

This document was produced  
by scanning the original publication.

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

4e.

# La prospection au Canada

A. H. Lang







LIBRARY / BIBLIOTHÈQUE

JUL 7 1977

GEOLOGICAL SURVEY  
COMMISSION GÉOLOGIQUE

MC82

8C21 eg

7

4th edition

F

C. 2





# La prospection au Canada

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1976

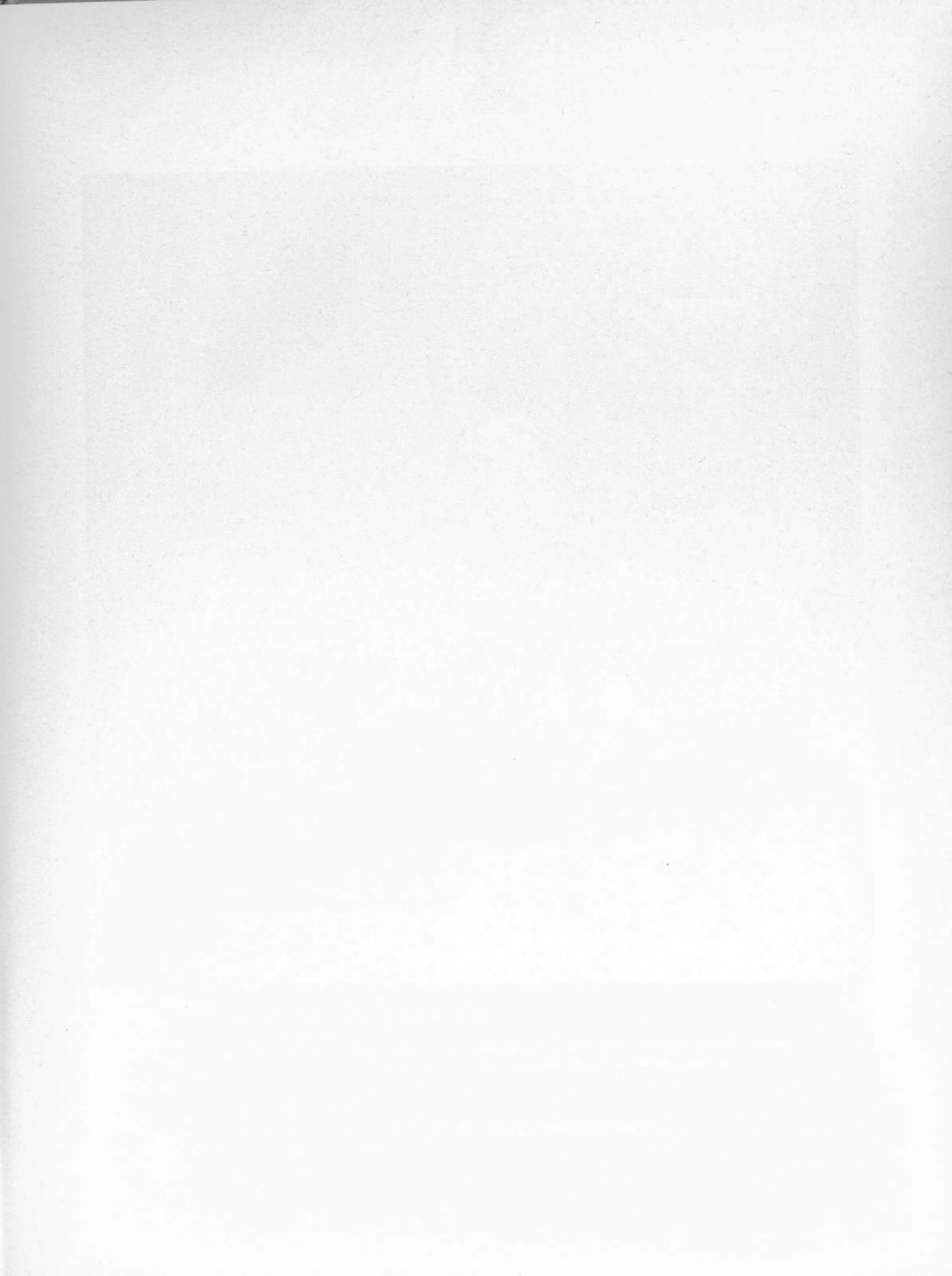
En vente par la poste:

Imprimerie et Édition  
Approvisionnements et Services Canada  
Ottawa, Canada K1A 0S9

ou chez votre libraire.

