Division, assurait l'intérim, jusqu'à sa retraite en 1953. Il avait servi au Bureau des mines et à la Direction des mines depuis 1936, et avait de nombreuses années de service antérieur au Ministère de l'Intérieur. Jusqu'à son décès prématuré en 1956, McClelland remplaça Martindale comme agent supérieur de la Division, assurant l'intérim pendant les absences de Monture. On se rappellera que McClelland, avec 33 ans de service dans la Direction et le Bureau, était l'assistant dévoué de Traill au début de la recherche en hydrométallurgie, y compris le traitement des minerais radioactifs.

L'organisation de la Division des ressources minérales au cours de ses six dernières années

d'existence à la Direction des mines comportait six sections:

Economie: Le personnel de cette section était composé de spécialistes de minéraux spécifiques qui, depuis le début de la Direction des mines, avaient donné des connaissances détaillées sur l'occurrence, la possibilité économique de production et l'utilisation d'une ressource donnée. Ce groupe était également responsable de l'interprétation des lois sur la taxation et les autres questions concernant les industries minérales. Dans cette période particulière, la section aidait le directeur général des services scientifiques dans l'administration de la loi d'aide d'urgence aux mines d'or (EGMA). Dans la période examinée, la section était limitée aux métaux et hydrocarbures, dans la mesure où la Division des minéraux industriels, mentionnée ci-dessus, avait ses propres spécialistes, et où le charbon et la tourbe restaient sous la responsabilité de la Division des combustibles.

Inventaire des ressources minérales: Ce travail, lancé par la Commission géologique en 1886, représentait les archives du gouvernement sur les entreprises minières du passé et sur les ressources naturelles, et présentait naturellement une valeur inestimable.

Statistique: Cette section s'occupait des études d'interprétation des statistiques sur les minéraux. On a mentionné au chapitre 4 que le Dominion Bureau of Statistics assumait en 1929 la responsabilité générale des statistiques minérales.

Bibliothèque et recherches: La bibliothèque fut administrée par la Division à partir de 1936, jusqu'à la séparation de la Division des ressources minérales

en 1956.

Archives et dossiers: Il s'agissait des documents concernant les études de minéraux et la correspondance passée et actuelle, dont était extraits les documents les plus pertinents pour l'inventaire des ressources minérales.

Personnel de bureau et sténographie: En plus de ses propres besoins, cette section servait de réserve pour la dactylographie de certains des rapports de la Direction; le personnel technique de la Division assurait également certaines tâches d'édition.

En 1951, la Direction Organisation et méthodes de la Commission de la fonction publique passa en revue la fonction de la Division des ressources minérales, et recommanda de transférer les 3 premières sections au quartier général du ministère, ce qui fut fait en 1956. Incidemment, une revue d'organisation de la Direction des mines, effectuée en 1965 par la Commission de la fonction publique, mentionna que les raisons techniques de cette modification avaient été perdues de vue, mais il y avait probablement plusieurs raisons pour cette décision. Au cours de la guerre et immédiatement après, les préoccupations principales de Parsons concernaient la métallurgie et le traitement de l'uranium, dont les implications étaient plus scientifiques qu'économiques. Les divisions dont l'orientation concernait les ressources minérales, par exemple celles de l'économie, des carburants, et des minéraux industriels, ainsi que la partie Traitement de la Division des minéraux métalliques, fournirent des spécialistes aux organismes de guerre, qui s'occupaient principalement des aspects d'approvisionnement, permettant de poursuivre la guerre au coût le plus bas possible pour la nation. Par conséquent, le Bureau des mines devait pour ainsi dire abonder sur deux fronts, aussi bien science et technologie qu'économie.

Après la guerre, on vit augmenter le contenu scientifique des activités de la Direction. Par ailleurs, l'administration du ministère augmenta également, la création de postes exécutifs comme ceux de directeur-général et plus tard sous-ministre adjoint, alors que l'importance des directeurs des Directions scientifiques diminuait; après tout, l'économie se rapprochait plus de la politique que la science et la technologie en ce qui concerne la prise de décisions. Par le passé, dans des ministères qui étaient alors plus petits, l'importance économique des travaux scientifiques faisait l'objet de rapports directs au sous-ministre, et par lui au ministre. Certains, comme Camsell (chapitre 4), trouvaient le temps nécessaire à des recherches et études personnelles dans le domaine technique et économique.

La revue de 1965 de la Commission de la fonction publique, mentionnée ci-dessus, suggéra d'employer des économistes pour la sélection et l'évaluation de coût des recherches. En général, les ingénieurs de la

Direction des mines, donc beaucoup venaient de l'industrie, étaient capable d'évaluer les coûts et bénéfices des projets. Ce sujet était traité de manière moins formelle dans le système de financement institutionnel que dans le système de financement par programmes introduit au cours des années 60. D'ordinaire, les projets et programmes de recherche et développement étaient interrompus lorsque le chercheur responsable, ou sa Division, en venait à la conclusion que la recherche en question, sur les minéraux concernés, n'était plus pratique ou justifiée.

L'histoire de la Direction des mines témoigne de la valeur d'un spécialiste de ressources bien informé, capable de fournir des données d'ordre géologique, de composition ou de minéralogie, de maintenir le contact avec toutes les procédures de traitement en cours à la Direction et avec l'industrie concernée, et finalement de donner des renseignements sur les utilisations des produits. Cole, Ellis et Spence étaient de tels spécialistes dans les premiers temps, et, dans la période en cours d'examen, nous avons McClelland, Buch et Toombs.

Comme on l'a noté au cours du récit, les années 50 étaient une période de "boom" pour les minéraux canadiens, à l'exception du charbon. C'était sans doute la période la plus active de l'histoire du Canada, pour la prospection et les nouvelles entreprises minières. Ceci se reflète dans le nombre de demandes de renseignements orales ou écrites et de demandes de publications reçues par la Division. Ainsi, pendant plusieurs années, il y eut une moyenne de plus de 3 000 demandes écrites par an. L'inventaire des ressources minérales était fréquemment consulté par les prospecteurs; l'inventaire lui-même, qui plutôt avait comporté environ 4000 fiches notant les concessions minérales qui avaient été exploitées à une époque ou à une autre, augmenta de manière substantielle après la deuxième guerre mondiale. Ainsi, au cours de l'année fiscale 1952-1953, on ajouta 424 nouvelles entrées. La division était responsable de la distribution au public des publications de la Direction des mines, ce qui, au cours de l'année fiscale 1954-1955, représentait plus de 71 000 exemplaires.

La Division participa à la stimulation de l'industrie des minéraux par le gouvernement, sous forme d'une politique de taxation, qui accordait des exemptions ou remises de taxes pour les nouvelles mines de métaux et les mines industrielles exploitant des dépôts non stratifiés. En coopération avec la Commission géologique, la Division s'occupait des concessions fiscales accordées aux compagnies qui effectuaient des forages profonds à la recherche de pétrole. La Division s'occupait également d'évaluer les demandes des compagnies de pipelines concernant la dépréciation accélérée dans le cas où les réserves risquaient d'être épuisées en 15 ans, et, comme on l'a mentionné précédemment, elle s'occupait également de l'administration d'EGMA, comportant l'inspection de mines et la préparation de données pour le quartier général du ministère.

La quatrième et la cinquième édition de "Mining Laws of Canada" furent préparées au cours de cette période: la première constitua la dernière publication de Buisson qui avait assumé la responsabilité de toutes les éditions précédentes, à partir de 1924: "The Mining Laws of Canada" 4ⁱème édition, par A. Buisson (MB Rep 828, 1950) et "Digest of the Mining Laws of Canada" par H.A. Graves et G.R.L. Potter (MB Rep 854, 1957).

En dépit des restrictions de personnel, la Division s'arrangea pour publier plusieurs rapports sur les ressources. Dans la période 1950-1956, R.J. Jones (1945-1956) fut l'auteur d'un rapport sur le cobalt dans la série des rapports de la Direction des mines (no. 847) et McClelland prépara des rapports sur le cuivre (MS 113) l'étain (MS 125) et le nickel (MS 130) dans la série des mémoires. McClelland prépara également des rapports sur le plomb et l'antimoine: "Notes on lead occurrences in Canada" (MS 99, 1948) et "Notes on antimony deposits and occurrences in Canada" (MS 108, 1950, réimprimé 1955).

Une série de Circulaires d'information (MR 1 à 26, sauf 6) fut publiée pour distribution gratuite entre 1954 et 1957, sur les minéraux présentant un intérêt particulier. Une forte proportion de ces rapports fut rédigée par deux ingénieurs particulièrement énergiques - W. Keith Buck et Ralph Toombs, qui entrèrent à la Direction en 1951 et 1952 respectivement, pour occuper les postes abandonnés par Goodwin et Trevor à leur retraite. Buck présenta des rapports sur l'industrie du minerai de fer pour 1953, 1954 et 1955 (MR 2, 13 et 17), une étude spéciale sur l'industrie du minerai de fer canadien et sa relation avec la voie maritime du St-Laurent (MR 5) et sur les développements dans l'industrie du titane (MR 1, 14 et 18). Buck participa au dialogue entre la Direction, l'industrie et le gouvernement, pendant l'avancement du programme de la Direction des mines sur le titane. Les rapports de 1956 sur l'industrie du minerai de fer et les développements de l'industrie du titane furent rédigés par Janes, qui avait été transféré de la Division des minéraux industriels à la Division des ressources minérales en 1956. Toombs rédigea des rapports sur l'industrie du pétrole au cours de la période 1953-1955 (MR 4, 15 et 19) et sur le gaz naturel (MR 3, 16 et 20); en 1956, il partagea la rédaction avec R.A. Simpson, qui avait été transféré de la Division des minéraux industriels (MR 23 et 24). Toombs prit la tête de la section des combustibles dans l'unité des ressources minérales au quartier général.

Dans cette série les autres contributeurs étaient les suivants:

- R.J. Jones sur le zirconium (MR 7) et sur le columbium et le tantale (MR 8)
- W.J. Beard (1954-1956) sur le cérium (MR 9), le béryllium (MR 10) et le germanium (MR 12)
- R.E. Neelands (1945-1957) sur l'indium (MR 11)

- T.H. James sur les minéraux rares et peu répandus (MR 21)
- T.W. Verity, affecté directement à l'unité des ressources minérales au quartier général: "Survey of the gold mining industry in Canada during 1956" (MR 25)

A partir de MR 27, la série fut poursuivie à la Division du quartier général, avec un nouveau nom, Bulletins d'information minérale.

En 1955 et 1956, la Division dû fournir des données considérables concernant les minéraux, y compris les minéraux énergétiques, pour la Commission royale d'enquête sur les perspectives économiques du Canada. Sur ce point, Toombs fut l'un des contributeurs principaux. Lorsque la Division fut séparée de la Direction, Monture donna sa démission en 1956. Dans un concours de promotion, le poste de chef revint à Buck, qui avait démontré sa compétence et ses capacités d'organisation dans ses 5 ans de service à la Direction des mines.

Malgré son indépendance de caractère, le docteur Monture avait beaucoup de bons amis. Il travailla au ministère pour un total de 33 ans, dont 16 dans la Division d'édition, dont il fut chef intérimaire et chef pendant 6 ans, et 17 ans au Bureau des mines et à la Direction des mines. Il reçut de nombreuses honneurs: pour son service de guerre, le roi lui octroya en 1946 l'Ordre de l'Empire Britannique, et il reçut en 1948 un doctorat de l'université de Western Ontario. A sa retraite de la Direction des mines, il fut un des premiers récipiendaires de "l'Oscar" de la Direction des mines, statuette d'un castor symbolique du canadien travailleur. Cette statuette était coulée en métaux d'origine canadienne. L'oscar avait été établi par le docteur John Convey un an ou deux auparavant, comme



G. Monture (Photo - ONF)

récompense pour ses services distingués. En 1957, Monture fut honoré par l'Indian Council, qui lui octroya la "médaille de Feu", et un peu plus tard les six nations de Grand River le firent chef honoraire, avec le nom "Big Feather", honneur approprié pour un descendant remarquable du chef Joseph Brant. En 1966,

il reçut la médaille d'or Vanier de l'Institut d'administration publique du Canada. Monture, connu sous le sobriquet de "Slim" depuis l'époque de ses études universitaires, poursuivit une carrière active de conseiller, tant au Canada qu'à l'étranger, jusqu'à quelques années avant sa mort en 1973.

Services techniques

Le nouvel édifice des ateliers au 556, rue Booth, dans ce qui était alors la section d'entretien, fut achevé en 1952, mettant fin à une période de 42 années de logement frugal dans des cabanes de bois d'un étage, pour cet auxiliaire important d'un établissement à vocation de génie. L'équipement fut modernisé et amplifié; ainsi, dans l'atelier principal des machines, au début des années 60, il y avait plus de 50 machines-outils de haute qualité. Le personnel doubla, passant d'environ 40 en 1946 à environ 80 en 1952, ce qui comportait plusieurs postes classifiés, et une forte proportion d'hommes de métier. S.J. Hayes (1941-1969) remplaça A.W. Mantle (1910-1939) comme surintendant mécanicien. G.K. Brown (1948-1975) était l'ingénieur électricien, et à son transfert à la Division des combustibles en 1963, le poste fut occupé par E.K. Swimmings (1953 -). En 1959, la section d'entretien acquit le statut de Division et devint la Division des services techniques. L'ancien titre de surintendant mécanicien fut remplacé par celui de chef de Division. En 1961 fut créé un poste d'ingénieur mécanicien, qui fut occupé par D.M. Norman.

La Division était organisée en six sections, décrites dans la liste suivante, qui présente les noms des agents principaux et des ateliers:

Administration et génie

Chef, S.J. Hayes

Administration - H.W. Armstrong
(1936-1972)

Conception et dessin industriel

Contremaître général - C.J. Fresque
(1912-1960)

Section électrique

Ingénieur - E.K. Swimmings

Contremaître électricien - P.

Ferrigan (1943-1969) remplacé

par R.J. Binette

Ateliers d'électricité et d'instrumentation

Responsable de l'installation et de l'entretien électrique

Section mécanique

Ingénieur - D.M. Norman (1961 -)

Contremaître de la salle des machines - H.I. Brindamour

Responsable de la fabrication des composantes, de

(1941-1972) remplacé par R. Chauret (1961 -)

Contremaître mécanicien - W.G.

Robertson (1953-1972) remplacé par M. Blais (1945 -)

Atelier des machines principal avec salle d'outillage, contrôle de qualité et ateliers de soudage, de ferronnerie et de tôlerie

l'entretien et de l'aide à l'installation

Section de charpenterie

Contremaître - M. Gadbois (1947-1972) remplacé par R.B. Huot (1955 -)

Section de transport et d'appui aux métiers

Contremaître - L. Fleury (1953-1971), remplacé par M.M. Plosenski (1959-1974), remplacé par P.E. Gagnon (1965 -)

Section magasins et acquisitions

Agent responsable - W.A. Martineau (1946-1970) remplacé par C. Law (1947 -).

Toutes les divisions bénéficiaient des services assurés par la Division des services techniques; la Division de métallurgie physique était la plus grosse cliente, en raison de la fabrication des spécimens d'essais métallurgiques. En 1962, celle-ci atteint un volume maximum de 27 300 pièces, représentant, avec les autres besoins de cette Division, environ 50% des commandes de travail de la Division des services techniques. Le reste du travail de cette division concernait la fabrication de divers instruments, de composantes et d'ensembles d'usine-pilote; ceci représentait un défi pour les aptitudes de la division, qui devait faire face à la variété et au contraste d'échelle des produits destinés à la vaste gamme de disciplines des diverses Divisions de la Direction des mines. De plus, la section de mécanique était responsable de la préparation des fondations des grosses machines, de leur installation, de leur alignement, etc. Un programme d'entretien préventif fut mis en pratique sur le modèle de la procédure déjà appliquée par la section d'électricité. Cette dernière section était responsable du système électrique du ministère sur la rue Booth, et plus tard au complexe de Bells Corners. On lui donna également la responsabilité de



Retraite d'E.A. Swimmings et B. Smith, 1955; de gauche à droite - Dr. Convey, B. Smith, E.A. Swimmings, S.J. Hayes

toutes les composantes électriques des appareillages et des usines pilotes de la région de la rue Booth. On pratiqua dès le début un système d'inspection et d'entretien préventif. Le nombre réduit de pannes au cours des 25 années d'évolution et de croissance considérables dans la région de la rue Booth témoigne de l'attitude consciencieuse de cette section. Au cours des années 50, alors que s'effectuaient tant de travaux de recherche et développement et de traitement, y compris la fusion électrique des minerais et la fusion des



Atelier principal dans le nouvel édifice, 1952

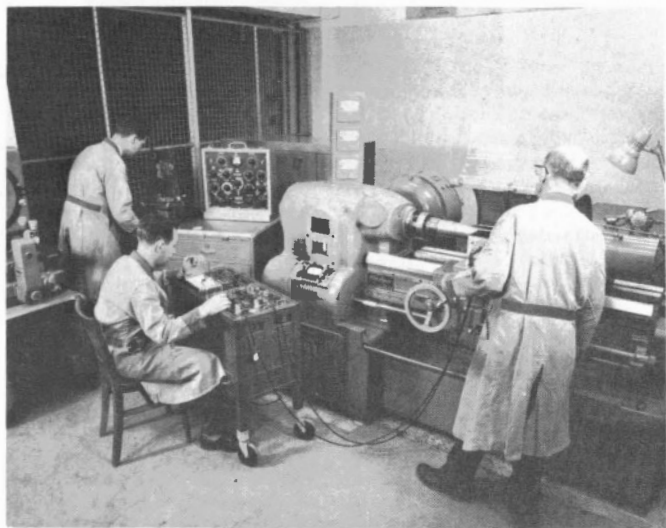


La reine Juliana des Pays-Bas examinant une scie dans le nouvel atelier; de gauche à droite: Dr. G.S. Hume, directeur-général des services scientifiques, Ministère des Mines et Relevés techniques; R.J. Traill, directions intérimaire, Direction des Mines; J.J. Hayes, surintendant de la mécanique, 1952; la reine; H.F. Feaver, chef du protocole du Canada (Photo prêtée par IBM Canada Ltée)

métaux à l'échelle pilote, la demande d'énergie électrique était à son niveau maximum, et représentait, selon les rapports de 1962, une capacité de transformateur de 30 000 kVA. En 1970, le niveau se stabilisa à environ 14 000 kVA, pour les installations de la rue Booth et de Bells Corners. Le plus gros utilisateur d'énergie électrique au ministère était la Direction des mines, représentant environ 2/3 de l'énergie électrique totale consommée par le ministère, soit 24 millions de kwh en 1971. Cette année-là, un programme de modernisation fut appliqué à la rue Booth, remplaçant les anciens transformateurs de distribution par des transformateurs du type neutre à la masse, ce qui améliora la sécurité du système à 575 volts. Incidemment, la tension du système électrique passa de 11,6 kV à 12,4 kV, et plus tard à 13,2 kv. Tous ces travaux étaient effectués sous la supervision générale de Swimmings.

En plus de sa participation active à la planification, à la conception et à la construction des projets de recherche et développement de la Direction, la division prêta son assistance dans les projets de développement spéciaux. Parmi ceux-ci, un projet notable fut pendant plusieurs années celui du docteur Wlodek, sur les tiges de forage des mines laminées en spirale, et leurs accessoires, qui comportait des travaux considérables d'essais en fatigue.

Les projets de recherche et développement propres à la Division s'occupaient d'innovations destinées à améliorer le rendement des articles fabriqués, par exemple, usinage par abrasion des spécimens d'essai. Un projet principal concernait l'usinabilité de divers métaux. On utilisait un tour de 12x30 pouces, 6 000 tours par minute, équipé d'un dynamomètre de porte-

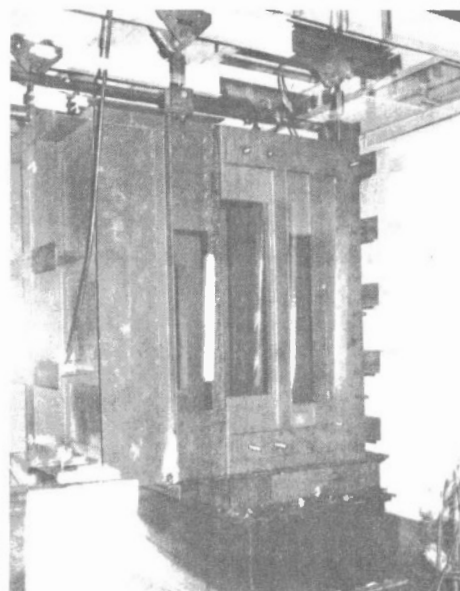
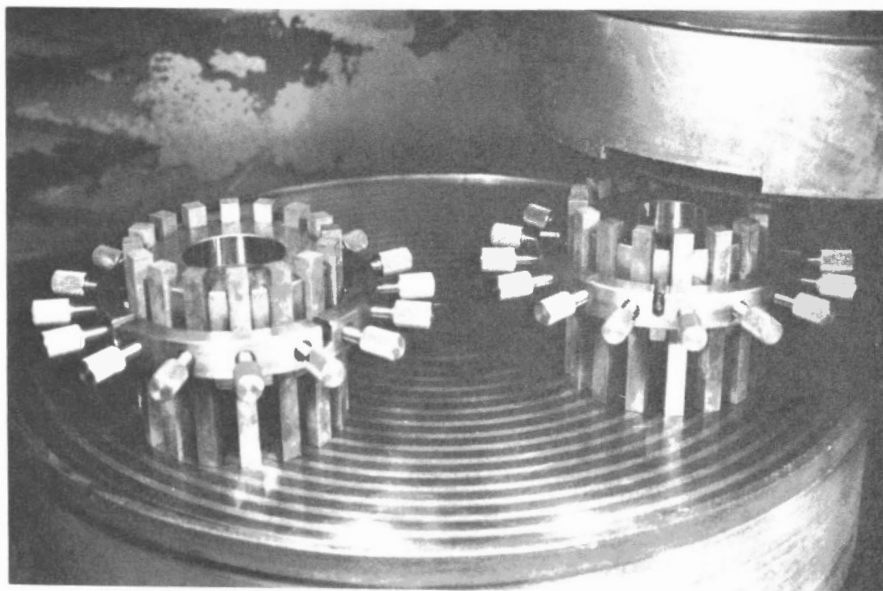


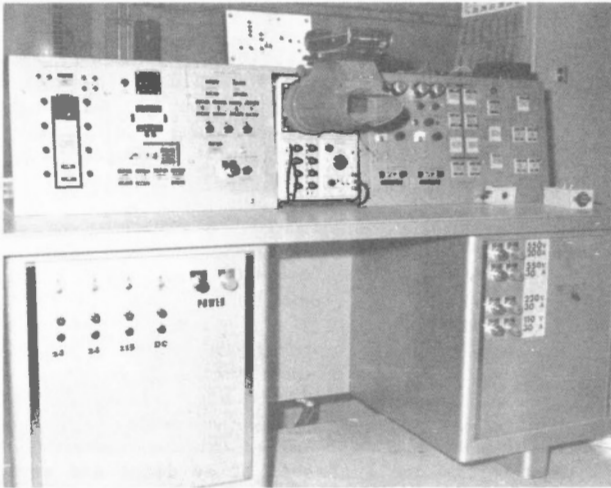
R. Beer, M. Séguin et S. Samson opérant le tour de recherche en usinage, avec instruments d'enregistrement de coordonnées et dynamomètre de porte-outil

outil à jauge de déformation, et d'un oscilloscope enregistreur à deux canaux. On mit au point une autre méthode, connue sous le nom de méthode compacte de test d'usinabilité, dans laquelle on utilisait un appareil à

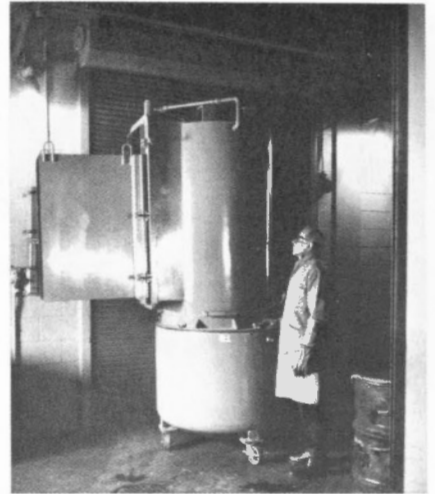
pendule d'énergie connue, un outil de dimension standard, et un bord de coupe contrôlé, pour produire des copeaux d'épaisseur spécifique, coupés en trois directions, à partir d'échantillons plats standard. On obtenait ainsi un enregistrement d'énergie moyenne de coupe, au moyen d'un dynamomètre équipé de jauges de déformation et d'appareils enregistreurs automatiques. Les résultats obtenus par cette méthode furent corrélés avec les données obtenues au tour instrumenté à haute vitesse. On étudia une gamme d'alliages d'acier standard, ainsi que d'alliages comportant des additions de soufre, de plomb et de sélénium. Ces travaux intéressaient l'industrie de l'acier, qui apporta sa coopération à la recherche. L'appareil à pendule fut plus tard modifié pour rapprocher le centre de gravité de la grosse masse du pendule du bord de coupe de l'outil. On effectua quelques essais d'usinabilité pour des compagnies commerciales, à leur demande.

Vers la fin des années 60 et au début des années 70, l'installation de la section mécanique fut étendue, pour permettre le coupage, la mise en forme et le laminage de plaques d'acier doux d'un quart de pouce. On agrandit également l'atelier de soudage. On introduisit des innovations dans l'atelier des machines, par exemple l'utilisation de la méthode de décharge électrique (EDM) dans laquelle un arc électrique contrôlé effectue l'érosion d'un métal en présence d'un flux de liquide diélectrique comme l'huile. La méthode servait à effectuer des fentes et échancrures de précision dans les spécimens d'essai métallurgique. Les méthodes non traditionnelles comme l'usinage électrochimique (ECM), l'usinage et le forage au laser, et l'usinage aux ultrasons firent l'objet d'examen. Sur ce point, on

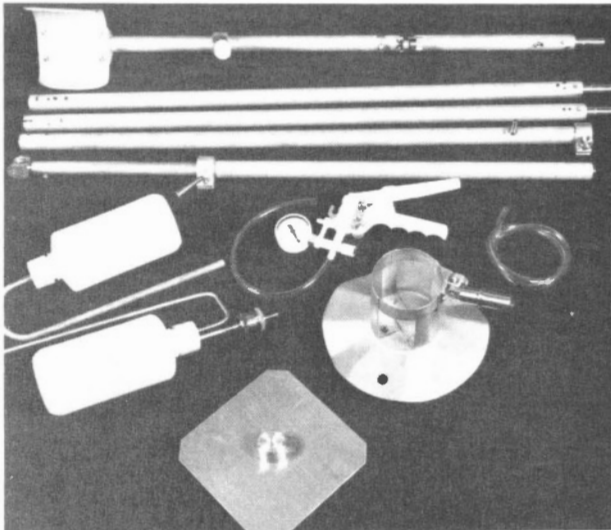




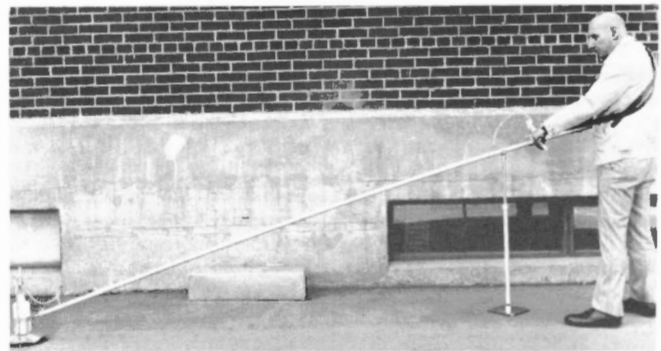
3



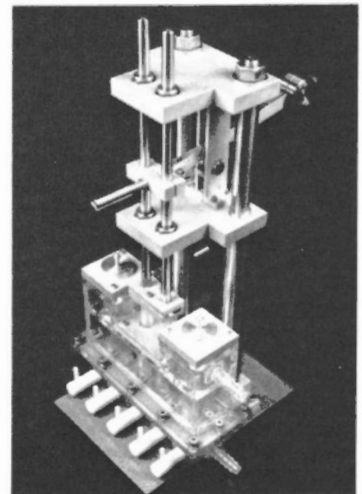
4



5



6



7

La Division des services techniques effectue la conception et la construction d'équipements et d'instruments de précision utilisés par les chercheurs de la Direction. Quelques exemples: 1 - modèle conçu pour le LRMP par C.R. Jermy, destiné à la production de spécimens pour test de Charpy; 2 - four à coke à paroi mobile de 18 pouces en construction à Bells Corners, 1971; 3 - pupitre de surveillance d'explosion construit pour le Laboratoire canadien des atmosphères explosives, 1970-1971; 4 - Z.J. Tazbir avec appareillage de refroidissement à sec dans l'usine pilote de carbonisation, 1972; 5 - composante pour les échantillonnages d'eau des bassins de décantation; 6 - échantillonneur d'eau de bassin de décantation construit en 1974 pour la Division des sciences minérales - C.R. Jermy vérifie l'assemblage; 7 - appareil de mélange rapide construit pour la Division de métallurgie extractive, 1975.

offrit des leçons et des démonstrations aux étudiants d'université.

En plus d'assurer l'entretien électrique du ministère, la Division répondit aux demandes de fabrication spéciale d'autres Directions. Les deux recommandations du rapport de 1962 de la Commission royale d'enquête (Glassco) sur l'organisation gouvernementale concernaient les activités d'achat central du gouvernement, et la mise en place de la politique achat-fabrication. Comme le Conseil du Trésor supposait probablement que le service technique constituait une organisation autonome fournisseur-client, la division reçut l'instruction d'établir un système d'établissement de coût industriel, qui sans aucun doute présentait des avantages du point de vue de la comptabilité des coûts. Toutefois, on ne se rendait pas tout à fait compte de l'intégration de la Division dans les projets de recherche et développement de la Direction, à l'étape de la mise au point des appareils et équipements. Beaucoup des besoins des chercheurs faisaient l'objet d'explications orales, ou de croquis grossiers, qu'il fallait traduire en conceptions et en plans d'atelier.

On nomma un administrateur financier, O. Hora (1966-1974) pour mettre au point le système de comptabilité des coûts, avec l'aide des agents supérieurs de la division. Les centres de coûts étaient fondés sur l'organisation mentionnée ci-dessus, et se composaient essentiellement de quatre centres de production représentant des coûts directs de main-d'oeuvre et de matériaux: mécanique (M-1 et M-2), électricité, et charpenterie - et de trois centres non-producteurs représentant des coûts indirects de main-d'oeuvre et de matériaux - administration, magasins centraux et transport motorisé. Environ 75% du personnel de la division était occupé dans les centres de production, et l'investissement en machines et équipement de ces

centres représentait plus de 80% de l'inventaire de biens immeubles de la Division. La section de mécanique représentait environ la moitié du personnel et les trois quarts de l'inventaire de la division. Le système de contrôle des coûts indiquait que plus des trois quarts des travaux achevés exigeaient 24 heures-personnes ou moins, ce qui impliquait une forte proportion de travaux à court terme et de production à un exemplaire. Dans le contexte du désir exprimé par le Conseil du Trésor que les ministères du gouvernement acceptent le système de planification, programmation, budget (PPB) pour prédire les besoins de fonds à partir des données de coûts authentiques, il semble que la Division des services techniques ait été une des premières à réaliser l'objectif. Swimmings présenta un rapport complet dans la publication Mines Memo, 1972 (rapport sur 1971) portant sur l'organisation de la Division, le système de comptabilité des coûts, des exemples de recherche et développement dans la division, et la participation de la Division aux projets de recherche et développement de l'ensemble de la Direction.

Le taux de remplacement du personnel était un peu plus élevé que dans les autres divisions de la Direction. Les normes de nominations pour les emplois qualifiés étaient élevées, et ceci rendait compte du nombre plus restreint d'employés à long terme, car beaucoup étaient engagés selon leur expérience antérieure. Pendant la période examinée, en plus du personnel déjà mentionné, les personnes suivantes prirent leur retraite après 25 années de service ou plus: C. Fresque (1912-1960), S. Holman (1917-1954), G. Reaume (1926-1969), R. Rooney (1936-1961), H.V. McCann (1938-1964), H.J. Brindamour (1941-1972), W.R. Acres (1942-1973, décédé), E.J. Trudeau (1944-1971), A.S. Brownlee (1945-1975), J.G.R. Martel (1947-1974), et J.R.M. White (1949-1974).



Réceptiendaires de la broche de 25 années de service à la Division des services techniques: premier rang, de gauche à droite: W.R. (Ron) Acres, J.G.R. (Rolly) Martel, E.K. (Ed) Swimmings, J.D. (Jimmy) Routliffe, W.A. (Bill) Martineau.

En arrière: E.J. (Ed) Trudeau, A.S. (Albert) Brownlee, M. (Mike) Gadbois (1947-1972).

Information, communication et liaison

Le domaine de ces fonctions apparentées d'acquisition et de dissémination de la connaissance est resté un aspect important de l'histoire de la Direction des mines, depuis son lancement officiel en 1901 jusqu'à l'époque actuelle. Le Docteur Haanel reconnaissait le mouvement bidirectionnel de la connaissance; au départ à titre non officiel, et à titre officiel à partir de 1911, il organisa les divisions de laboratoire et sans laboratoires de la Direction des mines, et employa le personnel qui n'était pas directement engagé dans les travaux de laboratoire à la cueillette et à la transmission de l'information. Les conseillers externes participaient au recueil et à la collation des données sur les ressources minérales et la technologie du Canada, ainsi que sur la technologie étrangère pertinente, publiant des données dans les séries de rapports ou monographies, où l'on publiait également les recherches et études effectuées à l'intérieur de la Direction ou par contrat. Haanel accordait une importance considérable au maintien de la liaison avec l'industrie, qui était effectué en grande partie par les spécialistes des ressources comme Fréchette, Cole, Spence et Ells.

Après la Première guerre mondiale, la Division des ressources minérales devint le principal groupe de la Direction des mines s'occupant d'évaluation des ressources, y compris la publication des données, et ceci se poursuivit jusqu'à la séparation de cette division de la Direction des mines en 1956. Une bonne partie des données sur les ressources était contenue dans l'inventaire des ressources minérales, et dans les fichiers personnels des spécialistes des ressources. La Division des combustibles, se chargeant à partir de 1910 d'une étude continue sur le charbon, assumait la responsabilité de tous ses aspects, y compris celui de l'évaluation des ressources. De même, tant que la Division des minéraux industriels resta distincte, une partie de l'évaluation était effectuée par les spécia-



H.A. Graves



M.A. Twidale



A.S. Romaniuk

listes de cette division, dont beaucoup venaient de la Division des ressources minérales.

Les remarques précédentes suggèrent que la Direction des mines, dès son commencement, recueillit et distribua des renseignements considérables sur les ressources minérales de notre pays.

Après la Seconde guerre mondiale, à la suite du lancement du programme de recherches minières en 1951, H.A. Graves fut nommé en 1957 pour assurer une liaison avec l'industrie et des conseils au directeur, et fut suivi de M.A. Twidale en 1958. Twidale, ingénieur des mines qui avait l'expérience de la gestion, rendit visite à un grand nombre de mines en fonctionnement, et rédigea des rapports sur les mines dans la série de rapports internes FMP, mais aucune des données confidentielles des compagnies ne fut publiée. En 1966, lorsque A.S. Romaniuk entra à la Direction des mines, on établit un centre officiel d'information minière, mais la Division de métallurgie extractive avait déjà commencé de manière officieuse, et ces deux centres feront l'objet d'une description ci-dessous.

Patricia L. Stevenson, après un brève période au Laboratoire de métallurgie physique pendant la guerre, fut nommée agent d'information du ministère, avec concentration particulière sur les besoins de la Direction des mines. En 1959, elle revint à la Direction des mines, où elle fut responsable des relations publiques, des communiqués de presse, et de la liaison avec divers organismes et avec l'industrie. Elle était responsable d'une photothèque, des présentations de modèles, d'équipements et de publications, de l'organisation de rencontres techniques spéciales; elle participa également à la préparation de la représentation de la presse aux rencontres majeures, comme les Commonwealth Mining and Metallurgical Congresses, etc.

F.T. Rabbitts revint à la Direction des mines en 1961, remplaçant en 1962 W.H. Norrish au poste d'assistant exécutif au directeur. Comme il était apte à la rédaction et à la communication, le directeur le rendit responsable de la préparation d'un rapport annuel important sur la recherche et le développement dans la Direction, sous le titre "Mines Memo". Le premier numéro parut en 1961, couvrant cette année là, et le dernier numéro sous ce titre parut en 1976, couvrant l'année 1975. Convey et Rabbitts publièrent en 1964 un rapport étudiant les objectifs du National Productivity Council et de son successeur le Conseil économique du Canada, pour stimuler l'intérêt de l'industrie canadienne dans la recherche et le développement au Canada: "Dissemination of technical information to Canadian industry" par John Convey et F.T. Rabbitts (MB IC 165, 1964). En 1967, Rabbitts fut invité à participer au groupe d'étude du Secrétariat aux sciences (devenu plus tard le Science Council of Canada) sur l'information scientifique et technique au Canada, et sa contribution prit la forme de plusieurs chapitres dans un rapport complet. Il fut également nommé président du comité ministériel sur l'information scientifique et technique. On notera que depuis l'établissement, par le Centre national de recherches du Canada du service d'information technique (SIT), la Direction des mines a coopéré pleinement avec ce service dans ses domaines de spécialisation.

Lors de la formation de la Division de métallurgie extractive en 1959, Downes, dont les politiques de recherche et développements étaient influencées par les problèmes de l'ensemble de l'industrie, plutôt que par des compagnies particulières, obtint l'approbation du directeur pour nommer R.M. Ennis, qui avait travaillé à la Direction des mines avant de devenir surintendant des mines de Pronto Uranium Mines Limited, comme agent de liaison avec l'industrie; par la suite, après son décès prématuré, C.S. Stevens le remplaça. Downes nomma également H.W. Smith comme assistant pour la planification des projets de recherche de la Direction; en 1967, Downes forma la section des agents de liaison d'information, dans laquelle il installa Smith et Stevens. V.F. Harrison se joignit à ce groupe en 1969, et Honeywell en 1972. Stevens mourut en 1972, et Smith resta dans ce groupe jusqu'à sa retraite en 1974. Ce

groupe fut officiellement intégré en 1975 à la Division d'information technologique en 1975, où Harrison fut l'agent d'information sur la métallurgie extractive et le traitement des minéraux.

Une partie importante de la banque originale de données de la Division concernait l'hydrométallurgie de l'uranium, mais plus tard cette banque fut élargie pour porter également sur les métaux communs et sur les articles intéressant l'ensemble du personnel. En 1971, on prit des mesures pour transformer le système manuel en une base de données sur ordinateur. Après quelques expériences, on mit au point deux programmes importants - MANAGE FILE - pour créer la base de données sous forme de mots de code et de chiffres d'index, à partir des fiches sources et des additions ou suppressions de fiches dans les données; et SEARCH FILE - pour effectuer des recherches dans la base, au moyen de mots de code et de chiffres d'index: "A data base management and information retrieval system employing computer programs MNGFLE and SRHFLE" par F.J. Kelly (MB TB 178, 1973).

Quant au bureau d'information minière, il fut créé peu de temps après l'arrivée d'A.S. Romaniuk à la Direction des mines en 1966. Celui-ci fit un séjour préliminaire à la Division des combustibles et de la pratique minière, pour préparer un tour d'horizon des pratiques étrangères de remblayage, fonction qui était censée faire partie des responsabilités des agents d'information. Romaniuk passa ensuite à une étude des systèmes d'accès et de saisie des données dans les limites des fonds restreints disponibles. Ses conclusions furent que, par comparaison avec la métallurgie physique, qui était largement documentée par l'American Society for Metals, l'information disponible sur les mines était très maigre. Etant donné qu'il fallait un contrôle par mots-clés, Romaniuk travailla à un thésaurus: "Thesaurus of mining terms" (MB IC 225, 1969). En raison des échanges en cours avec la France, sur les charbonnages, et aussi pour encourager le bilinguisme en l'absence de dictionnaires convenables,



T.W. Verity

Romaniuk mit au point un glossaire de termes miniers "English-French glossary of mining and related terms" (MB IC 245, 1970). En 1968, il reçut l'aide de Pauline Weidmark, et en 1969, d'un étudiant, G.M. Blondeau, qui obtint la même année un diplôme à l'université Queens, et plus tard une maîtrise à Guelph, et qui devint le responsable principal de la production de précis. En 1971, R.J.R. Welwood, ingénieur des mines, entra dans ce groupe. En 1973, le nombre de rapports et documents indexés dans le fichier des mines était d'environ 8500, alors que la limite prévue pour le système de dépistage de données Termatrix Optical Coincident qu'avait sélectionné Romaniuk était d'environ 10 000 articles. Une communication fut présentée au neuvième symposium international sur les techniques de décision dans l'industrie des minéraux en 1970. Ce symposium était commandité par le CIM: "A centre for mining information" par A.S. Romaniuk (Proc Conference, Special CIM Vol No. 12, 1971).

On avait prévu d'examiner des systèmes sur ordinateur, et sur ce point plusieurs programmes furent examinés par le Docteur J. Soukup (1971-1973) avec l'aide de L. Geller et W.F. Chow, étudiant de l'université de Waterloo. On rédigea environ 25 programmes pour tester le système: "System and programs for computerized processing of abstracts" par J. Soukup, L. Geller, W.F. Show (Scientific Bull CM 75-1, CANMET 1975).

Le service d'information minière commença en 1967, mais ce n'est qu'en 1972 qu'il fut officiellement institué sous le nom de Centre d'information minière, avec A.S. Romaniuk comme chef; celui-ci pouvait être fier de l'initiative dont avait fait preuve son groupe dans la mise au point d'un système viable et utile. Le Docteur Irene Slowikowski fut affectée au centre. Les bases de données de métallurgie extractive et de traitement des minéraux devaient être converties pour utiliser un thésaurus semblable à celui introduit pour l'information minière. Le PMRL disposait d'une bonne base sous forme du système METADEX, qui était également utilisé par le CNR. C.F. Dixon devint agent d'information pour la métallurgie physique en 1975. Plus tard, A.J.C. MacDonald fut transféré de la Division de métallurgie extractive pour devenir agent d'information dans le vaste domaine du traitement des minéraux, et G.W. Taylor fut recruté pour l'information sur l'énergie. Le centre d'information devint la section des questions techniques de la Division de l'information technologique, formée en 1975 pour couvrir tout le domaine de l'information, y compris la bibliothèque et la section d'édition et de publication. Le Docteur J.E. Kanasy fut nommé chef de cette division en 1976; auparavant, en tant que conseiller, il avait effectué un examen des services d'information et de bibliothèque de la Direction.

En parallèle avec le développement du Centre d'information minière, le Centre de recherche minière, formé en 1967, acquit trois ingénieurs des mines expérimentés: T.W. Verity (1967-1971), A. Dubnie

(1967-1975, décédé) et A.L. Job (1967 -). Les deux premiers venaient de la Direction des ressources minérales, qui en 1967 remit la responsabilité du génie minier à la Direction des mines; ils s'occupaient de divers problèmes technologiques, et plus particulièrement de ceux concernant le programme de génie des systèmes que Coates était en train de développer. Verity assumait la charge du premier projet de tunnel commandité par l'OCDE: "The operation of mechanical tunnel-boring machines in Canada" par T.W. Verity (MB IC 256, 1970). Il entreprit également un ensemble d'études concernant le contrôle des terrains avec pulvérisation de béton: "Ground support with sprayed concrete in Canadian underground mines" (MB IC 258, 1971).

Dubnie avait une expérience antérieure considérable dans le domaine des explosifs et des forages. Pendant 4 ans, il fit partie du groupe des explosifs et aida Darling dans un ou deux projets: "The proposed method for measuring noxious gases from explosives" par A. Dubnie et J.A. Darling, (MR Int Rep 70/89). Il travailla également avec Gyenge sur les forages (voir références précédentes). Il étudia les problèmes miniers dans le nord, particulièrement les opérations dans le pergélisol (MB TB 148, 1972). Il effectua



A. Dubnie



A.L. Job

conjointement avec W.A. Gow et H.H. McCreedy de la Division de métallurgie extractive une étude sur la lixiviation bactérielle sur place à Agnew Lake, Ontario. Coates et Dubnie publièrent un rapport interne sur la technologie minière au Canada en 1967. Dubnie passa à la publication de bulletins techniques sur le même sujet pour 1972-1973 "Mining technology in 1972" (MB TB 180, 1973) avec le rapport associé "Mining technology - statistics 1972 and 1973 developments" (MB TB 188, 1974). Dubnie publia également un examen complet des opérations d'extraction à ciel ouvert: "Surface Mining practice in Canada" (MB IC 292, 1972). Il entreprit une réévaluation détaillée des ressources de minerais radioactifs en 1975, mais succomba à la maladie qu'il avait vaillamment bravée pendant plusieurs années.

Le point de vue de Job était très vaste, comme on le verra par des exemples de divers rapports publiés par lui: "Transport of solids in pipelines with special reference to mineral ores, concentrates and unconsolidated deposits - a literature survey" par A.L. Job (MB IC 230, 1969); et pour les rapports internes: opérations minières marines (70/59) éclairage des mines (70-110), bibliographie sur le bruit et l'éclairage (72-43), bruits dans les mines (72-101); productivité et coûts des mines de charbon en relation avec l'épaisseur, l'inclinaison et le faillage des veines (compte-rendu de la littérature 73-64); bibliographie de l'exploitation minière marine (73-104); incidences de l'exploitation minière des nodules marins - quelle sera la nation la plus affectée? (73-164); accidents mortels et emploi dans l'industrie minière canadienne et certaines autres industries, 1960-71 (74-21); recensement des index de coûts publiés et des coûts de machinerie/équipement applicables à l'industrie minière canadienne (74-120); valeurs passées et prévisions pour l'emploi, la production et la productivité dans l'industrie minière canadienne, 1945-2000 (74-23); utilisation des terrains dans l'industrie minière canadienne (75-2) et production de chaleur et explosion de poussières dans les exploitations de minerais sulfurés (75-35). Job remplaça Welwood comme agent d'information minière à la Division d'information technologique en 1975.

La Direction des mines pratiqua l'échange d'information et de personnel avec l'extérieur du Canada pendant toute son histoire, mais particulièrement après la deuxième guerre mondiale. Avec l'inauguration du programme de recherches minières en 1951, la Division des combustibles s'intéressait aux expériences françaises et soviétiques dans le domaine des outbursts et des bumps, qui se produisaient dans les mines de charbon de ces pays, et on demanda des renseignements pertinents à la France et l'URSS. Les rapports publiés dans d'autres langues étaient également intéressants pour la section de recherches minières: Suédois, en raison des progrès en mécanique des roches dures, comparables à celles du Canada; Polonais, en raison du contrôle des subsidences dans

l'exploitation des veines épaisses dans les régions urbaines, et de la modernisation de l'entreprise charbonnière; Japonais - exploitation minière sous-marine et exploitation hydraulique. Les textes du Bureau des traductions étaient littéraires, et demandaient un temps considérable. A l'arrivée du Docteur H. Frisch à la Direction des mines en 1960, on put accélérer le système: il parcourait les documents avec l'aide du personnel technique, particulièrement Casey et Vary. Ceci s'appliquait particulièrement aux activités minières, mais on prêtait également assistance aux autres divisions, particulièrement celle du traitement des minéraux.

En 1965, un accord de cinq ans fut signé par le Docteur Harrison au nom du ministère, et par le Docteur A.M. Samarin, vice-président du comité de l'URSS sur la coordination de la recherche scientifique, dans les domaines d'intérêt technologique mutuel. Il s'agissait apparemment du premier accord de ce genre depuis l'accord scientifique du CNR quelques années auparavant. Les sujets sur lesquels portaient l'échange d'information et les visites de laboratoires et d'installations industrielles étaient les suivants: extraction minière, traitement des minéraux, charbon et matériaux structuraux. Au cours des dix années suivantes environ, dans la période 1967-1972, il y eut beaucoup de visites et d'échanges, principalement de la part des Soviétiques. Le Docteur I. Slowikowski entra à la Direction des mines en 1968 et participa aux travaux de surveillance et examen de la littérature, ainsi qu'aux visites d'échanges. Le Docteur Frisch mourut subitement en 1970. Après sa brève expérience des disciplines de la Direction, le Docteur Slowikowski fit preuve d'aptitude



Visite d'un groupe de la Direction des Mines à l'Institut Skachinsky de Moscou, 1972. Irena Slowikowski, T.S. Cochrane, A.S. Romaniuk et le Docteur A.V. Dokoukin, directeur de l'Institut

considérable non seulement à la traduction mais aux tâches plus difficiles de l'interprétation, et accompagna un certain nombre de missions en URSS. Il n'eut pas d'extension du premier accord du ministère, et les échanges suivants furent arrangés par le ministère de l'industrie et du commerce, dans le cadre du groupe ad hoc sur les métaux non-ferreux de la Commission Mixte Canada/Union Soviétique pour l'application industrielle de la science et de la technologie.

Convey était le président canadien de ce groupe, jusqu'à son départ de la Direction en 1973, pour devenir conseiller ministériel supérieur pour la métallurgie; Vic Haw prit sa place. On avait espéré qu'en plus des visites d'échanges on pourrait développer progressivement un échange continu d'information avec les organisations de recherche pertinentes de l'Union Soviétique et d'autres pays "socialistes", mais cet objectif n'a été jusqu'ici réalisé que partiellement.

Bibliothèques

La bibliothèque resta au 40, rue Lydia sous la direction administrative du chef de la Division des ressources minérales jusqu'au passage en 1956 de la division sous la responsabilité du directeur général des services scientifiques, qui était le Docteur G.S. Hume. La librairie fut alors divisée entre la Division et la Direction des mines - tous documents concernant les ressources, y compris l'inventaire minéral, furent affectés à la Division des ressources minérales, alors que les livres et les documents de référence concernant la recherche et le développement dans les sciences et le génie restèrent à la Direction des mines. La Division des ressources minérales resta au 40, rue Lydia jusqu'en 1959, date d'achèvement de l'édifice du quartier général à 588, rue Booth.

Madeleine Saulter (1930-1963), bibliothécaire en chef, et Marjorie Rice (1940-1968), avec un personnel de 5 employés, assumèrent la tâche de déménager la bibliothèque au 555, rue Booth en 1958, avec l'aide de la Division des services techniques. Les installations offertes dans le nouvel édifice étaient les meilleures de toute l'histoire de la bibliothèque, avec environ 10 000 pieds carrés d'espace, comportant des rayonnages pour les périodiques. Toutefois, l'espace d'entreposage s'avéra rapidement insuffisant, et il fallut installer des rayonnages au sous-sol.

On établit dans la Division de métallurgie physique une succursale de la bibliothèque sous la responsabilité d'un commis littéraire, Béatrice Cain (1953-1973), remplacée plus tard par Rena Mills (1948-). A partir des années 60, on installa des petites bibliothèques satellites, sous la responsabilité du personnel technique, et desservies par la bibliothèque d'Ottawa, au Laboratoire de recherche minière d'Elliot Lake, au Laboratoire régional de

l'ouest (préparation du charbon) à Edmonton, et plus tard au Bureau des mines de l'ouest à Calgary.

Jusque vers la fin des années 60, il y avait une pénurie chronique de bibliothécaires professionnels; à cette époque, cette nouvelle discipline universitaire produisit un nombre suffisant de diplômés. La pénurie était dû en partie à l'augmentation soudaine de la demande de bibliothécaires pour les nouvelles universités et institutions d'après guerre. Au cours de cette période, le personnel permanent, à l'exclusion des postes d'été à la bibliothèque, était de 7, dont 4 étaient des bibliothécaires professionnels. L'effectif restait donc le même que dans les années 50. Il n'y eut pas de bibliothécaire de référence pendant près de 12 ans, de 1958 jusqu'à la nomination de Krizstina Nagy en 1970. La situation de la bibliothèque en 1962 fut décrite dans un article de F.T. Rabbitts, qui remplissait officieusement le rôle de représentant bibliothécaire au comité consultatif sur les besoins de la bibliothèque: "The Mines Branch Library" par F.T. Rabbitts (CIM Bull, pp. 228-290, avril 1962).

En 1962, la bibliothèque comportait environ 65 000 volumes, y compris les manuels et périodiques reliés, mais à l'exclusion des rapports et documents divers. A cette date, la bibliothèque était abonnée à environ 700 périodiques. En 1975, il y avait plus de 100 000 volumes, et les abonnements aux périodiques avaient presque doublé (1 400). Dans le catalogage, on envisageait de passer au système de classification de la Bibliothèque du Congrès. Toutefois, ce changement aurait causé des perturbations considérables; par



P.E. Hughes et J.A. Vézina travaillant dans la bibliothèque de la Direction des Mines (Photo - Andrews-Hunt)

conséquent, on poursuivit l'adaptation du système décimal de Dewey.

A la fin des années 60, le nouveau Science Council of Canada accordait une importance considérable à la question générale de l'information technique et scientifique. Dans son rapport numéro 6, intitulé "A Policy for scientific and technical information dissemination", septembre 1969, le Conseil appuyait le principe selon lequel "tout service d'information doit être fondé sur l'expertise courante, et l'objectif doit être de relier ces services pour former un réseau de systèmes à contrôle décentralisé". De plus, l'opinion du conseil était que la notion "d'utilisation optimale des systèmes d'information" impliquerait en outre "des collections d'information spécialisée mises au point par les groupes de pointe dans un domaine ou une discipline particuliers, qui présenterait beaucoup plus de valeur que des collections centralisées regroupées dans un emplacement éloigné de l'activité principale concernée. De ce point de vue, la bibliothèque de la Direction des mines était entièrement appuyée par la National Science Library (CNR) dont le nom fut plus tard changé en Institut Canadien de l'information scientifique et technique. Le Centre d'information



Gloria Peckham



Krizstina Nagy

minière, étendu plus tard à tous les domaines technologiques applicables aux industries des minéraux et des métaux, fut constitué en une entité distincte de la bibliothèque, mais entretenant des relations étroites avec elle. Il y a lieu d'observer brièvement que le Centre d'information était considéré comme un groupe d'interprétation de l'information, exigeant des points de vue sur l'état d'avancement de la technologie et des énoncés explicatifs, alors que la bibliothèque était une réserve équipée pour le dépistage d'information à partir de sources diverses, y compris le système de prêt inter-bibliothèques.

Deux des bibliothécaires de longue date, Madeleine Saulter, qui prit sa retraite en 1963 après 33 ans de service, et Marjorie Rice qui démissionna en 1968 après 28 ans de service, donnèrent toutes deux le meilleur d'elles-mêmes dans les plus difficiles années de transition. Gloria M. Peckham entra à la bibliothèque, l'une des bibliothécaires spécialement formées, en 1963, et devint bibliothécaire en chef en 1968. Avec ses associés, elle travailla fort à relever la stature nationale de la bibliothèque dans les sujets pertinents à la Direction des mines. En 1975, il y avait quatre postes établis de bibliothécaires, le même nombre qu'en 1955. Toutefois, le nombre de postes de commis était passé à huit, pour un total de douze employés. En plus de la bibliothécaire en chef, il y avait Krizstina Nagy (1970-) et J. Ho (1971-), responsable du catalogage, aidé par Mme Arlie Hobson (1967-).