N° de catalogue M43-7/1976F    Prix: Canada: \$12.50  
ISBN 0-660-00619-7            Autres pays: \$15.00

Prix sujet à changement sans avis préalable.





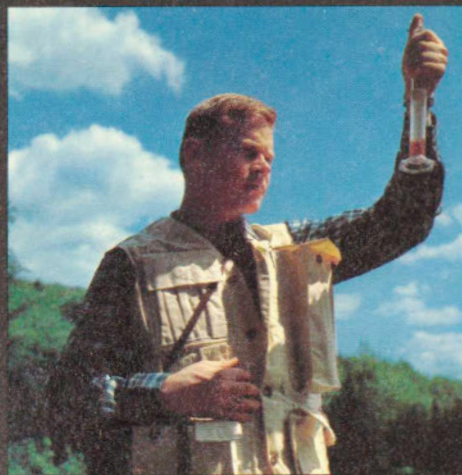
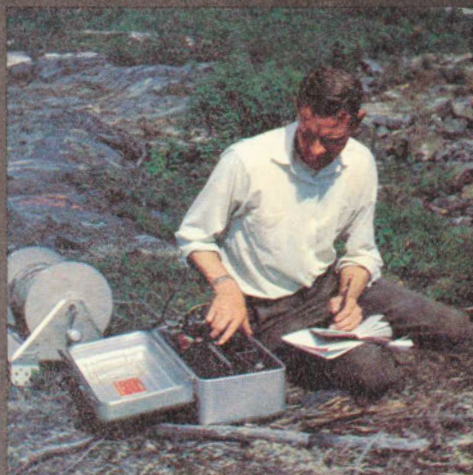
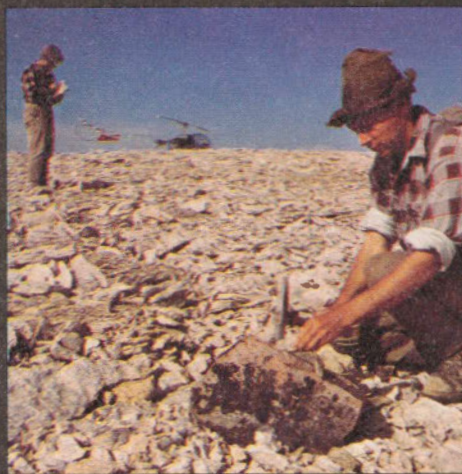


Planche I. Le prospecteur, le géologue, le géophysicien, le géochimiste — ils sont les quatre personnages qui participent dans la prospection moderne.

# La prospection au Canada

Collection "géologie économique", rapport n° 7

QUATRIÈME édition

A. H. Lang



La version française a été réalisée  
sous la direction de Fernand Doré

Commission géologique  
du Canada

Ministère de  
l'Énergie, des Mines et des Ressources  
Ottawa



## AVANT-PROPOS

La troisième édition du présent ouvrage a suscité un intérêt tel qu'il a fallu procéder à trois réimpressions en moins de dix ans. Mais pour tenir compte de l'évolution, rapide en ce domaine, une nouvelle édition s'imposait, qui a été confiée au même auteur.