La bibliothèque fut intégrée à la Division d'information technologique en 1975.

Édition

L'édition et la production de rapports et articles scientifiques resta un point faible de la Direction, malgré les efforts d'un personnel dévoué, mais insuffisant en nombre; Marian Thompson (1955-1967) et Dorothy E. Derouin (1967-1975) assurèrent la supervision efficace de la reproduction en offset à partir de textes dactylographiés prêts à la reproduction. La situation empira lorsque la Division des ressources minérales fut séparée de la Direction, parce que les services de dactylographie et les ressources d'édition avaient été assurés par cette division. Incidemment, la Division des ressources minérales conserva sa rapidité traditionnelle dans le traitement des rapports.

Comme on l'a mentionné plus tôt dans ce chapitre, la plupart des publications autres que les monographies et volumes spéciaux étaient éditées par Shannon, travailleur méticuleux. Shannon démontra son énergie en obtenant un B.A. en anglais à l'université Carleton en 1956, pour passer ensuite à un diplôme en administration publique, pour lequel son essai final fut "Evolving the first Canadian Department of Mines, 1907" (March 14, 1959).

Comme la responsabilité de tous les rapports et articles scientifiques de la Direction des mines revenait essentiellement au directeur de la Direction, son bureau devait en autoriser la publication. Cette tâche revint à Wilbert Norrish, qui avait été transféré du quartier général du Bureau des mines en 1947, lorsque les projets de recherches minérales de temps de guerre furent transférés du quartier général de la Direction des mines et de la géologie. Norrish fit preuve de beaucoup de diligence dans ce travail, comme dans toutes ses activités, par exemple la distribution du courrier avec Nola Ferguson, et la participation, au nom du directeur, à diverses rencontres de type administratif. Après la décentralisation de la Direction des mines, la distribution du courrier exigeait une attention considérable, et Nola Ferguson s'acquitta extrêmement bien de cette tâche après la retraite de Norrish en 1962. Au mois de mai de cette année, Norrish avait accompli 50 années de service au gouvernement, dont 26 au Bureau des mines et à la Direction des mines et 24 au ministère de l'intérieur, comme arpenteur. Etant donné cette carrière remarquable, le Docteur Convey lui demanda, à titre de contemporain de Sid Ells, de rédiger une préface biographique à l'ouvrage d'Ells "Recollection on the development of the Athabasca oil sands" (MB IC 139, 1962). Incidemment, Ernie Martindale avait été également arpenteur au ministère de l'intérieur, mais il était plus âgé que Norrish et prit sa retraite en 1953.

Rabbitts revint à la Direction des mines en 1961, et succéda à Norrish en 1962 comme assistant exécutif du directeur. En plus des tâches d'édition, Rabbitts s'intéressait, comme on l'a mentionné plus tôt, aux divers aspects du domaine de l'information technique, et à partir du milieu des années 60 aux nouvelles tendances de la politique gouvernementale quant à la gestion des programmes. Il prit personnellement l'initiative de suivre un cours de comptabilité industrielle, le premier dans la Direction à faire un effort pour assurer la responsabilité financière dans les programmes de recherche et développement. Sur ce point, on a mentionné plus tôt que la Division des services techniques avait lancé un système d'établissement de coûts. Rabbitts publia sa thèse "Cost and managerial control in research and development - a review" (Admin Rep AD 67-3).

Le président du comité d'édition de la Direction était T.H. Hawkins. On revisait de temps en temps un guide utilisé par les auteurs pour la préparation des communications de la Direction des mines, et la dernière révision, la cinquième, parut en 1970 (Report ADM 70-2). Pour réduire les délais dans la transmission des rapports de la division à l'industrie, un programme de formation au langage de l'édition fut présenté par A. Willis, agent de formation de la section Développement et Formation de la Direction du Personnel et de l'Organisation du ministère, au cours des années 68-69 et 69-70. La première année, il y eut 9 participants,



Récipiendaires de la broche des 25 années de services aux services administratifs; de gauche à droite: E.A. Rabbitts, D. Livie, Dorothy Derouin, John Convey

dont 6 poursuivirent le cours dans la deuxième année.

En 1972, Rabbitts fut transféré au centre de réduction des métaux et de l'énergie, comme coordonnateur des programmes pour le Docteur J.H. Walsh qui était gérant du centre. K.M. Brown remplaça Rabbitts dans les tâches d'édition, jusqu'à sa retraite en 1970. Chris Mamen, ingénieur des mines, riche d'une expérience considérable dans l'industrie, suivie de 19 ans au poste d'éditeur du Canadian Mining Journal, fut nommé chef de la section d'édition et publication en 1974. En 1975, son groupe fut intégré à la Division d'information technologique.

Administration

Le personnel administratif de la Direction des mines resta essentiellement le même pendant la période où le Docteur Convey fut directeur, pendant presque toute la période du Ministère des Mines et Relevés techniques, et une partie de la période du Ministère de l'Énergie, des mines et des ressources.

Nola Ferguson, qui avait commencé en 1948 comme secrétaire sous C.S. Parsons, resta pendant toute la période du directorat du Docteur Convey, jusqu'en 1973, et continua avec le Docteur Coates, lorsque celui-ci devint directeur; elle possède les importantes qualités de loyauté, discrétion et compétence. T.H. Hawkins fut nommé agent administratif de la Direction en 1951, succédant à Heatherington (1935-1950). Par nature,

Hawkins était un homme courtois et coopératif, qui acceptait le statut d'autonomie que le directeur accordait aux divisions. Il fut très précieux pour les importants travaux d'organisation du Commonwealth Mining and Metallurgical Congress en 1957 au Canada. D.M. Livie, après une carrière dans l'armée avant la guerre et pendant la guerre, entra à la Direction des mines en 1947, pour commencer à la Division des ressources minérales, et devint ensuite adjoint d'administration dans la Division de métallurgie physique en 1948. Il fut transféré au bureau de direction comme agent adjoint d'administration et de finances en 1954. Il assura une bonne direction des affaires financières et intérieures de la direction, devant faire face à plusieurs changements de procédures financières, particulièrement vers la fin de sa carrière. Il remplaça Hawkins à sa retraite en 1970 comme agent d'administration en chef de la direction. M.J.B. Bradley entra à la Direction en 1949 comme commis responsable des fichiers confidentiels de l'administration, avec A.D. Mayotte (1949-1961) et H.N. Pickford (1949-1966). En 1954, il fut nommé agent administratif de la Division de métallurgie physique. On connaît sa personnalité agréable et serviable. Bradley se joignit à Livie en 1970 comme agent d'administration adjoint, et fut remplacé par R. Reardon (1968 -). En 1974, Livie prit sa retraite, et le poste fut subdivisé en administration et finance, tandis que Bradley devenait l'agent d'administration en chef.

J.E.H. Bowles, frère de K.W. Bowles, (tous deux petits-fils du Docteur Haanel) fut employé au Bureau des mines et à la Direction des mines de 1946 à 1957. Il était entré à la Direction des mines et de la géologie du Ministère des Mines et des Ressources en 1936; il y était responsable de la distribution des cartes et des rapports. En 1940, il entra à la RCAF, pour servir au Canada et outremer. En 1946, il revint au ministère dans la Division des ressources minérales, occupant le poste laissé vide dans la section d'économie après la retraite de J.M. Casey. Jeff Bowles fut nommé agent de personnel du Bureau en 1948, et resta à ce poste jusqu'à 1955. A ce moment, le nombre des



M.J.B. Bradley



J.E.H. Bowles

innovations dans la Direction exigeait un poste d'agent des brevets à temps plein. J. Bowles fut nommé à ce poste, qui fut transféré au quartier général du ministère en 1957. Il établit des relations de travail étroites avec la Société canadienne des brevets et d'exploitation (SCBE), et entra à cette compagnie en 1966, tout en conservant un bureau de liaison au ministère. Il acheva sa carrière variée en 1972.

Betty Macfarlane (1937-1972), qui devint plus tard Mme W. Hutchings, remplaça Bowles comme agent de personnel en 1955, et conserva ce rôle jusqu'en 1968, date à laquelle la section du personnel fut centralisée dans la Direction du personnel et de l'organisation, unité du quartier général responsable des agents de personnel des Directions; les premiers agents nommés à la Direction des mines furent J.A. Payne et L.F. Matheson. Pendant la période où elle était agent de personnel, Betty Hutchings fit preuve de son souci du bien-être des employés, en aidant ceux qui avaient des difficultés.

Etant donné les activités de la Direction dans des domaines de type classifié au gouvernement et de nature confidentielle dans l'industrie, on décida de nommer un agent de la sûreté. En 1958, on nomma à ce poste P.E. Hughes, ancien agent de la G.R.C. Pendant son service de 1958 à 1975, il n'y eut pas d'incident dans ce domaine. Il assumait ses fonctions de manière consciencieuse et discrète. Plus tard, ses fonctions furent étendues aux mesures préventives de sécurité, et il coopéra étroitement avec les comités de la sécurité des divisions. La G.R.C. pouvait être fière de cet agent.

"Retombées" de la recherche

Les vingt années environ couvertes par le récit du chapitre 6 produisirent des efforts longs et soutenus de recherche et développement, et sans doute les plus importantes retombées directes ou indirectes de la recherche dans l'histoire de la Direction des

mines. Ces travaux de recherche et développement furent communiqués non seulement par les rapports officiels ou officieux, mais également par les dialogues non enregistrés qui eurent lieu entre le personnel de recherche, d'autres spécialistes et leurs associés, et tous les ingénieurs et chercheurs du Canada et d'autres pays qui visitaient constamment la Direction.

Au début de la période d'après guerre, on prêta assistance au tiers-monde, pour la recherche et le développement, dans le plan de Colombo. La Direction reçut un certain nombre de stagiaires de recherche dans le cadre de ce plan. Le CNR avait organisé un plan généreux de fellowships de recherche post-doctorale, à partir de 1948 dans ses propres laboratoires, et à partir de l'année fiscale 1956-57 dans les laboratoires du ministère des Mines et Relevés techniques et autres ministères concernant les ressources. Ce système présentait des avantages dans les deux sens.

Un nombre croissant d'échanges eut lieu avec des organisations de recherche du monde occidental, et à partir des années 60 avec certaines organisations du bloc de l'est. Nos homologues des Etats-Unis firent preuve d'une générosité spéciale quant au temps et aux installations.

Le Docteur Convey s'adressait constamment à diverses audiences, parlant de l'avantage d'accroître la recherche au Canada. Il effectua, particulièrement avec Haw, une analyse complète des activités de recherche et développement dans les industries des minéraux et des métaux au Canada, comme on l'a déjà mentionné. Le dernier des rapports de recherche appliquée préparés pour le National Productivity Council, qui fut le prédécesseur du Conseil économique du Canada, portait sur les associations de recherche au Royaume-Uni, sujet introduit pour la première fois au Canada lorsque le CNR fut formé après la première guerre mondiale: "A study of cooperative research in the United Kingdom and its application to Canadian conditions" par John Convey et V.A. Haw, rapport au National Productivity Council (Applied Research Report NPC-4, Direction des mines, octobre 1963).

L'Association canadienne des recherches sur la carbonisation, formée en 1965, se rapprochait sans doute le plus par son style des associations de recherche britanniques. On peut attribuer son succès constant au degré de participation des représentants des compagnies membres à son administration technique.

L'aide aux universités consista d'abord à fournir des emplois d'été, non seulement aux étudiants sous-gradués, mais également aux étudiants gradués et au personnel enseignant dans les laboratoires et sur le terrain. On commença de manière informelle en 1962 à accorder des subventions de recherche universitaire, dont \$10 000 pour des projets de mécanique des roches. Le Canadian Advisory Council on Rock Mechanics (CACRM) fut formé en 1963, avec pour premier président Coates,

et pour premier secrétaire Haw. Le comité offrit également ses conseils sur les subventions jusqu'en 1969, avec une distribution de \$450 000 au total. Le deuxième bénéficiaire fut le traitement des minéraux, commençant en 1963 avec \$10 000. Un comité de la division du traitement des minéraux présentait au directeur des recommandations de subventions. En 1963, les subventions portant sur les deux disciplines dépassaient \$100 000 par an. Il y a lieu de noter entre parenthèses qu'aucune université canadienne ne présenta de demande de subventions pour la recherche sur les combustibles fossiles, domaine de faiblesse dans l'expertise canadienne. A partir de 1969, la distribution des subventions fut effectuée par un comité du National Advisory Committee on Mining and Metallurgical Research (NACMMR). Le programme de subventions pour la géologie et les sciences géologiques entra en vigueur en 1951, administré par la Commission géologique; un certain nombre de géologues externes, venant principalement du monde académique, participaient au comité. Dans le cas de la Direction des mines, le Docteur Convey favorisait l'idée d'un petit groupe d'industriels; toutefois, ce n'est pas ce qui se produisit. Vic Haw effectua beaucoup de travaux préparatoires difficiles, et fut nommé secrétaire du NACMMR, qui avait au départ trois objectifs principaux: la coordination de la recherche minière et métallurgique au Canada, des conseils sur la recherche à l'intérieur de la Direction des mines, et l'administration des subventions aux universités. Le sous-ministre fut nommé président, et le directeur vice-président. L'effectif au départ était de 21 membres représentant l'industrie, les universités, les organismes fédéraux et provinciaux, avec deux membres sans affiliation; la première rencontre eut lieu en 1968. Le premier objectif, savoir la coordination de la recherche au Canada, fut difficile à réaliser, et l'effectif du comité était sans doute trop élevé. On obtint plus tard de meilleurs résultats par l'intermédiaire de sous-comités. La difficulté principale était sans doute le nombre d'industries représentées et la portée énorme des travaux de recherche et développement de la Direction des mines.

Des universités particulières demandèrent à bénéficier de l'expertise du directeur et de certains agents de la direction, et on leur demanda de participer au comité consultatif des universités, ou d'assumer des postes d'enseignement à temps partiel dans leur domaine de spécialité. De plus, le directeur et beaucoup des agents de la direction donnaient constamment des services de conseil à divers organismes gouvernementaux. Parfois, on demandait ces conseils en raison des connaissances spéciales de l'agent en question, par exemple dans le cas où la Banque du Canada désirait profiter des connaissances approfondies du Docteur Gillieson dans le domaine de la spectroscopie; l'Association canadienne des normes, pour le code de sécurité des hôpitaux, demanda l'aide de G.K. Brown, avec sa connaissance du caractère explosif des gaz anesthésiques ou autres. Mais par-dessus tout, les portes de la Direction des mines étaient toujours

ouvertes, pour des discussions libres avec le personnel de recherche, sur les résultats d'un projet de recherches, ou sur un problème scientifique ou technologique. Dans la longue liste de comités techniques auxquels participait le personnel de la Direction des mines, on a une forte proportion d'organisations de normalisation nationales ou internationales, ce qui invitaient la participation de la Direction des mines dans la mise au point de normes, ce qui souvent exigeait une période prolongée de recherches et d'essais en coopération. Le reste des participations aux comités techniques nationaux et internationaux provenaient d'invitations dont l'objectif était de faire usage de l'expertise de membres particuliers du personnel technique de la Direction des mines.

On trouve un point de vue spontané sur la contribution apportée par la Direction des mines à l'industrie dans le rapport numéro 11 du Science Council of Canada: "Background to invention" par Andrew H. Wilson

(étude spéciale numéro 11, Science Council of Canada, 1970). Dans sa discussion des "retombées" provenant des laboratoires fédéraux autres que le CNR, qui fait l'objet d'une discussion séparée, le rapport déclare en page 67 ce qui suit: "la plupart des compagnies visitées étaient actives dans les domaines de science et de génie traités par les laboratoires fédéraux, mais peu d'entre elles avaient fait usage de "retombées" des laboratoires fédéraux sous forme d'idées, d'information ou de matériel, sauf dans la mesure où ces retombées étaient portées à l'attention des particuliers par des contacts personnels".*

* "Si l'on trouve une exception à cette règle, c'est dans la Direction des mines du Ministère de l'Énergie, des mines et des ressources. On note un enthousiasme général pour le travail de cette Direction dans les secteurs de l'industrie qu'elle dessert."



Réceptiendaires de la broche des 25 années de service; de gauche à droite: premier rang - Betty Hutchings, Rena Mills, Nola Ferguson, Margo Muirhead; en arrière, T. Hartley Hawkins, T.W. Wlodek et Phil Hughes.

CHAPITRE 7

PLANIFICATION, PROGRAMMATION ET BUDGET L'ACCENT SUR LA TECHNOLOGIE

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES (1966-)

A la lecture du Chapitre 6, on aura remarqué que l'historique de nombreux projets de recherche et développement a été poursuivi dans les années 1970, alors que l'ère du ministère des Mines et des Relevés techniques s'est terminée en 1966. Ceci est dû en partie au désir d'éviter d'interrompre la description du projet, et en partie au fait que pendant la durée de service du Docteur Conway jusqu'en 1973, il n'y a pas eu de réorganisation fondamentale de la Direction ou de ses programmes, si ce n'est une mise croissante de l'accent, à partir du milieu des années soixante, sur la protection de l'environnement. Il nous faut donc reculer de quelques pas, jusqu'en octobre 1966, moment de la formation du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (voir chapitre 2). Le changement principal était l'identification très claire du Ministère avec le domaine de l'énergie, qui faisait partie de la responsabilité technique des ministères précédents dans le domaine des ressources minérales.

Un extrait du premier Rapport annuel (1966-67), du Ministère de l'Énergie, des mines et des Ressources, concernant les activités du groupe de développement de l'énergie formé dans le Ministère, déclarait que celui-ci "... examinera également les diverses formes et sources d'énergie - charbon, pétrole, gas, hydro-électricité et énergie nucléaire - et s'efforcera

d'assurer une coordination et une mise en oeuvre efficace des politiques de l'énergie. Comme exemple de tels efforts fédéraux dans le domaine de l'électricité, notons la participation, avec les provinces de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick, à l'étude du potentiel marémoteur de la Baie de Fundy; l'accord fédéral-provincial sur le développement énergétique de la rivière Nelson, dans lequel le gouvernement fédéral va construire une ligne de transmission de 600 milles, au coût de \$170 millions, pour la louer à Manitoba Hydro; la participation aux organismes contrôleurs de l'application correcte du Traité du fleuve Columbia; et une étude du projet de réseau de transmission trans-canadien." A l'époque, il n'y avait pas de préoccupation nationale concernant l'imminence des pénuries de pétrole; toutefois, il était heureux qu'il existât au moment de la crise de 1973 un ministère du gouvernement fédéral responsable de l'énergie.

Comme on l'a indiqué ci-dessus, au chapitre 6, l'euphorie du public concernant la prospérité et la croissance du Canada avait cessé vers la fin des années soixante, et la protection de l'environnement devenait une question importante. Les ressources d'eau, bien que renouvelables, furent les premières à être incluses dans la responsabilité du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR). Lorsque le Ministère de l'Environnement fut créé en 1970, toutes les activités de recherche et développement sur l'eau en tant que ressource, y compris les sciences de la mer, furent

transférées au nouveau ministère, à l'exception de l'utilisation de l'eau dans le développement hydro-électrique, qui restait sous la responsabilité du secteur de l'énergie de EMR.

L'accent était mis sur la technologie plutôt que sur la science, et cette technologie devait être développée dans le contexte de la responsabilité sociale, visant à minimiser les effets destructeurs ou négatifs sur l'environnement. Des programmes furent lancés dans tous les ministères du gouvernement, pour définir leurs objectifs et responsabilités de manière très claire, ainsi que pour introduire des concepts de non-permanence et de priorités dans les programmes et les projets. En ce qui concerne EMR, trois programmes furent mis au point: programme des ressources minérales et énergétiques (PRME), programme des sciences de la terre (PST) et programme d'administration. La mission et les objectifs de la Direction des Mines étaient déterminés par PRME, qui reste en place. La rédaction et la révision des objectifs principaux et subsidiaires constituaient une activité importante. Au début, PRME constituait un programme unique mais après 1975, il fut reconnu que les modes d'utilisation des deux groupes de ressources étaient extrêmement différents, et justifiaient des objectifs distincts, bien que parallèles. L'objectif actuel en ce qui concerne l'énergie est le suivant: "Assurer la disponibilité et promouvoir l'efficacité des ressources énergétiques au Canada, avec considérations appropriées des objectifs sociaux et économiques"; pour les minéraux, les mêmes termes sont applicables, avec substitution de "ressources minérales" à "ressources énergétiques".

Des examens annuels des programmes furent lancés, permettant d'évaluer l'efficacité des projets et de les arranger en ordre de priorité. Parmi les chefs de division, c'est Haw qui montra le plus grand intérêt, et fournit l'aide la plus importante au Directeur, qui avait la charge de transformer la multiplicité de programmes et projets informels en un nouveau système de programmes. Rabbitts apporta également une aide précieuse, et prépara plusieurs rapports sur les programmes de la Direction des Mines pour le Comité consultatif national sur la recherche minière et métallurgique (NACMMR) ainsi qu'une analyse détaillée des activités, pour les examens de programmes.

A ce moment, les cadres supérieurs de certains ministères ressentirent le besoin d'améliorer les aptitudes de gestion. En conséquence, un programme d'élaboration de grilles de gestion fut adopté des Etats-Unis, et un grand nombre de cadres supérieurs y participèrent. Le gouvernement, peut-être préoccupé par les déclarations du "Club de Rome" et peut-être intéressé à évaluer la place de la science dans la nation, créa le Conseil des Sciences du Canada, à partir de l'ancien Secrétariat des Sciences du Conseil Privé. Il nomma également en 1967 un Comité spécial du Sénat sur la politique scientifique, sous la présidence du Sénateur Maurice Lamontagne. Ce comité resta en

fonction pendant plusieurs années.

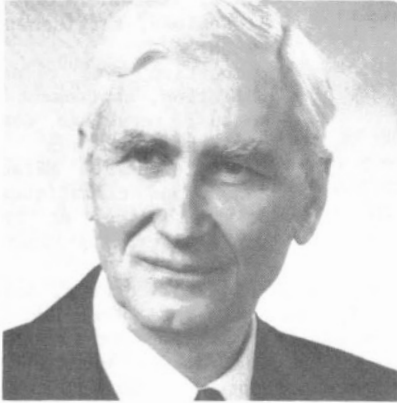
En 1970, avec E.R. Mitchell comme modérateur, on reprit les séminaires de la Direction sur l'amélioration de l'Environnement, qui permettaient des rapports sur les recherches effectuées dans ce domaine par les division composantes de la Direction des Mines. Il y eut quatre séminaires de ce genre, jusqu'à 1973. Un cinquième séminaire, sur le thème "Economie des ressources" n'eut pas lieu, mais le rapport fut distribué pour assurer la continuité, tant pour les intéressés dans la Direction que pour les organismes provinciaux (Rapport Adm-74-1).

Le NACMMR suggéra d'entreprendre un rapport factuel sur le contrôle de l'environnement dans les industries minière et métallurgique. Le Docteur Conway accepta d'apporter son assistance, et Rabbitts fut chargé d'un petit groupe de travail composé de lui-même, Banks, Sirois et Stevens, dont la tâche était de recueillir les renseignements pertinents. La réaction de l'industrie fut excellente, et un rapport fut publié en janvier 1971. On découvrit ainsi un fait intéressant, à savoir que la superficie des terrains perturbés par les activités minières était estimée à 130 000 acres seulement, dont une portion était déjà réhabilitée. Les terres agricoles du Canada représentaient environ 172 millions d'acres, et la superficie perturbée par les voies de communications routières représentait en viron 30 millions d'acres, sur une superficie totale des terres du Canada représentant 2280 millions d'acres: voir "Environmental control in the mining and metallurgical industries in Canada", par F.T. Rabbitts, G.N. Banks, L.L. Sirois et C.S. Stevens (Rapport spécial de la Direction des Mines sur une enquête exécutée au profit de NACMMR, Direction des Mines, janvier 1971).

Changements d'organisation

En 1967, la Division des Carburants et des Pratiques minières a été divisée en deux centres; le Centre de recherches sur les carburants, avec pour chef le Docteur D.S. Montgomery, et le Centre de recherches minières, avec pour chef le Docteur D.F. Coates. Ce changement avait été prévu lorsque l'ancienne Division des carburants devint la Division des Carburants et des Pratiques minières en 1959, en raison de la nature différente des disciplines dans les deux domaines. Reynolds prit sa retraite en 1971, après 36 ans de service, et fut remplacé comme agent d'administration par G. Mann, ancien combattant de la RCAF. E.C. Tupper, qui était entré à la Direction des Mines en 1958, passa quelques années à l'Institut de Bedford, mais revint en 1966, et fut nommé agent d'administration au nouveau Centre de recherches minières en 1967.

Ignatieff fut nommé au poste nouvellement créé de Directeur adjoint. Ce poste, ainsi que plusieurs autres dans la Direction, faisait partie de la nouvelle classe



D.S. Montgomery



D.F. Coates



J.H. Walsh

de gérant de recherche. En octobre 1969, un autre centre fut créé, combinant l'énergie et les métaux, sous le nom de Centre de réduction des métaux et de l'énergie, avec pour gérant le Dr G.H. Walsh et pour agent d'administration D.J. McIntyre. Cette notion remettait en vigueur les efforts dans le domaine du traitement métallurgique primaire, entrepris tout au début par Haanel, et avant la deuxième guerre mondiale par Hardy; ces efforts avaient été arrêtés en raison de l'énorme investissement en métallurgie physique et de la priorité importante qui lui était accordée pendant la deuxième guerre mondiale. En fait, le Directeur désirait une recherche plus importante sur la métallurgie primaire des métaux ferreux, mais cet effort, pour diverses raisons, vit son lancement retardé.

Le Centre de l'énergie et de la réduction des métaux était composé de trois groupes: le Laboratoire régional de l'Ouest à Edmonton pour la préparation du charbon et, plus tard, grâce à l'addition d'un four à

coke à paroi mobile chauffé au gaz, - don de la Société Algoma, - pour des tests de carbonisation à l'échelle technique; le groupe du Génie des carburants métallurgiques dans l'Edifice 2 du complexe de Bells Corners, et le groupe de pyrométallurgie de la Division de la Métallurgie extractive. Ce dernier devait être transféré à Bells Corners, mais finalement ceci ne s'est pas produit.

On accordait une importance plus grande à la partie carburants, en raison de l'énorme engagement de personnel et d'installation pour l'évaluation des ressources canadiennes en charbon, et de la réalisation du coût énergétique important dans la réduction des minerais métalliques. Ce centre fut maintenu sous forme de groupe séparé jusqu'en juillet 1974, date à laquelle Walsh fut nommé conseiller scientifique au Sous-ministre adjoint du Secteur de la Science et de la Technologie.

Il se produisit d'autres petits changements dans la Direction des Mines au cours du début des années 70. Dans la Division de la Métallurgie extractive, en 1971, Gow fut nommé chef adjoint, et H.A. McCreedy chef de la Section d'Hydrométallurgie. Au cours de l'année suivante, 1972, la section fut divisée en deux parties: Traitement des minerais et Traitement des solutions, avec G.M. Ritcey, qui entra à la Division métallurgique en 1967, pour en devenir le chef. Le Docteur Ingraham donna sa démission en 1972, pour occuper un poste au Ministère de l'Environnement. Il fut remplacé par le Docteur A.W. Ashbrook, qui était entré à la section d'Analyse chimique, en 1970.

En 1971, le Docteur R.L. Cunningham fut transféré de la division de Métallurgie physique à la division des Sciences minérales, dont il devint le chef en 1972. Ignatieff prit sa retraite en 1972, et fut remplacé par Vic Haw comme directeur adjoint.