Comme lors des éditions précédentes, il s'agit essentiellement d'un manuel de prospection classique en surface, qui s'accompagne d'une information suffisamment poussée sur la prospection moderne pour constituer une initiation valable aux techniques nouvelles. L'analyse des données sur la diffusion de la troisième édition a permis de constater que l'ouvrage était utilisé non seulement dans l'enseignement aux adultes et pour les études personnelles, mais aussi, et largement, comme documentation complémentaire dans les universités. On pouvait voir également qu'il était consulté par des cadres de compagnies minières, à titre d'information générale, par des spécialistes qui souhaitent en connaître davantage sur les méthodes récemment mises au point dans des disciplines autres que la leur, et par le grand public. Enfin, on notait l'importance de la demande en provenance de l'étranger. C'est en songeant à ces diverses utilisations que l'on a déterminé la matière de la présente édition et, particulièrement, que l'on a accordé aux techniques avancées une place plus importante que ne l'exigerait un ouvrage destiné aux seuls prospecteurs classiques.

Faut-il préciser qu'aucun ouvrage de format comparable ne saurait prétendre au titre de manuel de prospection de pointe.

Géologue, engagé pendant nombre d'années dans des recherches sur le terrain, puis responsable de divers projets au sein de la Commission géologique du Canada, l'auteur a en outre travaillé étroitement avec des prospecteurs et des compagnies minières.

Il nous plaît d'espérer que cette quatrième édition, comme les précédentes, sera utile à tous ceux qui œuvrent dans le secteur minier et qu'il permettra au plus grand nombre de se familiariser avec une activité d'une importance capitale pour l'économie canadienne.

OTTAWA, le 30 juillet 1976

Le Directeur général  
Commission géologique du Canada  
D. J. MCLAREN

# TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1	2	L'industrie minière au Canada
La prospection; son	3	Survol historique
évolution, ses	7	Depuis la seconde guerre mondiale
perspectives d'avenir	8	L'avenir immédiat de la prospection
	9	À propos du présent volume
	11	Remerciements
Chapitre 2	14	Désagrégation de l'écorce terrestre
Les fondements de la	19	Transport et sédimentation
géologie	20	Volcans et plutons
	24	Mouvements de la croûte terrestre
	26	Succession géologique
Chapitre 3	32	Minéraux
Minéraux et roches	32	Les éléments
	32	Qu'est-ce qu'un minéral?
	32	Classification des minéraux
	33	Identification des minéraux
	33	Perfectionnement des connaissances
	34	Roches
	34	Roches ignées
	39	Roches sédimentaires
	40	Roches métamorphiques
	42	Observations concernant les roches
Chapitre 4	44	Classification pratique des gîtes
Les gîtes minéraux	44	Considérations sur la valeur ou l'importance des gîtes
	44	Facilité de la découverte et de l'exploration
	45	Classement par produits
	46	La forme des gîtes
	47	Les gîtes consolidés et non consolidés
	47	Associations géologiques et autres
	49	Origine des gîtes
	50	Principales données et observations génétiques
	53	Principales théories génétiques
	57	Principales catégories de gîtes
	57	Gîtes de ségrégation magmatique
	57	Carbonatites et gîtes connexes
	57	Gîtes de pegmatites
	60	Gîtes métasomatiques