Le Docteur K.W. Downes et H.M. Woodrooffe prirent leur retraite en décembre 1974, après 27 et 28 années de service respectivement à la Direction des Mines. Le Docteur Conway, comme on l'a noté au début du chapitre 6, détenait, avec 22 ans de 1951 à 1973, le record de durée de service à la tête de la direction. Il passa un peu plus d'un an au quartier général du ministère comme conseiller supérieur en industrie minière et métallurgique puis prit sa retraite du Ministère en 1975, avec un total de près de 27 ans. Le Docteur Conway fut président général du dixième Congrès du Commonwealth sur l'industrie minière et la métallurgie au Canada en 1974, dont l'organisation technique avait sa base dans les installations de la Direction des Mines. V.A. Haw était responsable du programme technique, le Docteur M.J. Lavigne était secrétaire du Congrès, Patricia Stevenson s'occupait de la publicité et de la liaison, et Chris Mamen de la publication. Conway resta un an de plus pour conclure les affaires administratives du Congrès.

Programme des ressources minières et énergétiques (PRME)

Dans le guide du gouvernement pour la planification, la programmation et le budget, le PRME était placé dans la fonction de développement économique du gouvernement. Incidemment, les ressources minières et énergétiques, comme les autres ressources naturelles du Canada, recevaient le titre approprié de richesses nationales dans plusieurs numéros de "Canada, the Annual Handbook," publié dans les années 60. Le passage d'un rapport purement institutionnel des activités de la Direction des Mines à un rapport formel de programmes commença en 1970: "List of current Mines Branch projects," compilé par F.T. Rabbitts (Rapport ADM 70-4, 1970). Il déclarait que la priorité avait été accordée à l'amélioration de l'environnement (premier Séminaire de la Direction des Mines sur l'environnement tenu en 1970), à la réduction des métaux et à l'énergie (Centre formé en octobre 1969) et à l'information scientifique et technique (Centre d'information sur l'industrie minière formé en 1970). La protection de l'environnement, particulièrement en ce qui concerne la propreté de l'air, était en association plus étroite avec la composante énergétique du PRME qu'avec la composante minérale. On peut donc affirmer que dans cette période initiale, la priorité dans la Direction des Mines était dans l'ensemble accordée à l'énergie. Toutefois, il n'y eut pas de remaniement particulier des ressources jusqu'en 1975 environ. La combinaison des minéraux et de l'énergie causa quelques difficultés administratives quant à l'allocation des fonds; les carburants fossiles étaient indépendants, mais les carburants nucléaires impliquaient tant l'énergie que les minéraux. Le programme interne devait être divisé entre les minéraux et l'énergie. On ne disposait pas de chiffres précis sur le nombre de personnes consacrées aux projets énergétiques. Pendant la durée d'existence de la Division des Carburants et de la Pratique minière, la proportion de personnel engagé dans la recherche sur les carburants était d'environ 20% du personnel total de la Direction; en 1975, il avait dépassé 25%, et une partie de ce changement de personnel et de fonds se produisit entre 1973 et 1975. De plus, une proportion plus importante des contrats externes, particulièrement après 1975, fut consacrée aux projets énergétiques. Entre 1973 et 1975, la Direction se transforma en un système de matriciel pour la gestion des programmes, comme on l'indiquera plus tard.

Le PRME était divisé en trois domaines principaux d'activités:

- Approvisionnement - ceci incluait l'évaluation de la qualité des réserves, la récupération ou l'exploitabilité des minéraux, et la technologie concernant le processus minéraux, et la technologie concernant le processus d'extraction.
- Traitement - bénéficiation des minéraux en

masse, concentration des minéraux disséminés, raffinement des hydrocarbures.

Utilisation

- combustion avec réduction de la pollution, traitement primaire des métaux, recyclage des métaux et résidus minéraux industriels, utilisation des métaux dans les conditions climatiques difficiles de l'Arctique, et transport, en particulier pipe-lines.

Comme on l'a mentionné ci-dessus, beaucoup de ces projets ont déjà fait l'objet d'une description, pour assurer la continuité, au chapitre 6. Les projets qui suivent n'ont pas encore été mentionnés, et font l'objet d'un bref rapport dans le contexte des activités du PRME, en deux parties: Énergie et minéraux.

Approvisionnements en énergie

Evaluation des ressources en charbon

Etant donné la reprise de l'industrie du charbon à coke dans l'Ouest, une reprise de la recherche et du développement sur les mines souterraines à long terme fut lancée en 1969. Il fallait aussi une évaluation précise des réserves de lignite de la Saskatchewan, surtout pour les besoins thermoélectriques de la province.

Le Bureau de l'Ouest ouvrit à Calgary en 1969, dans les locaux de l'Institut de Géologie sédimentaire et du pétrole de la Commission géologique; Barron en assumait la responsabilité. Bielenstein et Grant y furent transférés de Elliot Lake, et S.R. Cook du Laboratoire de mécanique des roches d'Ottawa. On s'inspirait d'une perspective à long terme sur l'exploitation des veines épaisses. Les Charbonnages de France offrirent l'occasion d'études détaillées sur les veines épaisses de Lorraine dans le nord-est et de la Loire dans le centre, de 1970 à 1972. Cochrane fit une visite préliminaire en 1970, et Coates y passa un mois en 1971. Ces visites furent suivies d'une étude de trois mois effectuée par un groupe dirigé par Barron et composé des professeurs L. Juteau de l'École Polytechnique, de G. Raymond et de J.M. Couetdic; ce dernier se joignit au groupe en France, et plus tard passa plusieurs mois avec le groupe des mines en Alberta. Les rapports sur ces études sont les suivants: "Underground mining of thick coal seams" par T.S. Cochrane (Trans. CIM, Volume 75, pp. 160-170, 1972). Ce document décrivait divers filons épais dans divers pays du monde; un autre article fut préparé en collaboration avec G. Ellie, ingénieur en chef des mines aux Charbonnages de France: "Three mining methods for vertical, inclined and thick coal seams used in France" par D.F. Coates, T.S. Cochrane et G. Ellie (Trans CIM, Volume 75 pp. 96-102, 1972); Barron présenta une analyse détaillée de l'extraction en paroi longue des

filons épais et plats du Bassin de Blanzly (Saône-et-Loire) en France: The mining of thick, flat coal seams by a longwall bottom slice with caving and drawing" par K. Barron (MB TB 189, 1974.)

En 1973, le Conseiller des Mines J. Battarel de l'Organisation Sofremines à Paris, passa quelque temps dans l'ouest du Canada, examinant les conditions d'extraction minière à la mine Grande Cache de McIntyre, et aux mines Coleman et Kaiser dans la région de Crowsnest. Tout ce projet se fondait sur l'espoir qu'il serait possible de faire, dans un projet de démonstration conjoint au Canada, l'essai du transfert de la technologie française appropriée aux filons épais, dans le domaine des mines et de la mécanique. Il s'agirait, naturellement, d'une entreprise de coopération avec l'une des mines. Le projet ne fut pas réalisé, car l'industrie était satisfaite de la méthode d'extraction hydraulique relativement peu profonde qui était à l'essai dans la mine Kaiser. On considérait en général qu'il serait possible de remettre à plus tard des entreprises d'extraction profonde, dans la mesure où l'on disposait encore de grandes quantités de charbon à faible profondeur. Battarel présente également un rapport sur l'extraction hydraulique souterraine, et donna des conseils sur les méthodes utilisées en France, pour l'estimation de réserves de charbon susceptibles d'extraction.

Quelques études furent entreprises par le groupe de l'Ouest, principalement par le Dr M.Y. Fisekci (1971-) sur le méthane et les caractéristiques de son émission par le charbon; il y eut également une étude coopérative avec la compagnie Kaiser, lancée plus tard sur la combustion spontanée du charbon dans les mines hydrauliques et à d'autres sites.

Depuis 1972, un programme à financement conjoint a été entrepris par la province de la Saskatchewan et le Canada, pour évaluer la formation charbonnière de Ravenscrag, dans les régions du sud de la Saskatchewan, comme Estevan, Willow Bunch, Wood Mountain et Shaunavon (Cypress). Plusieurs organismes des deux gouvernements ont participé à ce projet important, qui se poursuit encore à la date de rédaction. Le Ministère des Ressources minérales et le Conseil de la Recherche de la Saskatchewan représentaient la Saskatchewan, avec S.H. Whitaker coordinateur du projet. T.E. Tibbetts était chef du projet pour CANMET en ce qui concerne les travaux d'échantillonnage et d'analyse; des géologues de la Commission géologique du Canada, et des représentants du Secteur de l'Energie participèrent au projet pour le Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources. Cette recherche importante impliquait plusieurs centaines de forages, ainsi que l'analyse d'environ 4900 échantillons au laboratoire d'Ottawa par W.J. Montgomery et son équipe: "Quality evaluation of Saskatchewan lignite resources" par T.E. Tibbetts (CIM Bull, octobre 1975). L'évaluation des quantités a été effectuée par des responsables de la Saskatchewan, et leurs résultats suggéraient que les réserves seraient

inférieures à celles estimées précédemment par les services fédéraux. On espérait que l'enquête, une fois achevée, fournirait des données sur les épaisseurs des filons de charbon, les rapports de dénudage, ainsi qu'un index d'exploitation minière, pour identifier les meilleures régions d'extraction.*

En 1974, un arrangement entre le Ministère de l'Expansion économique régionale et le gouvernement de la Nouvelle-Écosse permit le lancement d'un programme conjoint de forage, d'échantillonnage et d'analyse pour les régions de Springhill et Stellarton sur le continent, ainsi que pour la Côte Ouest de l'île du Cap Breton, pour évaluer les réserves de charbon dans ces régions. CANMET était responsable du travail d'échantillonnage et d'analyse, qui fut effectué principalement par D.J. O'Brien du Laboratoire de Point Edward à North Sydney. (Ce laboratoire était en fonction depuis 1964, au début à Glace Bay, puis à North Sydney, principalement pour l'échantillonnage et la préparation d'échantillons de charbon fournis aux installations gouvernementales fédérales). Ces dispositions permettaient d'éviter de transporter de gros échantillons à Ottawa. Le laboratoire était responsable envers T.E. Tibbetts.

Formes du soufre dans le bitume et les huiles lourdes

Les formes du soufre étaient connues pour les fractions légères dérivées du bitume et des huiles lourdes, comme l'essence et le carburant diesel, mais n'étaient pas connues pour les fractions lourdes, par exemple les gas-oils. L'étude des composés de soufre avait une grande importance scientifique, particulièrement en rapport avec l'origine de hydrocarbures de qualité inférieure, en raison des problèmes environnementaux concernant les émissions et épandements de bitume et d'huile à haute teneur en soufre. En conséquence, en 1969 fut lancé un programme de recherche pour l'élaboration de meilleures techniques de chromatographie en phase gazeuse associées de spectrométrie de masse, cette dernière ayant été introduite en 1967 au Centre de recherche sur les carburants. On étudia divers matériaux minéraux pour les besoins du remplissage des colonnes dans la séparation des composés de soufre et des fractions de pétrole. Le chlorure de lithium sur matériaux siliceux se révéla particulièrement efficace dans la séparation des composés de soufre. Il y eut deux rapports de recherche sur cette phase: "Evaluation of lithium chloride-diatomaceous silica systems for gas chromatography of petroleum sulphur compounds" par A.E. George (associé postdoctoral, Centre national de la Recherche, Direction des Mines à partir de 1973)

*Publication conjointe par Saskatchewan et EMR, intitulée "Quality occurrence of coal in southern Saskatchewan, Canada". Vol. 1 par J.H. Dyck, C.T. McKenzie, T.E. Tibbetts et S.H. Whitaker, publiée en 1979. (Disponible au Conseil de la Recherche de la Saskatchewan).

G.T. Smiley (1969 -) et H. Sawatzky (MB RR 249, 1972); "The evaluation of lithium chloride-coated porous silica for gas chromatographic separation of petroleum fractions" par H. Sawatzky, A.E. George et G.T. Smiley (MB RR 260, 1972).

On utilisa une technique de chromatographie en phase gazeuse en deux étapes, sur cinq échantillons de deux pétroles buts lourds et trois échantillons d'épanchement d'huile provenant des naufrages du Arrow et du Irvine Whale au large des Maritimes. Cet essai indiqua que la méthode était appropriée pour l'identification des épanchements de carburant: "A gas liquid-gas solid chromatographic method for the identification of sources of oil pollution" par A.E. George, G.T. Smiley, D.S. Montgomery et H. Sawatzky (MB RR 267, 1973).

Les composés de soufre provenant des fractions de gas-oil étaient dérivés des sables bitumineux de l'Athabasca, des dépôts d'huile lourde de Cold Lake, du champ pétrolifère de Lloydminster, ainsi que d'une huile légère du Crétacé provenant d'un réservoir profond près de Calgary. Les composés de soufre prédominants dans ces fractions de gas-oil étaient des benzo et dibenzo-thiophènes: "Sulphur compounds in oils from the Western Canada tar belt" par D.M. Clugston, A.E. George, D.S. Montgomery, G.T. Smiley et H. Sawatzky (MB RR 279, 1972).

Ces hydrocarbures lourds firent l'objet d'études de maturation thermique, et comparés à l'huile plus légère de Medicine River tirée du réservoir près de Calgary. La maturation thermique croissait dans l'ordre suivant: Athabasca, Cold Lake, Lloydminster, et Medicine River: "Geochemical investigation of oils in the Western Canada tar belt" par D.S. Montgomery, D.M. Clugston, A.E. George, G.T. Smiley et H. Sawatzky (MB RR 270, 1973).

Evaluation des Réserves d'uranium

Un programme urgent de réévaluation des réserves d'uranium, lancé en 1974, commença dans la région de Elliot Lake. Les réserves de minerai furent réévaluées, en fonction des prix mondiaux et de l'augmentation des coûts de production. Welwood, du Centre d'information minière, fut transféré à ce programme, qui avait un caractère ministériel, et faisait intervenir la Commission géologique et le Secteur de la Politique énergétique. Certaines études préliminaires de mécanique des roches furent lancées, portant sur les problèmes qui pouvaient être rencontrés dans la constitution de dépôts souterrains de déchets nucléaires.

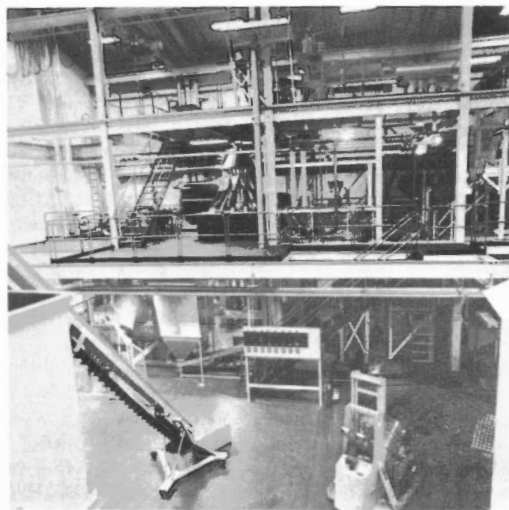
Traitement énergétique

Charbon

En 1972 et 1973 fut exécuté un projet de coopération entre Devco et la Direction des Mines, au moyen d'une installation à cyclone hydraulique compound d'une capacité de 10 tonnes par heure, conçue et construite par Visman et son équipe au laboratoire régional de l'ouest. L'installation fut reconstruite à la nouvelle mine de charbon de Devco à Lingan dans l'île du Cap Breton, et fut en opération pendant plusieurs mois. Ce projet permit de démontrer la possibilité technique de produire un charbon de qualité métallurgique, avec une proportion de soufre ne dépassant pas 1,2%, ainsi qu'un mixte pour les usines thermoélectriques. Les données tirées de l'installation EMR procurèrent des informations importantes sur les caractéristiques de nettoyage du filon Harbour de Lingan, qui devaient être utilisées dans la conception d'une installation à échelle opérationnelle en cours de construction. Une description mise à jour du procédé à cyclone hydraulique compound de EMR fut publiée en 1971: "Coal washery design - I: The EMR process" by J. Visman (MB TB 141, 1971). Au moyen d'ordinateurs électroniques, il fut possible d'évaluer les charges de recirculation dans le système. "Coal washery design II: The computation of recirculating loads" par Jacqueline L. Picard (MB TB 142, 1971). L'application du procédé EMR comme méthode de nettoyage de gros de charbons friables de haute qualité, par étapes, dans une installation qui fonctionnait depuis longtemps, fut décrite dans une communication préparée pour le Sixième Congrès international sur la Préparation à Paris: "Integrated process for beneficiation of friable smalls" par J. Visman et D. Riva (Canmore Mines Ltd.) (Compte rendu du 6ième Congrès international sur la préparation du charbon, communication E6, 1973). J. Visman et Jacqueline L. Picard apportèrent une contribution supplémentaire au domaine des statistiques, sous la forme du "Guide to engineering statistics" (MB IC 233, 1970).

En 1974, grâce à un arrangement avec le Ministère des Mines de la Nouvelle-Ecosse, une installation faisant usage de cyclones du type EMR fut établie à Stellarton, Nouvelle Ecosse pour récupérer le charbon dans les rebuts des vieilles installations de lavage, le contenu de charbon thermique étant estimé à environ \$2,5 millions. En 1975, on avait réalisé le traitement de 125 000 tonnes de matériaux de rebut, récupérant ainsi 5000 tonnes de charbon vendable.

Le nettoyage des lignites provenant de régions à forte teneur en argile fit l'objet d'une étude, qui montra qu'une combinaison de débouage et de séparation par gravité avec les cyclones hydrauliques compound



Hydrocyclone compound, 10 tonnes par heure (procédé EMR), Laboratoire Régional de l'Ouest, Edmonton

pourrait donner un produit de qualité thermique satisfaisante. La recherche effectuée sur les lignites avait pour but de surmonter un inconvénient important de ce type de charbon, dû à sa forte teneur en sodium, qui réduisait la température de fusion des cendres. En ajoutant du chlorure de calcium à la pâte soumise au lavage, on pouvait retirer environ la moitié du sodium, ce qui augmentait d'environ 200°F la température de fusion. Un brevet canadien sur "Procédé pour le traitement de la lignite et charbons de basse qualité semblables," fut octroyé à van Cruyningen, Visman, Charbonnier et Walsh. La mise au point d'un procédé de clarification ayant pour but de réduire la taille des installations de décantation pour les effluents de lavage de charbon se poursuivirent au laboratoire régional de l'Ouest; ce procédé employait la flocculation, le pré-épaississement par cyclone et l'épaississement à alimentation inférieure.

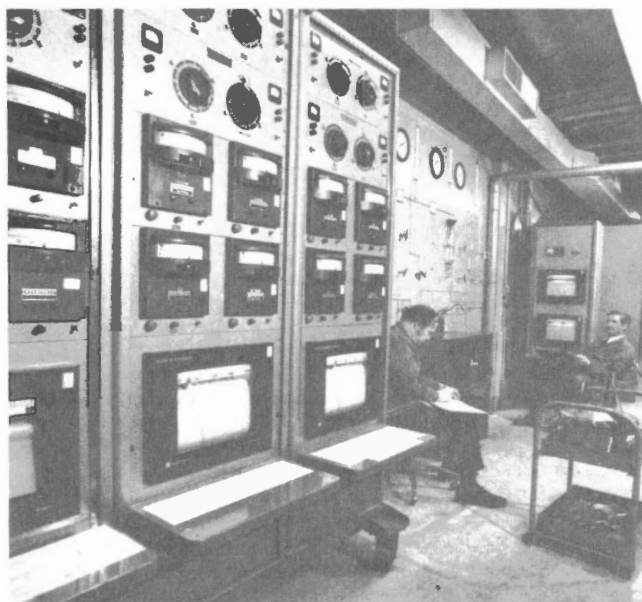
Bitume et huiles lourdes

Vers la fin des années 60, au moment de l'établissement du Centre de recherche sur les carburants dans le complexe de Bells Corners, l'hydrocraquage du bitume, des huiles lourdes et des résidus, avec formation de brai de coke, faisaient l'objet de recherches intensives, pour produire une stratégie de rechange. Des recherches à l'échelle de laboratoire, menées de 1971 à 1974 sur l'hydrocraquage thermique et catalytique avaient pour but de déterminer l'effet des variables opératoires. Six rapports de recherche furent publiés dans la série: "Hydrocracking of residual oils

and tars" - RR 246, 253, 256, 261, 263 et 273; les auteurs étaient E.C. McColgan, R.G. Draper, B.I. Parsons, P.S. Soutar, J.M. Denis et M. Rethier. Ces recherches indiquaient que l'hydrocraquage produisait plus de 10% de distillat liquide supplémentaire que le coking. En 1973, il y eut une étude d'installation-pilote sur l'hydrocraquage thermique catalytique, produisant des résultats encourageants dans la mesure où un fort pourcentage du brai (91%) était converti en produits distillables, tandis que les matières minérales et les métaux (nickel et vandadium) étaient retenus dans le faible résidu de brai. Il est possible en pratique de faire varier la quantité de résidu de brai, pour correspondre aux besoins d'énergie qui peuvent être assurés par le dernier. Dans cette étude M.P. Pleet et R.W. Beer étaient les techniciens principaux, tandis que le travail analytique était effectué par R.G. Draper, B.I. Parsons, et leurs équipes. "A pilot scale investigation of thermal hydrocracking of Athabasca bitumen" par W.H. Merrill, R.B. Logie et J.M. Denis (MB RR 281, 1973).

Le deuxième étape du raffinage est le traitement des distillats provenant de l'étape d'hydrocraquage pour réduire les concentrations de soufre et d'azote à des niveaux acceptables et diminuer le pourcentage d'hydrocarbures aromatiques.

On disposait sur ce continent de catalyseurs en

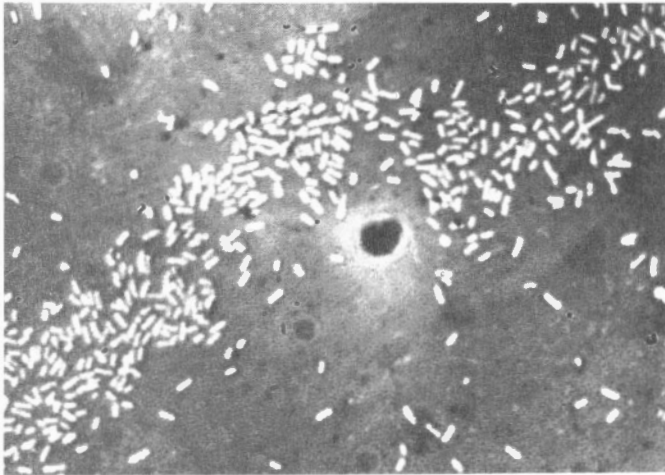


M.P. Pleet et R.W. Beer du Centre de Recherche sur les carburants surveillent le fonctionnement de l'installation d'hydrocraquage

phase vapeur, mais on manquait de catalyseurs convenables en phase liquide. En 1975, un effort considérable fut entrepris pour mettre au point des catalyseurs bon marché, comme le charbon, utilisé comme "getter" ou support catalytique; l'autre possibilité envisagée était de mettre au point un catalyseur bon marché qui pourrait être rejeté dans le brai après être passé une fois dans le réacteur en phase liquide. Cette question fut l'objet de deux rapports de recherche: "Evaluation of catalysts for the liquid-phase hydrogenation of refinery vacuum residuum" par W.A.O. Hermann et K.W. Bowles (MB RR 280, 1973), et "Hydrocracking Athabasca bitumen in the presence of coal, Part I: a preliminary study of the changes occurring in the coal" par M. Ternan, B.N. Nandi et B.I. Parsons (MB RR 276, 1974).

Uranium

La Division de la Métallurgie extractive accorda une attention accrue au traitement de l'uranium à partir de 1966 environ, date à laquelle les carburants



Bacteria thio bacillus ferrooxidans (x 4300) pour la lixiviation de l'uranium.

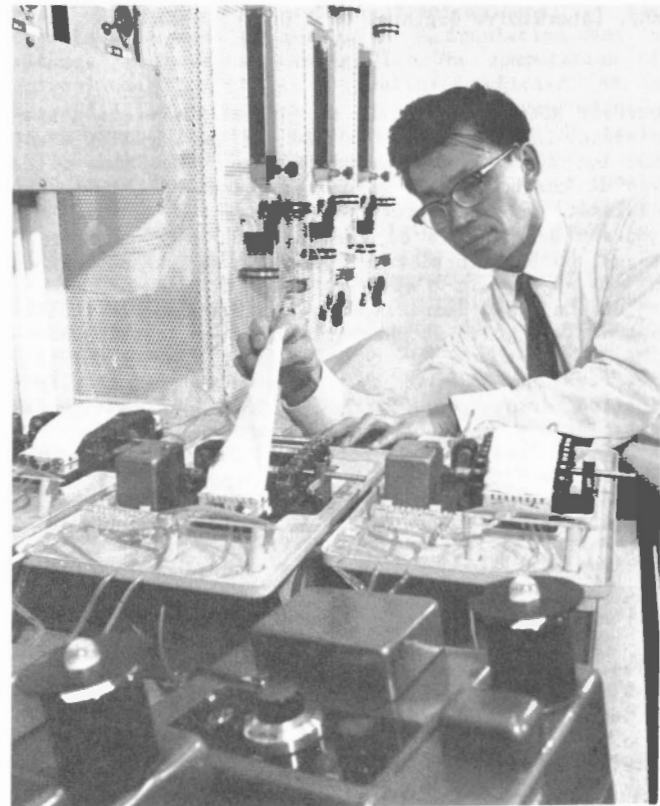
nucléaires devinrent concurrentiels avec les carburants fossiles pour la génération d'électricité. Les projets entrepris concernaient la pré-concentration des minerais à faible teneur, la lixiviation bactérielle des minerais contenant du sulfure de fer, et les techniques de mise au point de modèles mathématiques des procédés, qui pourraient servir soit au contrôle des procédés soit à la spécification des conditions optimales des procédés: "Leaching of uranium from Elliot Lake ore in

the presence of bacteria" par V.F. Harrison, W.A. Gow et K.C. Ivarson (Can Mining Journal, pp 64-67, mai 1966). Un rapport d'avancement de la recherche sur le traitement de l'uranium fut publié en 1969: "The treatment of Canadian uranium ores - a review" par W.A. Gow et G.M. Ritcey (Trans CIM, vol. 72, pp 361-370, 1969) et "Bacteria-based processes for the treatment of low-grade uranium ores" par W.A. Gow, H.H. McCreedy, G.M. Ritcey, V.M. McNamara, V.F. Harrison et B.H. Lucas. The recovery of uranium (Proceedings of the International Atomic Energy Agency, pp. 195-211, Vienne, 1971).

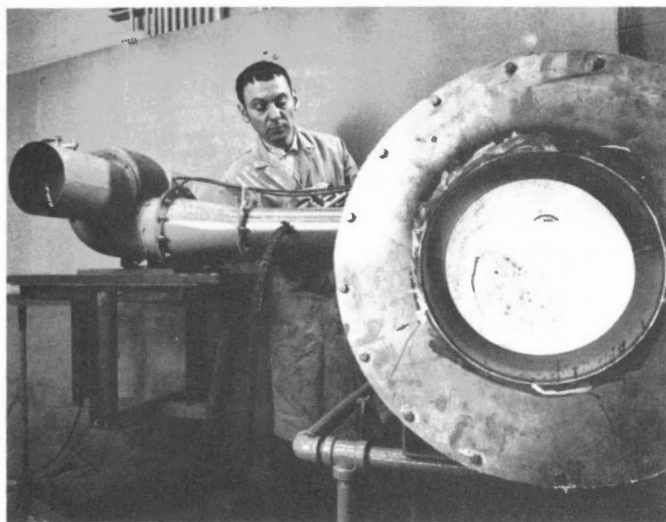
Utilisation de l'énergie

Combustion

Comme on l'a indiqué ci-dessus, à la rubrique Carburants, la combustion constituait l'utilisation principale des carburants fossiles dans le processus de



G.K. Lee étudie la surveillance continue de la pollution par combustion.



D.G. Savignac dans un test de postcombustion du four à coke de recherche

production énergétique. Dans cette activité, les mesures d'économie et le contrôle de la pollution ont eu un rôle dominant à partir de la fin des années 1960; toutefois, comme on l'a mentionné ci-dessus, la suppression de la fumée de charbon, à l'époque où celui-ci était plus généralement utilisé, a toujours constitué un objectif du programme de combustion de la Direction des Mines. Avec la reconnaissance formelle par le Ministère de l'importance de la protection de l'environnement, un rapport sur la pollution atmosphérique fut préparé en anglais et en français. "La pollution atmosphérique, ses causes et sa réduction" par H. Whaley, F.D. Friedrich, G.K. Lee et E.R. Mitchell (textes anglais et français) MB IC 211 1968). Mitchell connaissait bien la responsabilité de l'ingénieur de la combustion en ce qui concerne la pollution, et publia trois circulaires d'information pour l'information générale du public: "Only people pollute" par E.R. Mitchell (MB IC 268, 1971); "Inventories of national and individual air pollution" par E.R. Mitchell (MB IC 269, 1971), et "Fuel consumption and air pollution trends in Canada, 1965-1980" par E.R. Mitchell (MB IC 279, 1971).

Les projets de recherche du Laboratoire canadien de recherche sur la combustion avaient essentiellement pour but l'amélioration du rendement de la combustion, pour permettre une amélioration optimale de l'environnement. Ces projets sont les suivants:

- (a) Suppression des agents de pollution principaux - oxydes de soufre et d'azote, oxydes de carbone et fumée - à l'intérieur de la flamme: "Automated system for continuous monitoring of CO₂, CO and O₂ in boiler flue gas" par R.K. Jeffrey (1968-) et G.K. Lee (MB TB 115, 1969) et, des mêmes auteurs: "Automated system for continuous monitoring of SO₂, NO₂, and NO_x in boiler flue gas" (MB TB 131, 1970).
- (b) Amélioration du rendement de la saisie des cendres volantes.
- (c) Contrôle des émissions des cheminées, par sélection des hauteurs nécessaires pour une dispersion atmosphérique adéquate des agents de pollution. Ces travaux ont eu pour résultat une norme ACNOR. Des études par hélicoptère furent effectuées dans plusieurs emplacements physiographiques différents: "Dispersion of multiple plumes from a large thermal generating station" par H. Whaley, L. Shenfeld, G.K. Lee, M.S. Hirt et S.J. Djurfors (Procès-Verbaux de la huitième Conférence mondiale sur l'énergie, Bucarest, Roumanie 1972; MB RS 119); "Plume dispersion research at natural-gas sulphur-extraction plants" par G.K. Lee, H. Whaley et J.G. Gainer (MB RR 265, 1973); et "Plume dispersion from a thermal power station on the shore of a large lake" par H. Whaley et G.K. Lee (Journal of the Institute of Fuel, pp. 242-250 vol. 47, décembre 1974).
- (d) Une conception brevetée de générateur de tourbillon d'air. Ce système pouvait être adapté sur des brûleurs résidentiels à huile de chauffage domestique pour produire une flamme sans suie (bleue).

Le laboratoire a aidé d'autres groupes de la Direction pour l'étude de problèmes de réduction de la pollution.

Boues de charbon

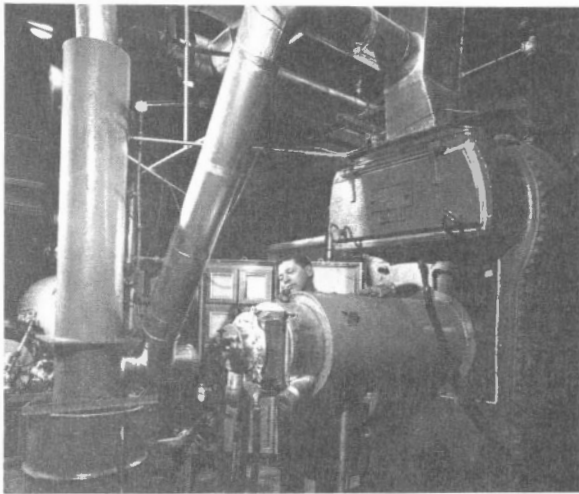
La technologie des boues de charbon fut relancée, en raison de la tendance à augmenter l'utilisation du charbon dans l'industrie. Des activités de recherche et développement en cours sur la combustion de boues de charbon et huile démontrèrent que ce carburant constituait un remplacement acceptable pour l'huile dans les chaudières industrielles.

Les boues de charbon et eau firent de nouveau l'objet d'études en rapport avec le transport du charbon extrait par méthodes hydrauliques, et pour les distances moyennes. Des études effectuées précédemment au Laboratoire régional de l'Ouest concernaient le problème de la "Reconstitution" du charbon à coke après transport par pipe-line de boues aqueuses, pour permettre la formation de coke dans le procédé de carbonisation conventionnel.

Incinération et utilisation de la chaleur perdue

Un procédé fut mis au point pour la destruction thermique de l'insecticide interdit DDT, en suspension dans l'huile, et les données obtenues furent utilisées dans des démonstrations à grande échelle, aux terrains d'essai du Conseil de Recherche de la Défense à Suffield, Alberta: "Thermal destruction of DDT in an oil carrier" par H. Whaley, G.K. Lee, R.K. Jeffrey et E.R. Mitchell (MB RR 225, 1970). Le recherche se poursuivit sur la destruction du DDT sous forme de poudre: "Thermal destruction of DDT-bearing powders" par G.K. Lee, F.D. Friedrich, B.C. Post (1961-) et H. Whaley (MR RR 234, 1971).

Friedrich élaborera des idées sur la conception d'équipement pour l'incinération des rebuts urbains et la récupération de la chaleur produite: "Equipment for incineration of municipal waste" par F.D. Friedrich (MB TB 134, 1971) et "Incineration of polymers - a combustion engineer's viewpoint" du même auteur (MB TB 135, 1971).



B.C. Post avec un système de destruction thermique du DDT.

Des études de faisabilité sur le chauffage par district, l'incinération et l'utilisation de la chaleur perdue permirent des recommandations sur la conception de chaudières de récupération de chaleur, de procédés de combustion combinée charbon-ordures, etc.

Combustion en lit fluidisé

À l'époque où se termine ce récit, la nouvelle technologie de la combustion en lit fluidisé faisait

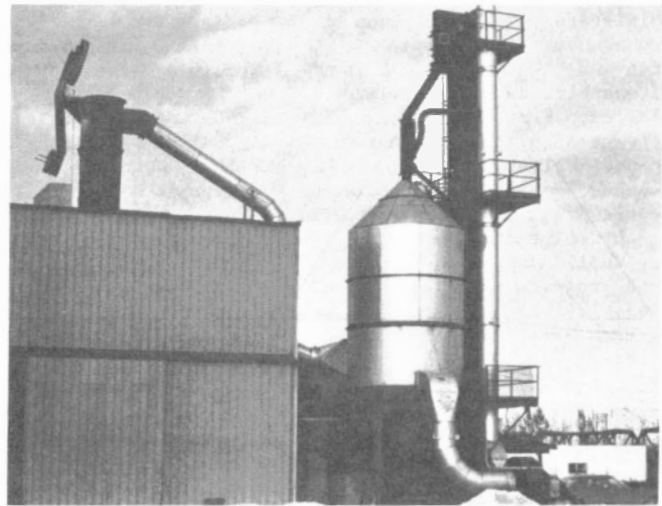
l'objet d'études avec un "modèle chaud". L'avantage de cette technologie par rapport à la combustion en lit fixe est fondé sur le taux élevé de transfert de chaleur à l'intérieur de la fournaise. Ceci permet d'utiliser des carburants de petite taille, de taille variable et de faible qualité, comme les rebuts de tête de mine et de plus, il est possible de contenir le soufre, en ajoutant du calcaire au lit fluide.

Emissions de cubilot

La Division de Métallurgie physique mit au point une technique d'échantillonnage, qui fut appliquée à six fonderies sur une période de douze semaines: "Sampling and characterization of cupola emissions" par R.D. Warda et R.K. Buhr (MB RR 266, 1974). Un deuxième projet des Laboratoires de Recherche en métallurgie physique fit la mise au point d'un simulateur à lit rempli, pour l'étude des émissions de particules et gaz à partir des cubilots et des procédés pyrométallurgiques en général.

Pipe-lines et utilisation des métaux dans l'Arctique

Une contribution importante de la Division commença en 1970, sur la métallurgie des pipe-lines, avec mise au point d'une installation spéciale pour ces études. On accorda une attention particulière aux exigences du climat arctique, étant donné le nombre de pipe-lines qui devaient être construits à l'avenir dans le nord du Canada. Gertsman, avant sa maladie, adressa des conférences à un grand nombre de cellules de la



Filtre à lit garni et cheminée à Thor Foundry Ltd., Winnipeg.



M. Letts découpe un échantillon dans un tuyau à gaz commercial de grand diamètre.

American Society for Metals, sur le sujet "Les métaux et alliages pour utilisation dans l'Arctique". Il mentionna la publication d'une monographie sur les métaux et alliages pour utilisation dans l'Arctique, qui était alors en cours de préparation. Le volume fut publié au début de 1976: "Metals and alloys for Arctic use" par le personnel des Laboratoires de Recherches en métallurgie physique (préparé par R.C.A. Thurston (Rapport de CANMET no 7601, 1976).

Approvisionnement en minéraux

Extraction

En considération du fait que la production minérale du Canada provient dans la proportion de 70% d'exploitations à ciel ouvert, Coates conclut, après

plusieurs années d'observation et d'études encourageantes sur les coûts et bénéfices, qu'il serait possible d'obtenir des taux de récupération plus élevés en augmentant la pente des parois des mines à ciel ouvert, sans porter atteinte au facteur de sécurité de ces mines. En conséquence, un effort important fut lancé en 1972, pour des études de bureau et de terrain, avec une forte proportion de contrats externes, dans le but d'évaluer un certain nombre de paramètres sur lesquels on manquait de données. L'objectif était de produire un manuel de génie sur les pentes de mine pour tous les minéraux, y compris le charbon. Ce projet occupa environ cinq ans, au coût d'environ 4 millions de dollars, dont 40% environ fut financé par l'industrie minière du Canada.

Etant donné l'importance de ce projet, les résultats sont projetés au-delà de 1975, limite de la période de ce récit (148). A la suite de la publication de l'étude, sous forme de 10 chapitres principaux et 16 suppléments, des séminaires furent organisés dans l'industrie pour explication et discussion. Les premières indications suggéraient que ce manuel en 26 volumes était bien reçu, et pouvait être considéré comme une réalisation exceptionnelle. Des dispositions ont été prises pour ajouter de nouveaux suppléments de temps en temps.

La stabilité des mines constituait l'objectif principal du projet de contrôle des sols du programme des mines, et une attention particulière fut accordée aux mines de métaux communs, étant donné la proportion importante provenant d'opérations d'extraction souterraine. Une fois dépassé les limites de l'extraction à ciel ouvert, des problèmes de stabilité se présentèrent dans les premières étapes de l'extraction souterraine. Ainsi, en 1974, un projet coopératif fut entrepris, avec Ecstall Mining Company; on exécuta une série d'études sur modèle par la technique d'éléments finis, dans lesquelles fut incorporé l'effet des contraintes tectoniques régionales sur l'excavation des mines.

On obtenait des taux d'extraction d'environ 65% dans la période initiale d'extraction des mines d'Elliot Lake, et on envisagea une étude visant à l'optimisation des taux de récupération sans affecter la stabilité. On se proposait d'étudier de près des méthodes d'extraction profonde, utilisées à des profondeurs dépassant 3000 pieds, par exemple la méthode de coupure et remblayage.

CANMET, en conjonction avec la Commission géologique, la Direction de la Physique terrestre, AECL et Inco Metals Limited, lança une étude de conception d'un site de stockage des déchets nucléaires. On envisageait l'excavation à Sudbury d'une chambre chauffée simulée CANMET devait assurer l'expertise en mécanique des roches.

Méthodes analytiques et documents de référence

On a mentionné au Chapitre 6 les efforts considérables de recherche et développement de méthodes analy-



Théodolite laser monté sur base type CGC à la mine Kidd Creek. Sert à mesurer angles et distance pour surveiller les mouvements des sols.



D. McIntosh prépare des échantillons de minerai comme références certifiées.

tiques, et la participation des laboratoires des sciences minérales aux méthodes de standardisation nationales et internationales. A la fin des années 60 fut effectuée une recherche sur les métaux du groupe du platine. Dans les années 1970, le projet de "Documents de Référence certifiés canadiens" fut formalisé et développé pour les minéraux métalliques et les métaux, qui furent divisés en trois groupes - minerais et concentrés analysés principalement par méthodes chimiques, minerais radio-actifs par méthodes radiométriques, et alliages métalliques par méthodes spectrographiques. Ces documents de référence pouvaient être achetés par les parties intéressées.

Une méthodologie complète de l'analyse des minerais et des roches fut compilée et publiée sous reliure à anneaux par Elsie Donaldson dans le dernier numéro de la série des monographies de la Direction des Mines. "Methods for analysis of ores, rocks and related materials" par Elsie M. Donaldson (MB Mono 881, 1974).

Traitement des minéraux

Métaux communs et minerais de fer

L'accent était mis sur l'amélioration de la récupération de métaux de base à partir des minerais argentifères complexes finement disséminés du Nouveau-Brunswick, qui permettaient des taux de récupération d'environ 65%. On prévoyait que l'amélioration des méthodes d'extraction pouvait porter le taux de récupération à 85%. A la date de rédaction, une combinaison de méthodes de flottation et hydrométallurgiques fait l'objet d'essai, et l'on envisage des possibilités de contrats externes.

En ce qui concerne la beneficiation des minerais de fer, la recherche a été reprise pour le traitement des minerais à basse teneur pour la région de Peace River, Alberta. On a fait des essais de flottation, de concentration par gravité et de concentration magnétique à haute intensité, mais les récupérations restaient de l'ordre de 50%. On essayait également une méthode pyrométallurgique, dans laquelle des pastilles étaient fabriquées à partir du minéral en contract intime avec un charbon réactif constitué à partir d'un charbon sous-bitumineux de l'ouest; ceci produisait une fonte (D.A. Reeve et J.H. Walsh, MB RR 277, 1974).

Aluminium

Etant donné les énormes augmentations de prix de la bauxite importée, dues aux incertitudes politiques dans les pays producteurs, l'industrie de production d'aluminium en Amérique de Nord recherchait des possibilités de remplacement. CANMET fut invité à participer à cette recherche comme par le passé au cours de la Deuxième guerre mondiale. Une recherche fut entreprise par le groupe des minéraux industriels. "Extraction of

alumina from Canadian and American anorthosite by the lime-soda-sinter process" par D.H.H. Quon (1975-) du Laboratoire des minéraux industriels (Rapport de CANMET 76-26, 1976).

Minéraux industriels - Argiles et phosphates rocheux

Une augmentation substantielle de l'utilisation métallurgique de pastilles agglomérées avec de la bentonite, et l'augmentation correspondante du prix de ce minéral suggérait des possibilités d'amélioration de la bénéficiation des dépôts canadiens de bentonite de faible teneur. De même, on pensait que le kaolin canadien à faible teneur pourrait faire concurrence aux matériaux importés. On se proposait d'examiner dans ce but les gisements de ces matériaux.

Les gisements de phosphate rocheux devaient être réexaminés, pour leur possibilité de remplacer les matériaux importés. Ces trois minéraux représentaient plus de 20 millions à l'importation.

Récupération des déchets

Une étude des déchets miniers, comme les rebuts de traitement des minéraux, pour examiner les possibilités de les utiliser dans la construction et la fabrication de céramiques faisait l'objet d'une compilation à l'échelle provinciale: "Mineral waste resources of Canada, Report No. 1 - Mining wastes in Ontario" par R.K. Collings (Rapport de CANMET 76-2, 1976).

En ce qui concerne les rebuts métalliques, un appareillage de tri en ligne faisait l'objet d'une mise au point par la Division de Métallurgie physique, dans le but de séparer les alliages non magnétiques dans les opérations de déchetage d'automobiles. En ce qui concerne le recyclage des alliages de cuivre, la Division avait l'intention d'étudier de près l'attitude restrictive de la profession en ce qui concerne l'utilisation des déchets de cuivre.

Utilisation des minéraux

Transport, améliorations métallurgiques

Deux projets faisaient l'objet d'études dans la Division de Métallurgie physique: rails soudables avec propriétés d'usure supérieures, et évaluation des métaux, en particulier des aciers et alliages d'aluminium à haute résilience qui pourraient servir à la production d'automobiles plus légères, permettant une réduction de la demande d'énergie.

Gestion matricielle

Le système de gestion matricielle à deux branches, dont Coates avait fait l'essai dans les laboratoires décentralisés du Centre de recherche sur les mines, fut mis en vigueur pour toute la Direction en 1975.

Essentiellement, il s'agissait d'une technique de gestion appropriée, qui surimposait le programme aux unités fonctionnelles ou fondées sur les disciplines ou les denrées, connues sous le nom de divisions ou de centres. Ce système permettait une fusion facile des contrats de recherche externe avec la recherche intérieure, situation encouragée par le gouvernement dans sa politique "achat ou fabrication". Comme on l'a mentionné au chapitre 3, Haanel fit usage d'une méthode semblable pour développer plus rapidement l'expertise d'une personnel interne réduit, en engageant des conseillers et en accordant des contrats de recherche aux universités.

Du côté fonctionnel, il y eut une réorganisation, dont l'effet essentiel fut d'amalgamer les trois divisions dont les travaux de recherche et de développement sur les minéraux étaient apparentés: traitement des minéraux, métallurgie extractive, et sciences minérales, pour former les Laboratoires des sciences minérales (L.S.M.). Le nom "Division" ou "Centre" fut abandonné pour toutes les divisions "de laboratoire", et le terme "Carburant" fut transformé en "Energie", comme suit: Laboratoires de recherche minière (L.R.M.), Laboratoires de recherche énergétique (L.R.E.), Laboratoires de recherche en métallurgie physique (L.R.M.P.). La Division des services techniques resta telle quelle. Les services de bibliothèques, d'information technique et de rédaction-révision furent regroupés dans la Division de l'information technologique en 1975.

Un Bureau de Programme des recherches fut lancé en 1975, et les premières nominations furent:

Programme de recherche sur les minéraux

Directeur - W.A. Gow
 Chef d'activité, Approvisionnements - Docteur D.G.F. Hedley
 Chef d'activité, Traitement - L.L. Sirois
 Chef d'activité, Utilisation - Docteur D.W.G. White

Programme de recherche énergétique:

Directeur - Docteur D.S. Montgomery
 Chef d'activité, Approvisionnements - E.D. Dainty
 Chef d'activité, Traitement - D.K. Faurschou
 Chef d'activité, Utilisation - Docteur E. Smith

Le Bureau des Programmes reçut également la nomination d'un agent des contrats et d'un économiste, en la personne de G.W. Riley, de la Division du traitement des minéraux et G.S. Bartlett, respectivement.

De manière à assurer au personnel technique et professionnel la possibilité de prendre contact avec les méthodes de gestion, des dispositions furent prises pour assurer la rotation du personnel entre les unités fonctionnelles et le Bureau des Programmes et le bureau du Sous-ministre adjoint pour la science et la technologie.

Les postes de directeur et directeur-adjoint furent transformés en directeur général et adjoint au directeur général en 1975, avec pour titulaire le Docteur Coates et Vic Haw, respectivement.

DONALD FRANCIS COATES, 6^e DIRECTEUR DE LA DIRECTION DES MINES (CANMET)

Le Docteur Coates naquit à Prince Albert, Saskatchewan en 1923. Il interrompit ses études universitaires en 1933, pour entrer dans la RCAF. Il obtint un diplôme de B.Eng. à l'Université McGill en 1948, une maîtrise en génie en 1954 et un Ph.D. en génie des mines en 1965. Titulaire d'une bourse Rhodes en 1948, il reçut une maîtrise en économie politique à l'Université d'Oxford, Angleterre, en 1934.



Donald Coates, sixième Directeur de la Direction des Mines (CANMET)

Il fut professeur-assistant en génie à l'Université McGill de 1951 à 1957, directeur de l'École de génie de l'Université Carleton de 1957 à 1959, et conseiller de recherches de 1959 à 1963, période pendant laquelle il fut associé à un certain nombre de projets de recherches minières de la Direction des Mines.

Le Docteur Coates entra au Ministère des Mines et relevés techniques en 1963, comme Chef de la Section de Recherches minières, et en 1967 il devint Chef du Centre de recherches sur les mines. Une de ses nombreuses réalisations fut la publication de "Rock Mechanics Principles", qui connut une réputation internationale, lorsque, en plus des textes anglais et français publiés au Canada, l'Espagne demanda une publication en espagnol pour l'Espagne et les pays hispanophones. En 1974, l'Institut sud-central des mines et de la métallurgie de la République populaire de Chine entreprit la traduction de ce volume en chinois.

En novembre 1973 le Docteur Coates fut nommé Directeur de la Direction des Mines, et devint Directeur général en 1975, année où le nom "Direction des Mines" fut transformé en Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET). En cette capacité, il supervisa les programmes de la recherches et développement sur la production, le traitement et l'utilisation des minéraux, des carburants et des métaux.

Il devint Fellow de la Société royale du Canada en 1969, et de la New York Academy of Sciences en 1972; plus récemment, il reçut un doctorat honorifique en génie de l'Université d'Ottawa. Le Docteur Coates fut conférencier invité à l'Université de l'Arizona en 1968, et professeur adjoint à cette même université de 1973 à 1976; il fut également conférencier invité à l'Université de Californie à Berkeley en 1969, et professeur à temps partiel à l'Université McGill de 1965 à 1973, ainsi qu'à l'Université d'Ottawa de 1970 à 1973. Il fut membre du Conseil d'administration du Centre for Resource Studies de l'Université Queen's de 1974 à 1978. Il fut président du Comité consultatif (plus tard national) canadien sur la mécanique des roches de 1963 à 1978, et membre du Conseil de la Société internationale de mécanique des roches de 1966 à 1978, ainsi que membre du Comité international d'organisation des congrès mondiaux sur l'industrie minière, de 1973 jusqu'à date. Il fit partie de plusieurs organisations scientifiques et professionnelles, au Canada et outre-mer.

Le Docteur Coates est un ingénieur et un chercheur extrêmement compétent, qui a une très grande connaissance de l'économie, et poursuit sa contribution personnelle à la recherche et au développement dans la mécanique des roches. Deux importants projets de recherche et développement démontrent ses capacités intellectuelles: le Traité sur la mécanique des roches, de stature mondiale, et un guide complet scientifique

et de génie sur l'extraction minière à ciel ouvert. Le Docteur Coates a fait preuve de ses capacités d'organisation en remaniant en moins de deux ans la Direction des Mines pour lui donner une orientation par programmes, selon les besoins du gouvernement et du Ministère. Son caractère introspectif et réservé présente un contraste frappant avec la manière détendue de son prédécesseur, le Docteur Convey.

Conclusion

Cette présentation historique s'est efforcée de présenter les activités de recherche et développement menées pendant trois-quarts de siècle, dans une institution qui s'est maintenue à l'intérieur de cinq ministères successifs du Gouvernement fédéral - Ministère de l'Intérieur, Ministère des Mines; Ministère des Mines et Ressources; Ministère des Mines et Relevés techniques; Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources. Cette activité a contribué à résoudre les problèmes de production, de traitement et d'amélioration des produits, ainsi qu'à promouvoir l'économie d'une variété de ressources minérales. Le récit s'est également efforcé de donner des indications sur le statut économique de certaines de ces ressources.

Dans un pays au large territoire comme le Canada, dont la superficie atteint presque 4 millions de milles carrés, on peut s'attendre à trouver une proportion assez importante des minéraux du monde; en fait, ce pays dispose d'une gamme impressionnante d'environ 60 minéraux, qui présentent une valeur économique actuelle ou potentielle. Toutefois, ces minéraux présentent une distribution inégale dans les régions, et une forte proportion d'entre eux a une faible teneur ou une composition complexe, qui exigent un traitement et un raffinage coûteux. Un exemple frappant de l'inégalité de distribution des minéraux est la concentration des minerais métalliques en Ontario et au Québec, et l'absence de carburants fossiles, alors que l'inverse se présente en Alberta, où les carburants fossiles sont abondants mais les métaux peu représentés. Même l'industrie florissante de l'acier en Ontario reste dépendante de l'importation de charbon et d'une partie du minerai de fer en provenance des Etats-Unis. Bien que l'Ontario possède des ressources de minerai de fer, celles-ci sont à faible teneur et en quantité limitée, par comparaison au Québec et au Labrador. Ces dernières étaient connues de la Commission géologique du Canada dès le début du siècle, mais ont exigé un investissement considérable dans la période de l'après-guerre, pour financer la capacité de production des grandes mines à ciel ouvert, et d'installations de transport permettant une importante industrie des minerais et de fer au Canada. Il s'agit là d'un exemple des circonstances auxquelles le Canada doit faire face dans le développement d'une industrie de base, qui représente le nerf de l'industrialisation d'un pays.

Les historiens à venir noteront probablement que les 20 ou 25 années d'après-guerre ont constitué la période de croissance maximum du Canada. Toutes les ressources à des degrés divers ont connu la prospérité au cours de cette période, l'exportation de surplus créant la richesse pour une population relativement faible occupant une grande surface de terres.

L'industrie des minéraux a établi le rythme de croissance, la valeur de sa production se multipliant par 8 pendant une période où les coûts restaient raisonnablement stables. Les exportations de minéraux représentaient environ un tiers du total des exportations de marchandises. La valeur de la production minérale dans les vingt années commençant en 1947 représentait environ \$42 milliards (sans ajustement) à comparer à \$12 milliards dans les 61 années précédentes, jusqu'en 1946. Ceci correspond à une multiplication par 10 de l'industrie dans les 20 années d'après-guerre, si l'on ignore le taux d'inflation modéré de cette période. Du point de vue physique, la quantité des minerais extraits est passée d'environ 100 millions de tonnes par an en 1950 à environ 375 millions de tonnes vers la fin des années 60. Ces chiffres sont approchés, dans la mesure où ils incluent les déchets rocheux de l'extraction d'amiante à ciel ouvert au début de la période, mais ils donnent une indication du taux accéléré d'épuisement.

Ce taux de croissance fut en grande partie dû à la demande causée par la reconstruction et le renouvellement après la deuxième guerre mondiale. Au milieu des années 60, alors que le Canada commençait à être soulagé de la concurrence par la réduction des exportations minérales des Etats-Unis, le tiers monde et l'Union Soviétique avec ses associés prirent la relève, et entrèrent de plus en plus concurrence avec nous. On se rappellera que, tandis que les salaires sont plus faibles dans la plupart des pays du monde à l'extérieur de l'Amérique du Nord, les machines, qui essentiellement augmentent la productivité et réduisent les coûts, deviennent de plus en plus disponibles dans le monde entier.

On a mentionné les faibles teneurs et la complexité des ressources minérales du Canada. Ceci malheureusement s'applique à toutes les classes de minéraux. On pourrait dire que la raison d'être de la Direction des Mines fut la réalisation croissante, au début du siècle, que le Canada disposait d'un patrimoine minéral dont la qualité variait de manière considérable.

La situation actuelle pour les métaux ferreux est que pour la plupart le minerai de fer canadien doit faire l'objet de bénéficiation, pour augmenter la teneur en fer de la matière première de minière à assurer une forte productivité des hauts-fourneaux de fabrication, qui sont devenus des investissements coûteux. Deux métaux d'addition importants pour l'acier sont le manganèse et le chrome, que l'on trouve au

Canada; toutefois, ces minerais sont à faible teneur. La Direction des Mines déployait des efforts considérables pendant les périodes de guerre pour utiliser des minerais domestiques, mais ceci n'est pas concurrentiel en temps de paix. Par contre, le nickel est un des métaux additifs importants, et il vaut au Canada une position mondiale de pointe.