	60	Comblements de vides
	60	Gîtes de substitution
	61	Gîtes de plomb-zinc dans les roches carbonatées
	61	Gîtes de zone de cisaillement
	61	Gîtes de sulfure massifs
	62	Gîtes disséminés dans des roches siliceuses
	62	Gîtes sédimentaires
	65	Latérites et autres gîtes résiduels
	65	Gîtes supergènes
	66	Gîtes industriels
	66	Les combustibles minéraux
	66	La houille
	68	Le pétrole et le gaz naturel
<b>Chapitre 5</b>	73	<b>Le Bouclier canadien</b>
<b>Esquisse de la</b>	75	<b>Analyse du Bouclier canadien</b>
<b>géologie du Canada</b>	77	Province du lac Supérieur
	77	Province du Sud
	78	Province des Esclaves
	78	Province de Churchill
	78	Province de l'Ours
	78	Province de Nain
	78	Province de Grenville
	79	<b>Plates-formes</b>
	79	Plate-forme de l'Intérieur
	80	Plate-forme de l'Arctique
	80	Plate-forme du Saint-Laurent
	80	Plate-forme de l'Hudson
	80	Orogène des Appalaches
	82	Orogène de la Cordillère
	82	Cordillère occidentale
	83	Cordillère orientale
	84	Orogène inuitien
	84	Plateaux continentaux
	85	Effets de la glaciation
<b>Chapitre 6</b>	86	<b>Cours réguliers</b>
<b>La formation</b>	86	<b>Cours abrégés</b>
<b>professionnelle</b>	87	Cours par correspondance
	87	Études personnelles
	88	Apprentissage sur le terrain
<b>Chapitre 7</b>	90	<b>Vêtements et matériel en général</b>
<b>Le matériel et les</b>	93	<b>Protection contre les mouches et les maringouins</b>
<b>déplacements</b>	94	Provisions
	94	Ustensiles
	94	Matériel de prospection
	97	Transport
	101	Vie en forêt et autres questions connexes
<b>Chapitre 8</b>	104	<b>Caractéristiques des cartes et plans</b>
<b>Cartes, rapports et</b>	105	<b>Cartes topographiques</b>
<b>photographies</b>	108	<b>Cartes géologiques</b>
<b>aériennes</b>	109	<b>Cartes aéromagnétiques</b>
	109	Autres cartes
	109	Rapports géologiques

	110	Photographies aériennes
	111	Types de photographies aériennes
	113	Les photographies aériennes
<b>Chapitre 9</b>	114	Choix d'une région
<b>Méthodes de</b>	116	Après le choix de la région
<b>prospection</b>	117	Travail dans la région choisie
<b>conventionnelle</b>	122	Utilisation des photographies aériennes
	123	Inspection préliminaire d'une découverte
<b>Chapitre 10</b>	125	Applications de la géologie, de la géophysique et de la géochimie
<b>Méthodes spéciales</b>	126	Réalisations
<b>de prospection</b>	127	Choix des techniques
	128	Tendances récentes en prospection
	129	Gisements sous-marins
	130	Applications de l'informatique
<b>Chapitre 11</b>	134	Rôle des géologues
<b>La géologie au service</b>	135	Notes particulières
<b>de la prospection</b>	135	Origines et âges des gîtes
	135	Lithologie et stratigraphie
	136	Tectoniques et structures
	137	Provinces et cartes minéralogiques et métallogéniques
	138	Minéralogie avancée
	139	La fluorescence
	140	Altération de la roche encaissante
	141	La photogéologie
	142	Roches et minéraux industriels
	142	Étude systématique des affleurements
	142	Recherche de traînées de minéraux dans les matériaux glaciaires
	144	Traitement des données géologiques
<b>Chapitre 12</b>	147	Méthodes magnétiques (par P. J. Hood)
<b>Prospection</b>	147	La boussole et l'aimant
<b>géophysique</b>	147	Propriétés magnétiques des roches
	148	Identification des minéraux magnétiques
	148	Prospection magnétique à la boussole
	149	La boussole d'inclinaison
	151	Magnétomètres au sol
	153	Magnétomètres aéroportés
	158	Méthodes sismiques (par George D. Hobson)
	162	Méthodes gravimétriques (par George D. Hobson)
	163	Méthodes radioactives
	163	Principes
	165	Détecteurs de radiations portatifs
	167	Choix et entretien des détecteurs
	168	Méthodes générales de prospection
	168	Levés radiométriques au sol
	171	Levés radiométriques aériens
	172	Méthodes électriques
	173	Méthode de la polarisation spontanée
	176	La méthode des résistivités
	177	Méthodes électromagnétiques
	180	Méthodes de polarisation provoquée