Pour les métaux communs comme le cuivre, le zinc et le plomb, les problèmes principaux concernent la complexité des minerais, qui sont composés d'un mélange de sulfures de ces métaux, associés intimement avec des minéraux indésirables et des impuretés, qui affectent la récupération des composants vendables. Beaucoup de ces minerais contiennent également de l'or et de l'argent, qui contribuent de manière importante à la production de métaux précieux au Canada. Au fur et à mesure que les teneurs diminuent et que les prix mondiaux augmentent, en conjonction avec des efforts pour réduire les émissions de soufre des fourneaux, on verra augmenter la tendance à remplacer les méthodes physiques de séparation, moins coûteuses, par des méthodes d'extraction chimiques plus coûteuses, qui assurent toutefois des taux de récupération plus élevés.

L'histoire de l'extraction de l'or au Canada, racontée dans ce récit, est faite de hauts et de bas. En 1941, le Canada produisait plus de 5 millions d'onces, qui contribuaient au financement de l'effort de guerre; pourtant en 1948 il fallut voter la loi d'aide d'urgence à l'industrie de l'or, pour assurer la poursuite de l'activité de ces communautés minières. A cette période, les mines ne pouvaient avoir d'activités profitables, tant que le prix mondial de l'or était fixé à \$35 américains par once. Les coûts en relation avec la qualité du minerai, même aux prix accrus d'aujourd'hui, ne permettent pas d'augmenter de manière substantielle la production d'or du pays.

Les minéraux industriels, comme les argiles à céramique, les phosphates rocheux et la silice de plus haute qualité ont été sensibles à la concurrence de minéraux moins coûteux et souvent de meilleure qualité offerts aux Etats-Unis. De grandes parties du Canada ont été soumises à une érosion superficielle dans les époques géologiques, perdant ainsi des gisements potentiels en surface. Ce fait se manifeste également dans certains des gisements de charbon des Maritimes. Alors que les Etats-Unis disposent de gisements de charbon carbonifère (pennsylvanien) remarquablement développés, les Maritimes ne sont pas aussi bien pourvues, et, dans le cas du Nouveau-Brunswick, seul un gisement mince s'offre à l'exploitation.

Divers problèmes concernant les carburants fossiles canadiens et les autres ont dominé l'histoire de la recherche sur les carburants dans la Direction des Mines. Toutefois, le charbon canadien, que beaucoup, il y a à peine quelques années, considéraient comme un carburant du passé, en est arrivé à jouer un rôle important dans les applications énergétiques et

métallurgiques. L'époque des ressources de pétrole léger et facile à raffiner ne va sans doute pas durer longtemps, et il faudra compter sur les huiles lourdes et les bitumes, qui exigent une technologie complexe et coûteuse de raffinage, pour obtenir tous les nombreux produits dont nous dépendons maintenant tellement.

L'uranium est un des minéraux qui sont présents en grande quantité au Canada, non seulement dans les importants gisements de faible teneur de l'Ontario, pour lesquels la technologie de l'extraction est bien mise au point et améliorée, mais également dans les gisements de plus haute teneur, bien que dans l'ensemble plus restreints, de la Saskatchewan, ainsi que d'autres emplacements qui font l'objet de recherches suivies.

A l'époque actuelle, l'extraction à ciel ouvert est prédominante au Canada, bien que, comme on l'a mentionné ci-dessus, le Canada présente le nombre le plus élevé de mines métallifères souterraines au monde. De plus en plus, les richesses minérales devront être extraites à des profondeurs croissantes, avec pour effet une augmentation des coûts d'extraction, même si l'on pouvait augmenter de manière importante le niveau actuel de mécanisation.

La taille du Canada offre une assurance raisonnable de la continuation des richesses minérales. Comme les besoins propres du Canada resteront probablement restreints par rapport au potentiel d'exportation, tant que la population n'augmente pas de manière importante, le succès des industries minières et apparentées dépendra des conditions économiques dans l'ensemble du monde, ainsi que des développements des pays du "tiers monde" quant à leur capacité de production minérale. Une poursuite de l'étude des ressources minérales du Canada par les géologues, les ingénieurs, les chercheurs et les économistes des minéraux, appuyée par une acquisition aussi poussée que possible de connaissances sur les industries minérales du monde, est extrêmement importante pour les responsables de prévision et de décision.

Tout le monde est d'accord pour dire que notre existence actuelle est dominée par la science et la technologie; toutefois, une proportion énorme des membres de notre société n'est pas en mesure de comprendre ce que disent ou écrivent les spécialistes techniques. Le public et les média d'information considèrent qu'ils ont le droit de savoir au moins quels sont les effets de l'application de technologies particulières. Par exemple, une partie des difficultés que connaît le domaine de l'énergie nucléaire dépend de la complexité de cette technologie, que les non-initiés ne comprennent pas: ce qu'un être humain ne peut pas comprendre, il le craint d'ordinaire. Il serait sans doute plus facile de surmonter cette difficulté si nous disposions d'une plus grande nombre de rédacteurs scientifiques, mais le nombre actuel est insuffisant pour assurer une couverture adéquate du domaine scien-

tifique et technologique. De plus, on peut prévoir une augmentation de la complexité de la technologie concernant les ressources et le domaine industriel, ainsi qu'une accélération des changements dans ce domaine. On peut également prévoir de longs délais de préparation, particulièrement pour les longs projets, comme le démontrent clairement les installations nucléaires et les installations d'extraction d'huile (bitumes) dans le domaine de l'énergie. Le regroupement d'équipement capital et d'aptitudes spécialisées, particulièrement dans les métiers du génie, vont devenir des entreprises majeures.

La même difficulté se présente, dans une faible mesure, dans le domaine du gouvernement, où l'on a vu croître la proportion des agents polyvalents dans la bureaucratie de décision. Le chercheur scientifique est particulièrement prudent lorsqu'il s'agit de faire des généralisations, et il a tendance à qualifier ses

déclarations. Par contre, les responsables de décision préfèrent les généralisations. Cette situation peut produire des malentendus. Des malentendus peuvent également découler d'une utilisation imprécise ou inexacte de certains mots, comme on l'a vu se produire dans l'utilisation erronée des termes "ressources" et "réserves" en ce qui concerne le pétrole, que l'on a mentionnée ci-dessus dans le récit.

Dans le cadre d'une technologie complexe et en évolution, il devient important de mettre au point une communication articulée entre les chercheurs compétents et les responsables de décisions. S'il faut utiliser un jargon spécialisé, il faut joindre aux documents un glossaire de symboles, de sigles et d'abréviations, comme le font de plus en plus les auteurs scientifiques. Par dessus tout, il faut éviter la création de deux solitudes: le spécialiste et le responsable de décisions.

RÉFÉRENCES

Chapitre 1

1. "Reading the rocks" par M. Zaslow. Publié par Macmillan Company of Canada Limited, Toronto, Ontario en collaboration avec Énergie, Mines et Ressources Canada et Information Canada; 1975.
2. Zaslow, op. cit., p. 139 et "Report of the Select Committee" désigné par la Chambre des Communes pour obtenir des renseignements sur les levés géologiques. Appendice no 8, Appendice du "Journals of the House of Commons", Session 1884, vol. XVIII.
3. Zaslow, op. cit., p. 249 et "Journal of the Canadian Mining Institute", vol. 5, 1902; p. 597.
4. Rapport annuel du Ministère de l'Intérieur pour l'année 1900-1901; p. ii.

Chapitre 2

5. Rapport annuel du Ministère de l'Intérieur pour l'année 1903-1904; partie VIII, p. 3.

Chapitre 3 - Partie I

6. Rapport annuel du Ministère de l'Intérieur pour l'année 1902-1903; partie VIII, p. 8.
7. Ibid. 1903-1904; partie VIII, p. 5.
8. Ibid. 1905-1906; partie VIII, p. 4.
9. Rapport de la Commission nommée pour étudier les divers procédés électro-thermiques pour la réduction des minerais de fer et la fabrication de l'acier employés en Europe, par Eugene Haanel; Rapport de la Direction des Mines, Rapport 3 (angl.), 1904; Rapport 4 (fr.) 1905.
10. "Report of the experiments at Sault Ste. Marie, Ontario, under government auspices, in the smelting of Canadian iron ores by the electrothermic process" (ceci comprend le Rapport préliminaire no 16A, publié en 1906), par Eugene Haanel; Rapport 16 de la Direction des Mines, 1907.
11. "Report of Commission appointed to investigate the zinc resources of British Columbia and the conditions affecting their exploitation" par W.R. Ingalls et al.; Rapport 12 de la Direction des Mines; 1905.

12. Rapport annuel du Ministère de l'Intérieur pour l'année 1904-1905; partie VIII, p. 6.

Chapitre 3 - Partie II

13. Rapport sommaire de la Direction des Mines du Ministère des Mines pour l'année civile finissant le 31 décembre, 1910; p. 28.
14. Rapport sommaire de la Direction des Mines du Ministère des Mines pour les neuf mois finissant le 30 décembre, 1908; p. 1.
15. "Report on the mining and metallurgical industries of Canada 1907-1908"; Rapport 24 de la Direction des Mines, 1907-1908.
16. "Iron ore occurrences in Canada; Vol. I - Description of principal iron ore mines; Vol. II. - Description of iron ore occurrences". Compilé par E. Lindeman et L.L. Bolton avec une introduction de A.H.A. Robinson; Rapport 217 de la Direction des Mines; 1917 et 1918 respectivement.
17. Rapport sommaire de la Direction des Mines du Ministère des Mines pour l'année finissant le 31 décembre, 1913; p. 4.
18. Rapport sommaire de la Direction des Mines du Ministère des Mines pour l'année fiscale 1907-1908; p. 5.
19. "Peat and lignite: their manufacture and uses in Europe" par E. Nyström, Rapport 19 de la Direction des Mines, 1908.
20. "Investigation of peat bogs and peat fuel industry of Canada during the season 1908-09"; (Bulletin no 1) Rapport 30 de la Direction des Mines, 1909.
21. Recherches sur les charbons du Canada, au point de vue de leurs qualités économiques, faites à l'Université McGill de Montréal sous les patronages du gouvernement du Dominion par J.B. Porter, R.J. Durley, et autres, volumes 1-4 et 6; Rapport 83 de la Direction des Mines (angl.), 1912; Rapport 308 (fr.), 1914-1917. Volume supplémentaire: "Weathering of coal" par J.B. Porter, aidé d'autres personnes; Rapport 338 de la Direction des Mines (angl.), 1915.

22. Tourbe, lignite et houille: leur valeur respective comme source de gaz de moteur et d'énergie, dans les gazogènes à sousproduits, par B.F. Haanel; Rapport de la Direction des Mines no 299 (angl.) 1914; rapport no 300 (fr.) 1917.
23. "Results of 41 steaming tests conducted at the Fuels Testing Station, Ottawa" par John Blizard et E.S. Malloch; (Bulletin 27); Rapport 496 de la Direction des Mines, 1920.
24. Rapport conjoint sur les schistes bitumineux ou pétrolifères du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Ecosse, ainsi que sur l'industrie des schistes pétrolifères de l'Ecosse, par R.W. Ells; Partie I - "Economics, with Appendix on Scottish industry" par W.A. Hamor"; Partie II - Position géologique et caractère des dépôts de schiste pétrolifère du Canada avec un appendice sur le schiste pétrolifère trouvé à Melville Island: Rapport (55 angl.) de la Direction, 1909-1910; rapport 56 (fr.), 1914. (La partie II est le rapport 1107 de la Direction de la Commission géologique).
25. Rapport sommaire de la Direction des Mines du Ministère des Mines pour l'année civile finissant le 31 décembre, 1909; p. 13.
26. Ibid. 1912; p. 14.
27. "Recollection of the development of the Athabasca oil sands" par S.C. Ells; Circulaire d'information no 139 de la Direction des Mines, 1962.
28. Rapport sommaire de la Direction des Mines du Ministère des Mines pour l'année civile finissant le 31 décembre, 1912, p. 11.
29. Ressources du Canada en pétrole et en gaz naturel; Vol. I - Technologie et exploitation
Vol. II - Description des gisements (aussi imprimé séparément en 2 parties - l'est et l'ouest du Canada): par F.G. Clapp et autres; Rapport 291 de la Direction des Mines (angl.), 1915; rapport 292 (fr.); 1917.
30. Rapport sommaire de la Direction des Mines du Ministère des Mines pour l'année civile finissant le 31 décembre, 1909, p. 131.
31. Ibid. p. 9. Voir aussi Appendix III, p. 157, "Copy of report on the prevention of mine explosions: prepared by three foreign experts for the U.S. Geological Survey, and published October 22, 1908".
32. Rapport sommaire de la Direction des Mines du Ministère des Mines pour l'année civile finissant le 31 décembre 1914; p. 13.
33. "The copper smelting industries of Canada" par A.W.G. Wilson; Rapport 209 de la Direction des Mines, 1913.
34. Rapport sommaire de la Direction des Mines du Ministère des Mines pour l'année civile finissant le 31 décembre 1909; p. 74.
35. "Pyrites in Canada: its occurrence, exploitation, dressing and uses" par A.W.G. Wilson; Rapport 167 de la Direction des Mines, 1912.
36. "Lode mining in Yukon: an investigation of quartz deposits in the Klondike division" par T.A. MacLean; Rapport 222 de la Direction des Mines, 1914.
37. "Development of chemical, metallurgical and allied industries in Canada in relation to the mineral industry" par A.W.G. Wilson; Rapport 597 de la Direction des Mines; avec 9 tableaux et diagrammes séparés, 1924: aussi publié en 2 volumes,
Vol. I - "Chemical industries": Rapport 598 de la Direction des Mines;
Vol. II - "Metallurgical and allied industries"; Rapport 599 de la Direction des Mines.
38. "Molybdenum: metallurgy and uses and the occurrence, mining and concentration of its ores" par V.L. Eardley-Wilmot; Rapport 592 de la Direction des Mines, 1925.
39. Amiante-chrysotile; gisements, exploitation, ateliers de préparation et usages, par F. Cirkel, avec l'appendice: De l'essai de substances isolatrices de la chaleur, par F. Bacon; Rapport de la Direction des Mines no 69 (angl.) 1910 et no 81 (fr.) 1911.
40. Le gypse au Canada: ses gisements, son exploitation et sa technologie par L.H. Cole; Rapport 245 de la Direction des Mines (angl.) 1913; Rapport 246 (fr.), 1916.
41. Rapport sur les dépôts salifères du Canada et l'industrie du sel par L.H. Cole; Rapport 325 de la Direction des Mines (angl.), 1915; Rapport 326 (fr.), 1917.
42. Mica: gisements, exploitation et emplois par H.S. de Schmid; Rapport 118 de la Direction des Mines (angl.), 1912 (2^{ème} édition); Rapport 264 (fr.), 1914.
43. Rapport sur les pierres de construction et d'ornement du Canada par W.A. Parks;
Vol. I - Ontario: Rapport 100 de la Direction des Mines (angl.), 1912; Rapport 100A (fr.), 1912;
Vol. II - Provinces Maritimes: Rapport 203 de la

- Direction des Mines (angl.), 1914: Rapport 280 (fr.), 1916;
Vol. III - Province de Québec; Rapport 279 de la Direction des Mines (angl.), 1914; Rapport 389 (fr.), 1916;
Vol. IV - "Provinces of Manitoba, Saskatchewan and Alberta"; Rapport 388 de la Direction des Mines, 1916.
Vol. V - "British Columbia"; Rapport 452 de la Direction des Mines, 1917.
44. Feldspath au Canada par H.S. de Schmid: Rapport 401 de la Direction des Mines (angl.), 1916; Rapport 402 (fr.), 1918.
45. Le phosphate au Canada par H.S. Spence; Rapport 396 de la Direction des Mines (angl.), 1920; Rapport 397 (fr.), 1921.
46. Le graphite par H.S. Spence; Rapport 511 de la Direction des Mines (angl.), 1920; Rapport 512 (fr.), 1921.
47. "Barium and strontium in Canada" par H.S. Spence; Rapport 570 de la Direction des Mines, 1922.
48. "Report on the clay resources of southern Saskatchewan" par N.B. Davis; Rapport 468 de la Direction des Mines, 1918.
49. Rapport sur les matériaux de construction le long du fleuve St-Laurent, entre Prescott, Ont. et Lachine, Qué., par J. Keele et L.H. Cole avec des appendices sur les sables pléistocènes et ordoviéens; Rapport 549 de la Direction des Mines (angl.), 1922; Rapport 550 (fr.), 1924.
50. "Report on road materials along the St. Lawrence River from the Quebec boundary line to Cardinal, Ontario" par R.H. Richer avec appendices:
1 - "Rock out-crops";
2 - "Character of boulder deposits of field stones";
3 - "Character of gravel deposits";
4 - "Commercial development of gravel deposits".
(Bulletin 32) Rapport 530 de la Direction des Mines, 1920.
51. "Mineral springs of Canada";
Partie I - "The radioactivity of some Canadian mineral springs with 2 appendices" par J. Satterly et R.T. Elworthy; (Bulletin 16) Rapport 435 de la Direction des Mines, 1917;
Partie II - "The chemical character of some Canadian mineral springs" par R.T. Elworthy; (Bulletin 20) Rapport 472 de la Direction des Mines, 1918.
52. "Description of the laboratories of the Mines Branch of the Department of Mines, Ottawa", (Bulletin 13) Rapport 406 de la Direction des Mines, 1916.
- Chapitre 4
53. "Sodium sulphate of Western Canada: occurrences, uses and technology" par L.H. Cole; Rapport 646 de la Direction des Mines, 1926.
54. "Silica in Canada: its occurrence, exploitation and uses";
Partie I - "Eastern Canada" par L.H. Cole: Rapport 555 de la Direction des Mines, 1923;
Partie II - "Western Canada with Appendix on recent developments in the silica industry in Eastern Canada" par L.H. Cole; Rapport 686 de la Direction des Mines, 1928.
55. "Talc and soapstone in Canada" par H.S. Spence; Rapport 583 de la Direction des Mines, 1922.
56. "Feldspar" par H.S. Spence; Rapport 731 de la Direction des Mines, 1932.
57. Les abrasifs: produits du Canada, technologie et applications par V.L. Eardley-Wilmot:
Partie I - Abrasifs silicieux: grès, quartz, tripoli, ponce et poussière volcanique; Rapport 673 de la Direction des Mines (angl.), 1927; Rapport 674 (fr.), 1930;
Partie II - Corindon et diamants, Rapport 675 de la Direction des Mines (angl.), 1927; Rapport 676 (fr.), 1931;
Partie III - Le grenat; Rapport 677 de la Direction des Mines (angl.), 1927; Rapport 678 (fr.), 1931;
Partie IV - Abrasifs artificiels, produits abrasifs et usages; Rapport 699 de la Direction des Mines (angl.), 1929; Rapport 700 (fr.), 1934.
58. "Diatomite: its occurrence, preparation and uses" par V.L. Eardley-Wilmot; Rapport 691 de la Direction des Mines, 1928.
59. "Mica" par H.S. Spence; Rapport 701 de la Direction des Mines, 1929.
60. Amiante chrysotile au Canada par J.G. Ross; Rapport 707 de la Direction des Mines, (angl.), 1931; Rapport 708 (fr.), 1934.
61. Les calcaires de construction au Canada, par M.F. Goudge; Les calcaires du Canada: gisements et caractéristiques (considéré comme la partie I); Rapport 733 de la Direction des Mines (angl.), 1933; Rapport 778 (fr.), 1937;

- Partie II - Les provinces Maritimes, Rapport 742 de la Direction des Mines, 1934;
Partie III - Le Québec; Rapport 755 de la Direction des Mines (angl.), 1935, réimprimé en 1962; Rapport 758 (fr.), 1935;
Partie IV - "Ontario": Rapport 781 de la Direction des Mines, 1938;
Partie V - "Western Canada"; Rapport 811 de la Direction des Mines, 1946.
62. "The gypsum industry in Canada" par L.H. Cole; Rapport 714 de la Direction des Mines, 1930.
63. "The salt industry in Canada" par L.H. Cole; Rapport 716 de la Direction des Mines, 1930.
64. L'industrie du granit au Canada par F.G. Carr; Rapport 846 de la Direction des Mines (angl.), 1955; Rapport 852 (fr.), 1957.
65. "The Ore Testing and Research Laboratories", Direction des Mines, Ottawa par W.B. Timm; Série 32 des Mémoires de la Direction des Mines, 1928; "New Pyrometallurgical Laboratory for test and research on iron and steel" par W.B. Timm et T.W. Hardy; Série 38 des Mémoires de la Direction des Mines, 1929; "Minerographic Laboratory" par W.B. Timm et M.H. Haycock; Série 58 des Mémoires de la Direction des Mines, 1933.
66. "Selective flotation as applied to Canadian ores" par C.S. Parsons; Série 29 des Mémoires de la Direction des Mines, 1927.
67. "The Fuel Research Laboratories at Ottawa and the scope of their investigation" par B.F. Haanel; The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, Octobre 1929; aussi "New Fuel Research Laboratories" par B.F. Haanel; Série 34 des Mémoires de la Direction des Mines, 1928.
68. "Peat: its manufacture and uses" par B.F. Haanel (Rapport final du Comité sur la tourbe désigné conjointement par les gouvernements du Dominion du Canada et de la province d'Ontario). Comprend 3 appendices:
A - "Investigation of drying conditions obtained during the manufacture of peat fuel at the Alfred peat bog" par H.A. Leverin;
B - "Preliminary report on the relations of the maceration of the drying qualities of peat" par R.E. Gilmore;
C - "Manufacture of carbonized peat at Dumfries, Scotland" par J.O. Roos de Hjelmsäter; Rapport 641 de la Direction des Mines, 1926.
69. "Fuel briquetting" par R.A. Strong, E. Swartzmen et E.J. Burrough; Rapport 775 de la Direction des Mines, 1937.
70. "The preparation, transportation, and combustion of powdered coal" par J. Blizard; Rapport 564 de la Direction des Mines, 1921, avec appendice: "Boiler tests with pulverized coal" par H. Kreisinger et J. Blizard.
71. "Bituminous sands of northern Alberta: occurrence and economic possibilities, report on investigations to the end of 1924" par S.C. Ells; Rapport 632 de la Direction des Mines, 1926.
72. "Analyses of Canadian crude oils, naphthas, shale oil and bitumen" par P.V. Rosewarne, H. McD. Chantler et A.A. Swinnerton; Rapport 765 de la Direction des Mines, 1936.
73. "Report on some sources of helium in the British Empire" par J.C. McLennan et autres; (Bulletin 31), Rapport 522 de la Direction des Mines, 1920.
74. "Story of the early days of the extraction of helium gas from natural gas in Canada 1915-1920" par J. Satterly, Université de Toronto; Circulaire d'information 105 de la Direction des Mines, 1959.
75. "Helium in Canada" par R.T. Elworthy; Rapport 679 de la Direction des Mines, 1926.
76. "Ceramic testing and research laboratories, Ottawa" par H. Fréchette; Série 26 des Mémoires de la Direction des Mines, 1926.
77. "Industrial waters of Canada: report of investigations 1934 to 1943" par Harald A. Leverin; Rapport 819 de la Direction des Mines, 1943 (révisé en 1947).
78. "Notes on flotation practice in Canada" par B.W. Holeman; The Mining Magazine, Londres, vol. 38, Janvier (p 21) et février (p 82), 1928.

Chapitre 5

79. "Investigations of Canadian coals including their testing, classification and utilization" par B.F. Haanel et R.E. Gilmore; Institut de génie du Canada, Rencontre pour le mi-centenaire, juin 1937.
80. "Tests on the liquefaction of Canadian coals by hydrogenation" par T.E. Warren et K.W. Bowles; Rapport 798 de la Direction des Mines, 1940.
81. "Conditions and practices in the Canadian coal mining industry" par A. Ignatieff, A. Brown et F.L. Casey; Canadian Mining Journal, 1951; pp. 55-65, août; pp. 74-81, septembre; pp. 67-75, octobre.

82. Les dépôts de tourbe de mousse au Canada par H.A. Leverin; Rapport 817 de la Direction des Mines (angl.) 1946; Rapport 821 (fr.), 1947.
83. Tourbe de mousse au Canada par A.A. Swinnerton; Circulaire d'information 104 (angl. et fr.) de la Direction des Mines, 1958.
84. "Drilling and sampling of bituminous sands of northern Alberta in 3 volumes":
Vol. I - "Results of investigations" (1942-1947);
Vol. II - "Detailed drilling and sampling records";
Vol. III - "Cross-sections and plans of areas drilled"; Rapport 826 de la Direction des Mines, 1949.
85. "Summary of investigations on New Brunswick oil shales"; Rapport 825 de la Direction des Mines, 1948.
86. "Analyses of Canadian crude oil" par H. McD. Chantler, P.B. Sealy et F.G. Goodspeed; Rapport 832 de la Direction des Mines, 1951.
87. "Natural gas reserves of the Prairie Provinces" par G.S. Hume et A. Ignatieff; Rapport spécial de la Commission géologique du Canada, 1950.
88. "Natural gas reserves of the Peace River area of British Columbia and Alberta" par G.S. Hume et A. Ignatieff. Ministère des Mines et des Levés techniques, 1952.
89. "Talc, steatite and soapstone; pyrophyllite" par H.S. Spence; Rapport 803 de la Direction des Mines, 1940.
90. "Preliminary report on brucite deposits in Ontario and Quebec and their commercial possibilities" par M.F. Goudge; Série 75 des Mémoires de la Direction de Mines, 1939.
91. La stabilisation des routes, par R.H. Picher; Rapport 800 (angl.) de la Direction des Mines; Rapport 801 (fr.), 1940.
92. Les propriétés physiques de la brique canadienne de construction par J.G. Phillips; Rapport 816 de la Direction des Mines (angl. et fr.), 1947.
93. Les propriétés physiques de la tuile canadienne de construction par J.G. Phillips et J.A. Kirkendale, Rapport 822 (angl.) de la Direction des Mines; Rapport 823 (fr.), 1947.
94. "The constitution of bone china" par P.D.S. St-Pierre:
Partie I - "High temperature phase equilibrium studies in the system tricalcium phosphate-alumina-silica"; Document technique 2 de la Direction des Mines, 1953;
Partie II - "Reactions to bone china bodies"; Document technique 7 de la Direction des Mines, 1954;
Partie III - "High temperature phase equilibrium studies in the system tricalcium phosphate-anorthite-silica"; Document technique 12 de la Direction des Mines, 1955.

Chapitre 6

95. "A report to the National Productivity Council on Research and Development in the Canadian Mineral Industries" par John Convey et V.A. Haw; Rapport NPC-2 de recherche appliquée, 1963.
96. "The function of the Mines Branch Radioactivity Division" par E.A. Brown; CIM Bull, pp. 760-763, décembre 1953.
97. "Review of uranium treatment plants" par A. Thunæs dans "The milling of Canadian ores"; 6th Commonwealth Mining & Metallurgical Congress, 1957.
98. "Milling at Gunnar Mines" par R.H. Light; Can. Min. Journal, pp. 141-143, juin 1956.
99. "Treating Blind River uranium ores by leaching, ion exchange precipitation" par R.P. Ehrlich, A.G. Roach et K.D. Hester; Journal Metals, pp. 628-633, septembre 1959.
100. "Canada's stake in uranium" (en 3 parties: Geology, Mining and Milling): révisé par C. Mamen, Canadian Mining Journal, pp. 69-162, juin 1956.
101. "Treatment of uranium leach plant solutions by liquid-liquid extraction to produce high purity uranium products" par R. Simard, A.J. Gilmore, V.M. McNamara, H.W. Parsons et H.W. Smith; Can. Journal Chemical Engineering, pp. 229-234, décembre 1961.
102. "Recovery of metal grade thorium concentrate from uranium plant ion exchange effluents by amine solvent extraction" par R. Simard; Bulletin technique 13 de la Direction des Mines, 1960.
103. "Pilot plant testing of uranium ores at the Mines Branch, Ottawa" par W.A. Gow, W.H. Smith et R. Simard; Trans. CIM, vol. 60, pp. 70-75, 1957.
104. "Manual of analytical methods for the uranium concentrating plant" par J.C. Ingles; Monographie 866 de la Direction des Mines, 1959.

105. "The radiation laboratory of the Mines Branch, 1947-1959" par G.G. Eichholz; Circulaire d'information IC 113 de la Direction des Mines, 1959.
106. "The uranium industry - its history, technology and prospects" par J.W. Griffith; Rapport minier 12, Division des ressources minérales, 1967.
107. "Air oxidation acid pressure leach investigations of uranium-bearing ores from Elliot Lake, Ontario", par V.F. Harrison et W.A. Gow; Bulletin technique 3 de la Direction des Mines, 1959.
108. "Effects of furnace atmospheres on the sintering behaviour of uranium dioxide" par A.H. Webster et N.F.H. Bright; Rapport de recherche R2 de la Direction des Mines, 1958.
109. "Physics and Radiotracer Subdivision of the Mines Branch, 1959-1963" par G.G. Eichholz; Circulaire d'information IC 150 de la Direction des Mines, 1963.
110. "Mineral Physics Section, Mineral Sciences Division, Mines Branch, 1963-1967" par J.D. Keys; Circulaire d'information IC 192 de la Direction des Mines, 1967 et 1968.
111. "Technical review of ore dressing investigations on Canadian titaniferous ores conducted at CANMET from 1950 to 1975" par D. Raicevic; Rapport de CANMET 76-34, 1976.
112. "Titanium - its physical metallurgy and potentialities" par H.V. Kinsey; Trans CIM, vol. 56, pp. 201-210, 1953.
113. "Survey of the titanium alloys, their application and their processing and manufacturing technology" par H.V. Kinsey; Bulletin technique TB 80 de la Direction des Mines, 1966.
114. "Methods for the analysis of ilmenite, titanium-bearing slags and other electric furnace slags"; parties I à IV par A. Hitchen, partie V par A. Hitchen et G. Zechanowitsch; Bulletins techniques 120, 121, 124, (tous de 1970) et 168, 169, (tous deux de 1973), de la Direction des Mines.
115. "Hydrogen sulphide route to sulphur recovery from base metal sulphides":
Partie I - par H.W. Parsons et T.R. Ingraham;
Partie II - par R.F. Pilgrim et T.R. Ingraham;
Partie III - par D.A. Reeve et T.R. Ingraham;
Circulaires d'information 242, 243 et 244 de la Direction des Mines (toutes publiées en 1970).
116. "Bibliography of CANMET (auparavant la Direction des Mines) iron ore investigations, 1940-1975" par G.O. Hayslip; Rapport des Laboratoires des sciences minérales PRM/LSM 76-16(LS), 1976.
117. "Technical review of ore dressing investigations on Canadian chromite ores conducted at CANMET from 1918 to 1976" par D. Raicevic, Rapport de CANMET 76-39, 1976.
118. "Properties of sand-cast magnesium alloys"; en 8 parties, tous des Rapports de recherche de la Direction des Mines:
Partie I - "Binary magnesium-zinc alloys" par B. Lagowski et J.W. Meier; R 9, (1958) 1964;
Partie II - "Metallography of magnesium - zinc alloys" par B. Lagowski; R 22, (1958) 1964;
Partie III - "Effect of titanium additions to magnesium-zinc alloys"; R 56, (1960) 1964;
Partie IV - "Mg-Ag, Mg-Ag-Zr and Mg-Ag-Zr alloys"; R 63, (1960) 1964;
Partie V - "Mg-Zn-Ag-Zr alloys"; R 140, 1964, les trois parties par B. Lagowski et J.W. Meier;
Partie VI - "Effect of pouring temperature and holding time"; R 152, 1965;
Partie VII - "Effect of wall thickness on tensile properties of Mg-Al-Zn alloy castings", R 153, 1965, les deux parties étant de A. Couture et J.W. Meier;
Partie VIII - "Foundry characteristics of magnesium-zinc-silver-zirconium casting alloys"; par B. Lagowski et J.W. Meier; R 161, 1965.
119. "Industrial minerals research in the laboratories of the Mines Branch, Ottawa" par M.F. Goudge; Trans CIM, vol. 60, pp. 260-267, 1957.
120. "Industrial minerals of Newfoundland" par G.F. Carr; Rapport 855 de la Direction des Mines, 1958.
121. "Fluorspar" par C.M. Bartley; Circulaire d'information 127 de la Direction des Mines, 1961.
122. "The barium minerals industry in Canada" par J.S. Ross; Circulaire d'information 126 de la Direction des Mines, 1960.
123. "Bentonite in Canada" par J.S. Ross, Monographie 873 de la Direction des Mines, 1964.
124. (1) "Flotability of eleven common non-metallic minerals" par R.A. Wyman; Bulletin technique 70 de la Direction des Mines, 1965;
(2) "Flotability of twenty-one non-metallic minerals" par R.A. Wyman; Bulletin technique 108 de la Direction des Mines, 1969;
(3) "Flotability of ten non-metallic minerals (a supplement to TB 108)" par R.A. Wyman et J.H. Colborne; Bulletin technique 186 de la Direction des Mines, 1974.
125. (1) "Ceramic clays and shales of British Columbia" par J.G. Brady et R.S. Dean: réimprimé du Journal of Can. Ceram. Soc., vol. 32, 1963 dans le Bulletin technique 54 de la Direction des Mines;

- (2) Composition et propriétés des argiles et des schistes argileux et céramiques du Québec par J.G. Brady et R.S. Dean; Rapport de recherche de la Direction des Mines R 188, 1967; (texte anglais - Mines Branch Research Report R 187, 1967);
- (3) "Ceramic clays and shales of Ontario" par J.G. Brady et R.S. Dean; Rapport de recherche R 175 de la Direction des Mines, 1968;
- (4) "Mineralogy of the ceramic clays and shales of the Atlantic Provinces" par R.S. Dean; Rapport 75-8 de CANMET, 1975;
- (5) "Cursory mineralogical investigation and examination of ceramic clays and shales of the Prairie Provinces" par R.S. Dean; Rapport interne 78-169 de CANMET PRM/LSM, 1978;
- (6) "Ceramic clays and shales of the Atlantic Provinces" par K.E. Bell, J.G. Brady et L.K. Zengals; Rapport 78-21 de CANMET, 1978.
126. "Preliminary report on coated lightweight concrete aggregate from Canadian clays and shales":
Partie I - "Alberta", Série des Mémoires de la Direction des Mines no 117, 1952;
Partie II - "Saskatchewan and Manitoba", Série des Mémoires de la Direction des Mines no 120, 1952;
Partie III - "Ontario", Série des Mémoires de la Direction des Mines no 121, 1952;
Partie IV - "New Brunswick, Nova Scotia and Prince Edward Island", Série des Mémoires de la Direction des Mines no 122, 1952; les quatre parties sont de J.G. Matthews;
Partie V - Québec, Série des Mémoires de la Direction des Mines no 126F (fr.), 1954; 126 (angl.), 1953.
Partie VI - "British Columbia", Série des Mémoires de la Direction des Mines no 128, 1954 (les deux parties sont de H.S. Wilson).
127. "Accelerated tests for determining the 28-day compressive strength of concrete" par V.M. Malhotra, N.G. Zoldners et R. Lapins*, Rapport de recherche R 134 de la Direction des Mines, 1964 (*de Francon Limited, Montréal).
128. "Non-destructive methods for testing concrete" par V.M. Malhotra; Monographie 875 de la Direction des Mines, 1968, réimprimée en 1971.
129. "Industrial water resources of Canada", tous de J.F.J. Thomas, sauf les nos 14 et 15:
No 1 - "Scope, procedure and interpretation of survey studies", Rapport 833 de la Direction des Mines, 1953;
No 2 - "Ottawa River drainage basin, 1947-48"; Rapport 834 de la Direction des Mines, 1952;
No 3 - "Upper St. Lawrence River - central Great Lakes drainage basin in Canada"; Rapport 837 de la Direction des Mines, 1954;
- No 4 - "Columbia River drainage basin in Canada, 1949-50"; Rapport 838 de la Direction des Mines, 1953;
- No 5 - "Skeena River drainage basin, Vancouver Island, and central areas of British Columbia"; Rapport 839 de la Direction des Mines, 1953;
- No 6 - "Fraser River drainage basin, 1950-51"; Rapport 842 de la Direction des Mines, 1954;
- No 7 - "Saskatchewan River drainage basin, 1951-52"; Rapport 849 de la Direction des Mines, 1956;
- No 8 - "Mackenzie River and Yukon River drainage basins in Canada, 1952-53"; Rapport 856 de la Direction des Mines, 1957;
- No 9 - "Churchill River and Mississippi River drainage basins in Canada, 1952-54"; Rapport 858 de la Direction des Mines, 1958;
- No 10 - "Nelson River drainage basin in Canada, 1953-56"; Rapport 861 de la Direction des Mines, 1959;
- No 11 - "Atlantic Provinces, and Saint John River drainage basins in Canada, 1954-56"; Rapport 864 de la Direction des Mines, 1960;
- No 13 - "Lower St. Lawrence River drainage basin in Canada, 1955-60"; Monographie 869 de la Direction des Mines, 1962;
- No 14 - "Upper Great Lakes drainage basin in Canada, 1957-63" par J.F.J. Thomas et R.M. Gale; Monographie 870 de la Direction des Mines, 1965;
- No 15 - "Hudson Bay, Labrador and Arctic drainage basins, 1959-65" par J.F.J. Thomas et R.M. Gale; Laboratoire de la qualité de l'eau, Direction des Eaux Intérieures, Ministère de l'Environnement, 1973.
130. "Fuel research facilities in Canada" par R.E. Gilmore et A.E. Cameron; Trans. CIM, vol 54, pp. 75-84, 1951.
131. "Fifty years of fuel testing and research" par A.A. Swinnerton; Série des Mémoires de la Direction des Mines no 136, 1957.
132. "Analyses of Canadian coals and peat fuels" par J.H.H. Nicolls; Rapport 831 de la Direction des Mines, 1952.
133. "Evaluation of Canadian commercial coals: Nova Scotia and New Brunswick, 1971" par T.E. Tibbetts et W.J. Montgomery; Circulaire d'information 287 de la Direction des Mines, 1972.
134. "Evaluation of Canadian commercial coals: Saskatchewan, Alberta and British Columbia, 1971" par T.E. Tibbetts; Circulaire d'information 291 de la Direction des Mines, 1972.
135. "Chemical analyses of the ash of Canadian coals" par W.J. Montgomery, J.Z. Skulski, G.C. Anderson

- et J.G. Jorgensen; Circulaire d'information 248 de la Direction des Mines, janvier 1970.
136. "Symposium on the science and technology of coal"; Volume spécial pour le Centenaire publié par la Direction des Mines, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, 1967.
137. "The cold water process for the recovery of the bitumen from the bituminous sands of Alberta in 4 parts":
Partie I - "Sampling procedure and analytical methods for the control and evaluation of the pilot plant operation" par F.E. Goodspeed, J.G. Holland, R.G. Draper et H. McD. Chantler; Rapport 260, du Laboratoire de recherche sur les combustibles, 1957;
Partie II - "Tabulated summary of all the analytical results associated with the control and evaluation of the pilot plant operation", par les mêmes auteurs que la partie I; Rapport 264 du Laboratoire de recherche sur les combustibles, 1957;
Partie III - "The evaluation of the surface active agents for use in the cold water separation process" par D.S. Montgomery et M.P. Pleet; Rapport d'enquête 54-81 de la Direction des Mines, 1958;
Partie IV - "Diluent recovery, dehydration and coking of the wet diluted bitumen" par F.L. Booth, R.E. Carson, C.J. Burrough et T.E. Warren; Rapport 208/58 des Mémoires techniques, 1958.
138. "Proceedings of Athabasca Oil Sands Conference", Edmonton, Septembre 1951.
139. "Analyses and characteristics of oil samples from..." par R.P. Charbonnier, R.G. Draper, W.H. Harper et A. Yates, 1969. Toutes sont des Circulaires d'information de la Direction des Mines:
... "New Brunswick, Newfoundland and Nova Scotia", CI 215;
... "Québec", CI 216; tableaux bilingues
... "British Columbia and Northwest Territories", CI 220;
... "Manitoba", CI 221;
... "Ontario", CI 228;
... "Saskatchewan", CI 231;
... "Alberta", CI 232.
140. "Study of the Athabasca bitumen from Abasand Quarry, Alberta, Canada" par M.L. Boyd et D.S. Montgomery; tous sont des Rapports de la Direction des Mines:
Partie 1 - R 78, 1961;
Partie 2 - R 88, 1961;
Partie 3 - R 104, 1962.
141. "Study of sedimented organic matter and its natural derivatives" par L.H. King, F.E. Goodspeed et D.S. Montgomery, avec appendices de M.M.F. Millson; Rapport de recherche R 114 de la Direction des Mines, 1963.
142. "A combustion handbook for Canadian fuels":
Vol. 1 - "Fuel oil" par F.D. Friedrich, Monographie 877 de la Direction des Mines, 1969;
Vol. 2 - "Gaseous fuels" par F.D. Friedrich et A.C.S. Hayden; Monographie 879 de la Direction des Mines, 1973;
Vol. 3 - "Coal" (en deux parties) F.D. Friedrich et A.C.S. Hayden; Monographie 882 de la Direction des Mines, 1974.
143. "Jet piercing research project" par le personnel de la Direction des Mines, Rapport d'enquête 62-27 de la Direction des Mines, 1962.
144. "Proceedings of the Boyer Conference - First conference on fuel technology in Canada", mai 1963; Imprimeur de la Reine, 1964.
145. Principes de la mécanique des roches par D.F. Coates, 1965, Monographie 874 de la Direction des Mines (édition anglaise "Rock mechanics principles" revue en 1967 et en 1970).
146. "Incremental design in rock mechanics" par D.F. Coates et M. Gyenge; Monographie 880 de la Direction des Mines, 1973.
147. "Pillar loading" par D.F. Coates (en 4 parties); toutes sont des Rapports de recherche de la Direction des Mines;
Partie I - "Literature survey and new hypotheses"; R 168, 1965;
Partie II - "Model studies"; R 170, 1965;
Partie III - "Field measurements"; R 180, 1966;
Partie IV - "Inclined workings"; R 193, 1966.

Chapitre 7

148. "Pit slope manual and supplements", tous des rapports de CANMET faits en 1977 sauf le chapitre 1 (1976);
Chapitre 1, Sommaire (aussi en anglais), rapport 76-22;
Chapitre 2, "Structural geology", Rapport 77-41; Supplément 2-1, "DISCODAT computer program", Rapport 77-18; Supplément 2-2, "Domain analysis program", Rapport 77-19; Supplément 2-3, "Geophysics for open pit sites", Rapport 77-22; Supplément 2-4, "Joint mapping by terrestrial photogrammetry", Rapport 77-23; Supplément 2-5, "Structural geology case history", Rapport 77-24;
Chapitre 3, "Mechanical properties", Rapport 77-12, Supplément 3-1, "Laboratory classification tests", Rapport 77-25; Supplément 3-2, "Laboratory tests for design parameters", Rapport 77-26; Supplément 3-3, "In situ field tests", Rapport 77-27; Supplément 3-4, "Selected soil tests", Rapport

77-28; Supplément 3-5, "Sampling and specimen preparation", Rapport 77-29;
 Chapitre 4, "Groundwater", Rapport 77-13; Supplément 4-1, "Computer manual for seepage analysis", Rapport 77-30;
 Chapitre 5, "Design", Rapport 77-5; Supplément 5-1, "Plane shear analysis", Rapport 77-16; Supplément 5-2, "Rotational shear sliding: analysis and computer programs", Rapport 77-17; Supplément 5-3, "Financial computer programs", Rapport 77-6;
 Chapitre 6, "Mechanical support", Rapport 77-3; Supplément 6-1, "Buttresses and retaining walls", Rapport 77-4;
 Chapitre 7, "Perimeter blasting", Rapport 77-14;
 Chapitre 8, "Monitoring", Rapport 77-15;
 Chapitre 9, "Waste embankments", Rapport 77-01;
 Chapitre 10, "Environmental planning", Rapport 77-2;
 Supplément 10-1, "Reclamation by vegetation", Vol. 1 - "Mine waste description and case his-

tories", Rapport 77-31, Vol. 2 - "Mine waste inventory by satellite imagery", Rapport 77-58.
 Les programmes d'informatique suivants sont aussi disponibles:

Série 1, "Financial analysis";
 Série 2, "Rotational shear analysis",
 Série 3, "Sliding stability analysis";
 Série 4, "Groundwater seepage",
 Série 5, "Analysis of structural geological data (DISCODAT)";
 Série 6, "Analysis of structural geological domains".

Avis: Les agents du Projet sur les pentes des mines à ciel ouvert ont été successivement D.F. Coates, M. Gyenge, et R. Sage assistés de G. Herget, B. Hoare, G. Laroque, D.R. Murray et M. Service pour la gestion du programme. Certains auteurs viennent d'universités ou d'entreprises d'ingénieurs-conseil.

APPENDICE

MEMBRES DU PERSONNEL DE LA DIRECTION DES MINES, INCLUANT CEUX DE LA
DIVISION DES EXPLOSIFS ET DE L'ESSAYERIE DU CANADA, À VANCOUVER,
QUI ONT ÉTÉ EMPLOYÉS DURANT 10 ANS OU PLUS, DE 1901 À DÉCEMBRE 1975

Nous nous sommes efforcés d'éviter toute omission. Toutefois, les dossiers du personnel étant incomplets, nous regrettons vivement toute lacune que la liste ci-dessous puisse présenter.

La lettre (E) signifie qu'un(e) employé(e) a travaillé entièrement ou en partie pour la Division des explosifs, alors que la lettre (V) se rapporte à l'Essayerie du Canada. Un trait d'union (-) après la dernière date indique que l'employé(e) faisait toujours partie du personnel de la Direction à la fin de l'année 1975.

LES DAMES DE LA DIRECTION DES MINES

BARON, Mlle L.	1942 - 1964	LAZUK, Mme D.M.	1956 - 1973
BECKER, Mlle V.G.	1927 - 1956	LECLAIR, Mme C.M.	1950 - 1964
BERRIGAN, Mme C.M.	1955 -		
BOTTOMLEY, Mme R.J.	1954 - 1960, 1971 -	MacCORMACK, Mlle M.A.	1949 -
BOYD, Dr M.L.	1948 - 1975	MacGREGOR, Mlle G.C.	1907 - 1940
BRABAZON, Mme E.E.	1965 - 1975	MARION, Mme I.F.	1959 -
BROWN, Mme G.D.	1954 - 1956, 1963 -	MARK, Mlle E.	1961 -
BYRNES, Mme A.J. (E)	1937 - 1958	MARTINEAU, Mme G.I.	1960 -
		MAURER, Mme E.B.	1947 - 1964
CAIN, Mme B.P.	1953 - 1973	McCANN, Mlle L.M.	1915 - 1938
CAMERON, Mlle H.F.	1921 - 1940	McCONNELL, Mlle D.R.	1954 - 1965
CASSIDY, Mme A.M.	1952 - 1962	McDIARMID, Mme V.M.	1956 -
COTIE, Mme M.E.	1963 -	McDONALD, Mme M.	1959 -
CUTHBERTSON, Mlle E.K.	1934 - 1945	McLAREN, Mme N.M.	1960 -
		McLEISH, Mlle R.L.	1908 - 1950
DAVIDSON, Mlle B.R.	1911 - 1937	MILLS, Mlle R.H.	1948 -
DELANEY, Mlle A.M.	1924 - 1936	MINER, Mme M.L.	1956 - 1975
DOLAN, Mlle M.J.	1953 -	MOLOUGHNEY, Mme A.M.N.	1946 - 1956
DONALDSON, Mme E.M.	1951 -	MUIRHEAD, Mlle M.E.	1950 - 1972
DOYLE, Mlle E.N.	1945 - 1972		
FAUTEUX, Mme L.A.	1926 - 1944	NG-YELIM, Mlle J.	1958 -
FERGUSON, Mlle N.A.	1948 -	NIELD, Mme P.F.	1947 - 1957
		NUTHERS, Mme M.H.	1959 -
GAFFNEY, Mlle P.A.	1964 -	O'DRISCOLL, Mme B.J.	1954 - 1965
GIBSON, Mlle D.E.	1947 - 1973	OGILVIE, Mme O.P.R.	1913 - 1937
GILLIES, Mme S.M.	1965 -	ORME, Mlle J.	1901 - 1945
GOODSPEED, Mlle F.E.	1945 - 1965	OUDEKIRK, Mme C.A.	1964 -
GUIBORD, Mlle M.P.	1956 -		
		PECKHAM, Mlle G.M.	1963 -
HANDFORD, Mme L.R.	1955 - 1965	PEPPER, Mlle E.	1922 - 1943
HARDY, Mme A.M. (E)	1947 - 1969	PICARD, Mlle J.L.	1953 -
HEWSON, Mme V.	1948 - 1961	PURDY, Mme A.I.	1954 - 1972
HUGHES, Mme P.M.	1960 -		
HUTCHINGS, Mme E.S.	1937 - 1972	RALPH, Mlle M.S. (E)	1919 - 1956
		REED, Dr D.J. (Mme)	1955 - 1973
KANE, Mme M.A.	1946 - 1967	REID, Mlle M.F.	1929 - 1946
KELSO, Mme M.D.	1960 -	RICE, Mlle M.M.	1940 - 1968
KOSOWAN, Mlle A.	1953 - 1970	ROLKO, Mme V.H.E.	1951 - 1957, 1966 -
		ROUTLIFFE, Mme E.P.	1957 -

SAULTER, Mlle M.	1930 - 1963	TEGANO, Mme J.G.	1963 -
SIMPSON, Mme E.	1958 - 1972	THOMPSON, Mme M.	1955 - 1967
SLINN, Mlle D.E.	1923 - 1950		
SMITH, Mme P.A.	1964 -	VARETTE, Mme D.M.	1956 -
STEVENSON, Mme P.L.	1949 - 1975		
STEWART, Mlle D.M.	1913 - 1945	WELCH, Mlle K.T.	1949 -
ST. GERMAIN, Mme M.B.Y.	1948 -		

LES MESSIEURS DE LA DIRECTION DES MINES

ACRES, W.R.	1942 - 1973	BINETTE, R.J.	1955 -
AHMED, Dr S.M.	1965 -	BISSON, L.F.	1936 - 1948
ALEXANDER, G.E.	1951 -	BLACK, F.C.	1947 -
ALLAN, W.H.	1951 - 1965	BLACKBURN, N.G.	1947 - 1964
ALLISON, R.	1912 - 1927	BLAIS, L.J.	1956 -
AMBROSE, J.	1930 - 1956	BLAIS, M.	1945 -
ANDERSON, A.K.	1916 - 1953	BLANCHARD, F.C.	1965 -
ANDERSON, G.C.	1950 -	BLEAKNEY, H.H.	1930 - 1935, and 1952 - 1965
ANREP, Aleph von	1908 - 1918		
ARMSTRONG, H.W.	1936 - 1972	BOISSONNAULT, A.J.	1948 -
ATKINSON, J.E.	1953 -	BOND, J.C.	1947 - 1968
AUBRY, R.E.N.	1943 -	BOOTH, F.L.	1945 - 1975
AYERS, G.D.	1950 -	BOSWELL, F.W.	1949 - 1960
		BOTHAM, J.C.	1948 -
BADGER, S.R.M.	1930 - 1966	BOTT, W.H.	1947 -
BAILEY, R.P.	1961 - 1975	BOUVIER, J.A.F.	1951 -
BAINÉ, H.E.	1911 - 1933	BOWLES, J.E.H.	1946 - 1957
BAKER, A.J.	1948 - 1967	BOWLES, K.W.	1931 - 1971
BAKER, E.A.	1948 - 1961	BRABAZON, G.R.	1942 - 1965
BALTZER, C.E.	1923 - 1965	BRACKENBURY, E.B.	1949 -
BANKS, G.N.	1953 -	BRADLEY, J.F.	1949 - 1963
BANKS, J.C.	1947 - 1975	BRADLEY, G.J.	1953 -
BARDWELL, K.O.	1959 -	BRADLEY, J.H.B.	1948 -
BARKLEY, D.J.	1953 -	BRADLEY, M.J.B.	1949 -
BARNABY, R.L.	1958 - 1974	BRADY, E.L.	1954 -
BARNES, W.T.	1919 - 1946	BRADY, J.G.	1952 -
BARRETT, T.A.	1917 - 1951	BRANNEN, J.	1948 - 1958
BARRON, Dr K.	1960 -	BRANNEN, J.M.	1959 -
BART, H.H.	1951 - 1970	BREDIN, R.H.	1961 -
BART, J.H.	1951 -	BRENNAN, A.R.	1948 - 1966
BARTLEY, C.M.	1957 - 1974	BRETHOUR, F.W.	1945 - 1966
BEAUCHAMP, E.C.	1944 -	BRIGGS, D.C.	1958 -
BEAUPRE, A.	1943 - 1962	BRIGHT, Dr N.F.H.	1953 - 1974
BEAUPRE, J.L.	1950 -	BRINDAMOUR, D.	1943 - 1969
BEAUSEJOUR, R.	1930 - 1954	BRINDAMOUR, H.J.	1941 - 1972
BEDNAR, J.	1958 -	BROUSE, S.R.	1956 - 1970
BEER, H.L.	1927 - 1954	BROWN, A.	1949 - 1962
BEER, R.W.	1959 -	BROWN, D.A.	1964 -
BEHNKE, G.C.	1945 - 1971	BROWN, G.A.	1949 -
BELANGER, A.	1946 - 1971	BROWN, G.K.	1948 - 1975
BELANGER, P.E.	1949 -	BROWN, K.M.	1961 - 1973
BELL, D.R.	1956 -	BROWN, N.B.	1938 - 1960
BELL, K.E.	1960 -	BROWN, T.R.	1953 - 1968
BERRY, T.F.	1948 -	BROWNLEE, A.S.	1945 - 1975
BESS, F.	1928 - 1957	BRUCE, R.W.	1948 -
BETTENS, A.H.	1951 -	BUCHANAN, R.M.	1955 -
BIEFER, Dr G.H.	1960 -	BUCK, J.T.	1944 - 1960