Chapitre 13	182	Introduction
Prospection	184	Dispersion et anomalies
géochimique	184	Halos de dispersion
	185	Anomalies
	186	Échantillonnage des roches
	186	Travaux au Canada
	187	Échantillonnage du sol
	188	Travaux au Canada
	190	Échantillonnage
	190	Échantillonnage des alluvions
	191	Travaux au Canada
	191	Échantillonnage des eaux
	192	Travaux au Canada
	192	Études de la végétation
	193	Prospection géobotanique
	193	Prospection biogéochimique
	194	Les indices
	194	Détection du mercure
	195	Préparation des échantillons
	196	Analyses
	197	Profils, plans et cartes
Chapitre 14	200	Appréciation des découvertes
Évaluation et	204	Évaluation des gîtes
appréciation des	204	Évaluation par le prospecteur
gîtes minéraux	207	Échantillonnage
	211	Levés et croquis
	213	Rapports des prospecteurs
	214	Recherches approfondies
	215	Sondages
	217	Exploration souterraine
	218	Forage et sautage
	220	Essais et analyses
	223	Estimation du tonnage et de la valeur
Chapitre 15	227	Abrasifs 227, aluminium 227, amiante 227, antimoine 229, argent
Métaux et minéraux		229, l'argile et ses produits 230, arsenic 230
	230	Barytine, bentonite 231, béryllium 231, bismuth 232
	232	Cadmium, calcium 232, césium 232, chaux et calcaire 232, chrome
		232, cobalt 233, cuivre 233
	237	Diatomite
	237	Étain
	238	Feldspath et syénite néphélinique, fer 238
	241	Gallium, germanium 241, graphite 241, gypse 242
	242	Indium, lithium 242
	243	Magnésite et brucite, magnésium 243, manganèse 243, mercure
		243, météorites 243, mica 245, molybdène 245
	246	Nickel, niobium (colombium) et tantale 249, Or 249
	251	Phosphate, pierre 252, pierres précieuses et minéraux rares 252,
		pigments 253, platine 253, plomb 254, potasse 256
	256	Radium, sable et gravier 256, sel 257, sélénium 257, silice 257,
		soufre 258, spath fluor 258, sulfate de soude 258
	258	Talc et matières talqueuses, tellure 259, terres rares 259, thorium
		259, titane 260, tungstène 260
	261	Uranium
	268	Vanadium, zinc 268, zirconium 271



Chapitre 16	272	Placers
Exploitation des placers et des filons	272	Origine et types des placers
	274	Notes historiques
	276	Méthodes de prospection des placers
	277	Reconnaissance de terrains alluvionnaires
	278	Exploitation rudimentaire
	280	Exploitation mécanisée
	280	Matériel de récupération des minéraux alluvionnaires
	281	Possibilités d'exploitation des placers
	282	Exploitation des filons
	282	Principes généraux
	283	Exploitation rudimentaire
Chapitre 17	288	Lois régissant la prospection et l'exploitation minières
Lois minières et autres questions apparentées	288	Historique
	289	Différents droits miniers
	289	Permis
	289	Territoires ouverts à la prospection d'émission
	290	Nombre et superficie des claims
	290	Jalonnement
	291	Enregistrement
	291	Travaux obligatoires
	292	Acquisition du titre
	292	Impôts et redevances
	292	Concessions minières
	292	Parcs
	292	Réserves indiennes
	292	Règlements concernant l'énergie atomique
	293	Financement des entreprises de prospection
	293	Prospecteurs amateurs
	293	Prospecteurs à temps partiel
	293	Prospecteurs à plein temps
	293	Syndicats
	294	L'emploi dans les sociétés minières
	294	Campagnes de prospection
	294	Aide de l'État aux prospecteurs
	294	Recherche de capitaux ou de travail
	294	Conventions
	295	Ventes des gîtes
	295	Services gouvernementaux
	296	La Commission géologique du Canada
	297	Services gouvernementaux provinciaux
Planches I		De la prospection classique aux techniques modernes (avant la page titre)
II		Lavage des alluvions aurifères à la batée 4
III		Prospecteur traditionnel de roche compacte 4
IV		Prospecteurs et géologues actuels utilisant des méthodes classiques 6
V		Érosion atmosphérique le long des fissures 14
VI		Érosion à l'œuvre sur les hauteurs 15
VII		Érosion en terrain montagneux, massif de Saint-Elie 15
VIII		Érosion par les chutes et rapides 16
IX		Érosion par les vagues 16
X A		Champs de glace et glaciers de vallée 17
X B		Grand glissement de terrain 17
XI		Sédiments charriés par des cours d'eau 18
XII		Cône alluvial formant un delta 19