BUCKMASTER, R.W.	1955 - 1972	CRAWLEY, Dr A.F.	1965 -
BUHR, R.K.	1953 -	CRERAR, P.A.	1944 - 1955
BUISSON, A.H.	1915 - 1950	CROBAR, G.E.	1959 - 1969
BURNS, W.K.	1948 - 1970	CUMMING, D.M.	1957 -
BURROUGH, E.J.	1927 - 1963	CUNNINGHAM, M.	1945 - 1969
BURSTOW, F.W.	1915 - 1940	CUNNINGHAM, Dr R.L.	1942 -
		CUSTEAU, J.W.	1929 - 1965
CABRI, Dr L.J.	1964 -		
CADIEUX, A.	1947 - 1957	DAFOE, I.A.	1945 - 1961
CAIRNS, F.J.	1920 - 1943	DAINTY, E.D.	1962 -
CAMPBELL, R.A.	1950 -	DALTON, J.L.	1964 -
CAMPBELL, W.P. (E)	1928 - 1937, and	DARKE, E.F.	1961 -
	1937 - 1955	DARLING, J.A. (E)	1951 -
CAMPBELL, W.P.	1947 -	DAVID, I.B.	1940 - 1961
CANNON, J.J.R.	1930 - 1946	DAVIE, A.	1917 - 1938
CARDIFF, J.D.	1946 - 1966	DAVIS, A.	1919 - 1937
CARMODY, R.V.	1945 -	DAVIS, K.G.	1961 -
CARNOCHAN, R.K.	1920 - 1940	DAVIS, T.E.	1944 - 1960
CARON, J.G.	1960 -	DEAN, Dr R.S.	1961 -
CARON, V.L.	1948 -	DELORME, C.A.	1943 - 1955
CARRIERE, J.G.H.	1949 -	DENIS, J.M.	1963 -
CARSON, R.E.	1948 -	DENNIS, G.J.W.	1956 -
CASEY, F.L.	1941 -	DERRY, B.M.	1914 - 1930
CASEY, J.M.	1909 - 1946	DERRY, C.A.	1930 - 1972
CERE, E.	1960 -	DESJARDINS, L.E.	1955 -
CERE, W.H.	1956 - 1971	DESJARDINS, R.	1953 -
CHANTLER, H. McD.	1924 - 1958	DEVINE, E.H.	1948 - 1969
CHARBONNIER, Dr R.P.	1954 -	DEVINE, N.M.	1958 - 1975
CHARETTE, D.J.	1946 -	DIBBS, Dr H.P.	1958 - 1972
CHARLEBOIS, R.A.J.	1953 - 1973	DIER, F.	1913 - 1931
CHARTRAND, E.	1913 - 1956	DINGLEY, W.	1945 -
CHASE, W.L.	1942 - 1966	DION, J.L.	1964 -
CHAURET, R.	1961 -	DIXON, C.F.	1954 -
CHILDE, C.H.J.	1964 -	DJINGHEUZIAN, L.E.	1948 - 1966
CLEMENT, L.A.	1954 -	DONAHOE, R.H.	1951 -
COATES, Dr D.F.	1963 -	DOWLING, D.F.	1947 - 1969
COCHRANE, T.S.	1951 -	DOWNES, Dr K.W.	1947 - 1974
COLBORNE, J.H.	1952 -	DRAPER, R.G.	1949 -
COLE, L.H.	1910 - 1949	DUNN, M.J.	1956 - 1970
COLEMAN, C.J.	1927 - 1967	DUNN, T.J.	1913 - 1937
COLLIN, L.P.	1923 - 1938	DUPUIS, J.P.	1962 -
COLLINGS, R.K.	1952 -		
CONNELL, G.P.	1923 - 1936	EARDLEY-WILMOT, V.L.	1921 - 1951
CONNOLLY, G.	1920 - 1937	EDWARDS, J.O.	1948 -
CONNOR, M.F.	1907 - 1918	EELES, Dr E.G.	1957 - 1970
CONNORS, E.F.	1945 -	EGAN, W.J.	1930 - 1942
CONSTANTINEAU, A.	1953 - 1964	EICHHOLZ, Dr G.G.	1948 - 1963
CONTRACTOR, Dr G.P.	1957 - 1972	ELLIOTT, S.A.	1927 - 1952
CONVEY, Dr John	1948 - 1973	ELLIS, J.A.	1946 -
COOK, J.R.	1957 - 1969	ELLIS, W.A.	1937 - 1953
COOK, S.R.	1960 -	ELLS, S.C.	1911 - 1945
CORNISH, R.W.	1930 - 1960	ELWORTHY, R.T.	1914 - 1927
COSTANZO, R.A.	1948 - 1963	EMMETT, J.R.	1955 -
COTTINGHAM, E.	1914 - 1946	ENSELL, G.	1926 - 1947
COUSINEAU, F.X.	1930 - 1956		
COUTURE, A.	1951 -	FARNHAM, G.S.	1925 - 1946
COYNE, B.P.	1917 - 1919, and	FARNHAM, M.M.	1913 - 1946
	1921 - 1950	FARQUHAR, J.B. (V)	1901 - 1932
CRAIG, R.R.	1947 - 1949, and	FAURSCHOU, D.K.	1951 -
	1956 -	FAWCETT, A.B.	1946 -

FAYE, G.H.	1950 -	HAANEL, B.F.	1905 - 1946
FEGREDO, Dr D.M.	1962 -	HAANEL, Dr E.	1901 - 1920
FELTRIN, M.	1929 - 1965	HALL, W.A.	1957 -
FERRIGAN, P.	1943 - 1969	HAMILTON, D.L.	1960 - 1975
FICKO, L.A.	1948 - 1960, and	HAMILTON, R.I.	1945 -
	1967 -	HAMON, E.J.	1955 -
FITZPATRICK, E.L.	1955 -	HANDY, G.E.	1946 -
FLANSBURY, J.P.	1941 - 1967	HANES, F.E.	1956 - 1974
FLEMING, R.	1937 - 1947	HANSON, A.J.	1955 -
FLETCHER, M.C. (E)	1921 - 1950	HARBEC, J.	1956 -
FLEURY, J.L.	1962 -	HARDY, H.R.	1953 -1966
FLEURY, L.C.F.	1953 - 1971	HARDY, T.W.	1914 - 1919, and
FLOOD, T.H.	1916 - 1949		1928 - 1934
FLOOD, W.J.	1924 - 1946	HARPER, W.H.	1927 - 1969
FORD, G.N. (V)	1909 - 1933	HARRINGTON, A.E.	1949 - 1969
FORTUNE, J.H.	1908 - 1931	HARRISON, F.	1919 - 1936
FOHSE, R.G.	1958 -	HARRISON, V.F.	1947 -
FOURNIER, J.A.	1937 - 1954	HARTMAN, F.H.	1959 - 1975
FRASER, H.S.	1946 - 1975	HAVERCROFT, W.E.	1947 - 1975
FRECHETTE, H.	1908 - 1946	HAW, V.A.	1950 - 1959, and
FRECHETTE, L.P.	1953 -		1961 -
FREDERICK, J.E.	1947 - 1967	HAWKINS, T.H.	1951 - 1970
FREEMAN, C.	1954 -	HAYCOCK, Dr M.H.	1931 - 1965
FREEMAN, C.H.	1913 - 1953	HAYES, S.J.	1941 - 1969
FRESQUE, C.	1912 - 1960	HAYSLIP, G.O.	1948 -
FRIEDRICH, F.D.	1957 -	HEATHERINGTON, G.W.	1935 - 1950
FRISCH, Dr H.	1960 - 1970	HEBERT, A.	1953 -
FRYZUK, P.	1961 -	HERBERT, C.R.	1927 - 1946
FYDELL, J.F.	1949 -	HERBERT, J.A.	1951 -
		HERNANDEZ, P.	1948 -
GADBOIS, M.	1947 - 1972	HERRMANN, Dr W.A.O.	1956 -
GAGNON, P.E.	1965 -	HERWIG, S.L.	1946 -
GAMEY, R.H.	1948 - 1964	HICKSON, R.P.	1927 - 1947
GARRISON, J.G.	1958 - 1974	HINTON, J.G.	1930 - 1957
GAUTHIER, R.J.	1965 -	HINTON, W.	1925 - 1938
GELLER, L.B.	1959 -	HITCHEN, A.	1952 -
GERTSMAN, S.L.	1946 -	HOBBS, A.C.	1930 - 1962
GILLESPIE, P.T.	1939 - 1951	HOBBS, K.L.	1964 - 1975
GILLIESON, Dr A.H.	1959 - 1975	HOLE, J.C.	1962 -
GILMORE, A.J.	1948 -	HOLMAN, S.	1917 - 1954
GILMORE, R.E.	1917 - 1919, and	HONEYWELL, W.R.	1948 - 1973
	1923 - 1954	HORWOOD, Dr J.L.	1947 -
GLAUDE, C.H.	1929 - 1973	HUDSON, J.G.S. (E)	1908 - 1929
GODARD, J.S.	1908 - 1913, and	HUDSON, H.P.	1921 - 1969
	1922 - 1931	HUFFMAN, H.R.	1948 - 1960
GOUDGE, M.F.	1923 - 1959	HUGHES, P.E.	1958 - 1975
GOURGON, E.	1941 - 1970	HUGHSON, M.R.	1952 -
GOW, W.A.	1946 -	HUNT, G.A.	1952 -
GRANT, A.V.	1947 - 1974	HUOT, R.B.	1955 -
GRANT, F.	1952 -	HUTCHINGS, W.	1943 - 1964
GRAVELLE, A.	1913 - 1937	HUTCHINGS, W.G.	1954 - 1966
GRAVES, H.A.	1947 - 1958		
GRAY, Dr W.M.	1953 -	IGNATIEFF, A.	1947 - 1972
GRENON, W.J.	1948 -	INGLES, J.C.	1949 - 1951, and
GUENETTE, H.	1946 - 1960		1952 -
GUENETTE, R.C.	1950 -	INGRAHAM, Dr T.R.	1953 - 1972
GUEST, R.J.	1948 -	INMAN, W.R.	1946 - 1969
GUILFOYLE, J.A.	1953 -		
GUINDON, H.P.	1961 -	JAMES, H.C.	1948 - 1975
GYENGE, M.	1962 -	JENKINS, W.S.	1930 - 1964

JOANISSE, L.	1941 - 1953	LAW, C.	1947 -
JOANISSE, P.E.	1929 - 1931, and 1936 - 1947	LEE, G.K.	1958 -
JOHNSTON, J.D.	1925 - 1960	LEFEBVRE, E.E.	1951 - 1974
JOHNSTON, N.O.	1952 -	LEFEBVRE, J.M.	1950 -
JOHNSTON, R.A.	1927 - 1941	LEFEBVRE, O.	1950 - 1973
JOLY, F.	1913 - 1936	LEMIEUX, G.R.	1965 -
JONES, R.J.	1945 - 1957	LENNON, H.T.	1941 - 1962
JONGEJAN, Dr A.	1957 -	LEPAGE, S.T.	1950 -
JORGENSEN, J.G.	1955 -	LESTER, E.	1915 - 1944
JOSLING, C.A.	1948 -	LETOURNEAU, J.J.G.	1965 -
JOY, L.O.	1950 -	LEVERIN, H.A.	1906 - 1944
JUBB, Dr J.T.	1965 -	LEVESQUE, A.J.	1953 -
JUNEAU, E.	1913 - 1940	LEWORTHY, G.E.	1924 - 1946
KAIMAN, S.	1946 -	LIGHTLE, H.R.	1945 - 1967
KANE, J.	1925 - 1945	LINDEMAN, E.	1905 - 1915
KAPPELLER, F.	1960 -	LISTER, D.F.	1950 - 1961, and 1966 -
KAYE, A. (V)	1906 - 1932	LIVELY, J.P.	1954 - 1965
KELLY, F.J.	1959 -	LIVIE, D.M.	1947 - 1974
KELSO, R.A.	1952 -	LLOYD, T.A.	1956 -
KENT, G.A.	1955 -	LOUTHOOD, B.	1957 - 1968
KING, A.D.	1949 -	LUCAS, B.H.	1958 -
KINSEY, H.V.	1942 -	LUI, Dr A.W.	1964 -
KIRKCONNELL, J.R.	1930 - 1947	LUTES, L.	1916 - 1967
KLINE, C.F.	1957 -	MABEE, H.C.	1911 - 1937
KNIGHT, G.	1965 -	MacDIARMID, D.A.	1948 - 1975
KNIGHT, R.F.	1958 -	MacDONALD, G.G.	1941 - 1952
KOBUS, R.S.	1960 -	MacDONALD, R.A.	1930 - 1948
KORNELSEN, E.D.	1948 - 1968	MacDONALD, W.A.	1951 -
KOWALCHUK, E.	1962 -	MacEACHERN, E.H.	1955 -
KOSOWAN J.A.	1942 -	MacGIBBON, P.E.	1942 - 1953
KRITSCH, A.	1910 - 1936	MacLEOD, J.D.	1959 -
KRITSCH, W.	1913 - 1956	MacMARTIN, L.J.	1911 - 1925
KRZYZEWSKI, J.V.	1954 -	MacPHEE, N.C.	1941 - 1957
LABELLE, L.	1925 - 1965	MacPHERSON, D.R.	1951 -
LACELLE, M.	1963 -	MADGWICK, T.G.	1932 - 1946
LACHAPELLE, P.R.	1947 -	MALETTE, M.J.	1955 -
LAFLAMME, V.	1917 - 1945	MALHOTRA, V.M.	1962 -
LAFORTUNE, R.	1965 -	MALLOCH, E.S.	1914 - 1947
LAFRENIERE, D.	1915 - 1945	MANTLE, A.W.	1910 - 1939
LAGOWSKI, B.	1956 -	MARIER, P.	1954 - 1972
LAKE, R.H.	1930 - 1974	MARSH, F.W.	1950 -
LALIBERTE, J.A.	1924 - 1948	MARTEL, J.G.R.	1947 - 1973
LALIBERTE, J.J.	1963 -	MARTINDALE, E.S.	1936 - 1953
LALONDE, C.R.	1957 -	MARTINEAU, W.A.	1946 - 1970
LANDON, J.E.	1958 - 1970	MATHIEU, G.I.	1960 -
LANDRY, R.H.	1949 - 1973	MATTHEWS, S.	1948 - 1959
LANG, W.I.	1951 - 1970	MAYOTTE, A.D.	1949 - 1961
LANGLEY, C.	1916 - 1926	McADAM, R.C.	1945 -
LAPOINTE, Dr C.M.	1945 - 1971	McCANN, H.V.	1938 - 1964
LAROCHELLE, A.E.	1926 - 1966	McCLELLAND, W.R.	1924 - 1956
LAROCQUE, G.	1959 -	McCOURT, V.A.	1947 - 1972
LAROCQUE, J.E.	1947 - 1957	McCREE, J.S.	1930 - 1969
LARSEN, P.A. (E)	1958 -	McCREEDY, H.H.	1954 -
LASALLE, E.M.	1950 - 1970	McDONALD, R.D.	1955 -
LAUDER, H.R.	1950 - 1970	McFARLANE, J.A.	1942 - 1963
LAUFER, Dr E.E.	1965 -	McGOEY, J.T.	1965 -
LAVIGNE, Dr M.J.	1948 - 1956, and 1973 -	McINTYRE, D.J.	1962 -
		McLEISH, J.	1907 - 1941
		McLEOD, W.	1960 - 1974

McMAHON, C.	1945 - 1973	O'DONOVAN, P.	1947 - 1975
McMAHON, J.F.	1925 - 1936	OFFORD, R.J.	1921 - 1958
McMASTER, C.H.	1951 -	O'GRADY, M.A.	1946 - 1970
McNAMARA, V.M.	1954 -	O'HARA, J.B.	1929 - 1955
MEIER, J.W.	1941 - 1970	O'HARA, J.O.	1948 -
MEIGM, G.H.	1950 - 1960	OLIVIER, B.G.	1945 - 1971
MELESKIE, K.R.	1961 -	O'NEIL, J.E.	1956 - 1966
MERCIER, H.	1927 - 1967	OVERTON, C.A.	1956 - 1969
MERRILL, W.H.	1947 -	OWEN, H.J.	1960 -
MIDDLETON, G.E. (V)	1901 - 1925	OWENS, D.R.	1954 -
MILKS, H.	1958 -		
MILLER, G.A.	1950 -	PALEN, G.E.	1949 -
MILLIKEN, K.S.	1950 -	PALOMBO, D.P.	1954 -
MILLSON, Dr M.F.	1954 - 1967	PANTELIMON, P.	1948 - 1970
MIRKOVICH, V.V.	1961 -	PAQUETTE, B.	1954 -
MITCHELL, Dr C.M.	1948 -	PARSONS, Dr B.I.	1955 -
MITCHELL, E.R.	1949 -	PARSONS, C.S.	1914 - 1918, and
MOGAN, J.P.	1957 -		1921 - 1951
MOHR, C.B. (E)	1923 - 1950	PARSONS, D.E.	1950 -
MOLOUGHNEY, J.L.	1942 - 1955	PARSONS, H.W.	1959 -
MOLOUGHNEY, P.E.	1956 -	PATRY, O.L.	1961 -
MONTGOMERY, Dr D.S.	1948 -	PEACOCK, A.J.	1946 - 1959
MONTGOMERY, W.J.	1948 -	PEARSE, W.H.	1926 - 1942
MONTONE, H.B.	1965 -	PEDEN, D.C.	1945 -
MONTURE, Dr G.C.	1939 - 1956	PEREIRA, L.H.S.	1910 - 1934
MOODIE, H.	1930 - 1946	PERRIN, L.A.	1956 - 1971
MOODIE, R.P.	1929 - 1946	PERRY, J.A.	1945 - 1974
MOORE, R.H.	1948 - 1969	PETRUK, Dr W.	1960 -
MORAN, J.	1916 - 1940	PHILLIPS, J.G.	1927 - 1956
MORAN, T.	1927 - 1951	PICHER, R.H.	1917 - 1954
MULFORD, P.E. (V)	1918 - 1933	PICKETT, D.E.	1954 - 1974
MUNRO, D.A.	1956 -	PICKFORD, H.N.	1949 - 1966
MURPHY, G.W.	1957 - 1971	PILGRIM, R.F.	1948 -
MURRAY, E.J.	1949 -	PINARD, R.G.	1957 -
MURTON, A.E.	1944 -	PLEET, M.P.	1948 -
		PLOSENSKI, M.M.	1959 - 1974
NADON, L.C.	1949 - 1973	PLOUFFE, A.	1943 - 1955
NANDI, Dr B.	1963 -	PLUNKETT, N.	1942 - 1957
NARRAWAY, R.V.	1953 -	POIRIER, J.L.	1928 - 1963
NEATE, F.G.	1929 - 1941	POLLARD, W.A.	1952 -
NEBESAR, B.	1964 -	POST, B.C.	1961 -
NEELANDS, R.E.	1945 - 1957	POULIN, J.A.	1949 -
NELSON, G.L.	1956 -	PREST, E.J.	1957 -
NEVIN, J.T.	1950 -	PRICE, K.T.	1958 -
NICHOLS, H.J.	1943 - 1958	PRINCE, Dr A.T.	1946 - 1965
NICKEL, Dr E.H.	1953 - 1971	PRITCHARD, J.S.	1932 - 1947
NICOLLS, J.H.H.	1914 - 1949	PRITCHETT, E.A. (V)	1914 - 1932
NOEL, G.J.	1955 -	PUGLIESE, R.J.	1956 -
NOLAN, G.W.	1948 - 1971	PURDY, C.J.	1955 - 1971
NOLAN, L.M.	1952 -		
NOLAN, M.J.	1948 - 1974	QUINN, L.J.	1949 - 1974
NORMAN, D.M.	1961 -	QUINSEY, D.H.	1959 - 1970
NORRISH, W.H.	1936 - 1962		
NORTON, C.H.	1924 - 1958	RABBITS, A.T.	1947 - 1953, and
			1961 - 1974
OAKLEY, P.E.	1953 -	RAICEVIC, D.	1965 -
O'BRIEN, F.J.	1950 -	RALPH, M.S.	1941 -
O'BRIEN, W.	1924 - 1949	RAMEY, N.J.	1961 -
O'BRIEN, W.A.	1922 - 1950	RANDALL, N. (E)	1940 - 1950
O'CONNOR, H.J.	1948 - 1965	REAUME, G.A.	1926 - 1969

REEVES, J.E.	1956 - 1969	SHAW, Dr G.T.	1944 - 1972
REID, W.	1914 - 1945	SHELDRIK, D.A.	1954 -
RENAUD, B.G.	1951 -	SHERWOOD, J.G.	1951 -
RENAUD, E.J.	1950 -	SHIELDS, J.E.	1951 -
RENAUD, G.A.	1914 - 1956	SICKMAN, E.H.J.	1962 -
RENAUD, H.J.	1930 - 1973	SILVER, S.	1956 -
RETHIER, M.A.	1964 -	SIMARD, G.V.	1930 - 1947
REYNOLDS, A.J.	1935 - 1971	SIMARD, J.P.	1960 -
REYNOLDS, T.M.	1927 - 1947	SIMARD, R.	1948 - 1962
REZNICK, M.J.	1958 -	SIRIANNI, G.V.	1949 -
RICE, D.A.	1937 - 1963	SIROIS, L.L.	1961 -
RICHARD, E.	1916 - 1936	SKELLY, Dr H.M.	1961 -
RICHARDS, E.J.	1928 - 1946	SKULSKI, J.Z.	1964 -
RICHARDS, L.C.	1953 -	SMELSKY, G.	1952 -
RICHARDSON, A.E.	1927 - 1939	SMITH, D.A.	1943 - 1953
RICHARDSON, G.W.	1920 - 1930	SMITH, Dr E.	1958 -
RILEY, G.W.	1964 -	SMITH, E.D.	1952 -
RIOPELLE, S.F.	1946 - 1971	SMITH, G.D.	1953 - 1975
RIPLEY, L.G.	1950 -	SMITH, H.W.	1945 - 1974
RIVINGTON, J.A.	1927 - 1947	SMITH, L.P.	1952 - 1963
ROBERTS, Dr W.N.	1957 -	SMITH, R.A.	1945 - 1958
ROBERTSON, W.G.	1953 - 1972	SMITH, T.B.	1937 - 1955
ROBINSON, A.H.A.	1911 - 1938	SOLES, J.A.	1961 -
ROBINSON, B.G.	1928 - 1945	SOROCHAN, J.M.	1952 -
ROBINSON, D. (V)	1907 - 1932	SPENCE, H.S.	1910 - 1949
ROBINSON, J.E.	1929 - 1949	SPENCE, N.S.	1953 - 1975
ROCQUE, K.A.	1950 -	STANSFIELD, E.	1910 - 1921
ROEBUCK, D.W.	1960 - 1974	STEFANICH, W.N.	1965 -
ROGERS, R.A.	1924 - 1956	STEMEROWICZ, A.I.	1963 -
ROGERS, Dr R.R.	1944 - 1969	STEVENSON, D.A. (E)	1951 - 1967
ROLOSON, F.P.	1948 - 1970	STEWART, J.	1941 - 1968
ROONEY, R.	1936 - 1961	STEWART, J.M.	1949 -
ROSBOROUGH, P.G.	1951 - 1973	STOTESBURY, J. (E)	1922 - 1942
ROSEWARNE, P.V.	1921 - 1954	STRONG, R.A.	1924 - 1945
ROULEAU, J.N.	1945 - 1960	SUGRUE, J.	1915 - 1944
ROUTLIFFE, J.D.	1947 - 1973	SULLIVAN, J.D.	1950 - 1973
ROWE, C.G.	1958 - 1972	SULLIVAN, W.J.	1925 - 1946
ROWLAND, J.F.	1949 -	SUTARNO, Dr R.	1965 -
ROZENHART, C.J.F.	1953 -	SUTHERLAND, E.	1942 - 1964
		SVIKIS, V.D.	1953 - 1970
SABOURIN, R.G.	1950 -	SWAIN, J.G.	1948 -
SABOURIN, V.	1946 - 1968	SWARTZMAN, E.	1928 - 1960
SADLER, A.	1919 - 1954	SWIMMINGS, C.	1937 - 1950
SAIDDINGTON, J.C.	1961 -	SWIMMINGS, E.A.	1944 - 1955
ST. LOUIS, A.V.	1960 -	SWIMMINGS, E.K.	1953 -
SALA, J.C.	1956 - 1970	SWINNERTON, A.A.	1921 - 1958
SALLY, A.R.	1951 -	SYLVESTRE, J.G.	1948 -
SAMSON, S.F.	1954 -		
SATHTERTHWAIT, E.	1941 - 1964	TAILLEFER, J.P.	1965 -
SAURIOL, L.N.	1952 - 1963	TAYLOR, R.W.	1954 -
SAVIGNAC, D.G.	1963 -	THIRKELL, V.R. (V)	1920 - 1932
SAWATZKY, Dr H.	1959 -	THOMAS, G.	1950 - 1967
SEBISTY, J.J.	1951 -	THOMAS, J.F.J.	1946 - 1965
SEELEY, A.F.	1951 - 1964	THOMAS, L.O.	1941 - 1953
SEELY, P.B.	1930 - 1965	THOMPSON, E.A.	1918 - 1937
SHAHEEN, L.E.	1954 -	THOMSON, Dr R.	1964 -
SHANKS, D.I.	1950 -	THURSTON, R.C.A.	1946 - 1975
SHANKS, G.W.	1953 -	TIBBETTS, T.E.	1952 -
SHANNON, P.E.	1929 - 1972	TIMM, F.M.	1948 - 1961
SHARPE, S.G.	1952 - 1975	TIMM, W.B.	1913 - 1950

TIMMS, E.R.	1963 -	WEINBERG, Dr F.	1951 - 1967
TIMMS, F.C.	1954 -	WELD, H.M.	1948 -
TINGLEY, I.I.	1953 - 1964	WESTFALL, A.	1942 - 1968
TIPPINS, J.F.	1948 -	WESTON, T.B.	1948 -
TODERAN, G.	1960 -	WESTWOOD, D.	1914 - 1942
TODKILL, P.J.	1949 -	WHALLEY, Dr B.J.P.	1950 -
TOEWS, N.A.	1958 -	WHITE, Dr D.W.G.	1957 -
TOLL, R.W.	1935 - 1949	WHITE, J.R.	1956 - 1970
TOUCHETTE, E.H.	1953 - 1965	WHITE, J.R.M.	1949 - 1974
TRAILL, R.J.	1916 - 1955	WHITE, W.E.	1930 - 1961
TRAVERSY, V.	1942 - 1954	WHITE, W.F.	1926 - 1953
TRAVERSY, W.J.	1954 - 1965	WILKINS, A.L.	1949 -
TRIPP, D.F.	1955 -	WILLIAMS, Dr A.J.	1954 -
TRUDEAU, E.J.	1944 - 1971	WILLIAMS, J.G.	1916 - 1946
TUPPER, E.C.	1958 -	WILLS, G.A.	1953 - 1973
TWIDALE, M.A.	1958 - 1971	WILSON, Dr A.W.G.	1909 - 1941
		WILSON, H.S.	1952 -
VALLEE, L.	1941 - 1966	WINER, A.A.	1962 -
VALLIERES, J.H.J.	1965 -	WINTERTON, Dr K.	1958 -
VANASSE, P.	1943 - 1973	WLODEK, Dr T.W.	1942 - 1970
VARY, C.A.	1949 -	WOODHOUSE, K.A.	1954 - 1964
VEZINA, J.A.	1960 - 1973	WOODROOFFE, H.M.	1946 - 1974
VIENS, G.E.	1945 -	WRAZEJ, Dr W.J.	1951 - 1964
VISMAN, Dr J.	1951 -	WRIGHT, I.F.	1948 - 1974
		WYMAN, R.A.	1954 -
WAIT, E.H.	1923 - 1957		
WAIT, F.G.	1907 - 1931	YANICK, F.	1940 - 1971
WALLACE, G.G.	1951 -	YAO, Dr Y.L.	1950 -
WALSH, Dr J.H.	1955 - 1974	YATES, A.	1950 -
WARA, W.	1951 - 1973	YORK, J.H.	1929 - 1946
WARBURTON, H.E. (V)	1914 - 1929	YOUNG, R.J.	1929 - 1957
WARD, J.J.	1952 - 1971	YU, Y.S.	1965 -
WARDLAW, H.E.	1950 - 1967		
WARNER, H.W.	1930 - 1941	ZAWADSKI, W.	1965 -
WARREN, H.D.	1950 - 1967	ZECHANOWITSCH, G.	1961 -
WARREN, Dr T.E.	1929 - 1952	ZEMGALS, L.K.	1958 -
WATTS, G.T.	1955 - 1966	ZIMMERMAN, J.B.	1947 -
WATTS, H.L.	1938 - 1948	ZOLDNERS, N.G.	1957 - 1974
WEATHERALL, M.H.	1953 - 1964	ZORYCHTA, H.	1951 - 1972
WEBSTER, Dr A.H.	1957 -	ZUMAR, H.	1931 - 1949
WEBSTER, C.H.	1946 -		









Energie, Mines et
Ressources Canada

Energy, Mines and
Resources Canada

CANMET

Centre canadien
de la technologie
des minéraux
et de l'énergie

Canada Centre
for Mineral
and Energy
Technology