XIII	Stock, dykes et filons-couches 20
XIV	Granite traversé par un dyke 21
XV	Filon-couches de granite 22
XVI	Filon-couches de gabbro 22
XVII	Érosion le long d'une grande faille 23
XVIII	Petites failles dans les formations ferrifères 23
XIX	Plan horizontal défectueux mis à nu par l'érosion 24
XX	Faille de chevauchement dans les Rocheuses 25
XXI	Plissement de strates lardées de calcaire et de schiste 25
XXII	Discordances entre le conglomérat protérozoïque basal et la roche archéenne de base 27
XXIII	Discordances entre diverses couches précambriennes 27
XXIV A	Diorite pénétrant du granite 35
XXIV B	Dyke de trapp qui pénètre le granite 35
XXIV C	Diabase 35
XXIV D	Dyke de porphyre à feldspath 35
XXV A	Dyke de pegmatite pénétrant le schiste 36
XXV B	Dyke de pegmatite pénétrant le grès 36
XXV C	Lave à rhyolite contenant des cassures polygonales 36
XXV D	Roche verte se présentant sous forme de coussins 36
XXVI A	Clivage de fractures dans une couche de tuf 37
XXVI B	Brèche volcanique 37
XXVI C	Conglomérat 37
XXVI D	Fractures dans du grès 37
XXVII A	Schiste 38
XXVII B	Roche calcaire 38
XXVII C	Dolomite 38
XXVII D	Grauwacke 38
XXVIII A	Ardoise 40
XXVIII B	Gneiss sédimentaire 40
XXIX A	Gneiss granitique tourmenté 41
XXIX B	Gneiss lit-par-lit 41
XXX	Gros filon de quartz rubané 46
XXXI	Veinules de quartz 46
XXXII	Veinules multiples 47
XXXIII	Ségrégation magmatique 55
XXXIV	Pegmatite 56
XXXV	Veinules de retrait 58
XXXVI	Veinules de substitution 58
XXXVII	Strates de substitution 58
XXXVIII A	Chapeau de fer 63
XXXVIII B	Coloration due à des minéraux secondaires d'uranium 63
XXXIX	Sable bitumineux 67
XL A	Une partie du Bouclier canadien, au nord de la limite boisée 74
XL B	Vue du Bouclier canadien, dans le nord de la Saskatchewan 74
XL C	Relief accidenté de la partie méridionale du Bouclier canadien 74
XLI	Chapel Arm, dans la partie est de Terre-Neuve 81
XLII A	Montagnes dentelées formées de couches sédimentaires 81
XLII B	Vue de la chaîne côtière, illustrant des roches plutoniques érodées 81
XLIII A	Vêtements de campagne et façon courante de charger des sacs à dos 91
XLIII B	Façon de porter à dos des fardeaux 91
XLIV	Matériel de prospection 95
XLV A	Petit canot 98
XLV B	Portage du canot 98
XLVI	Barque à moteur hors-bord 98

XLVII A	Canot de charge 99
XLVII B	Bateaux pneumatiques 99
XLVIII	Transport des canots par hydravion 99
XLIX	Attaches entrecroisées 100
L	Chevaux de bât 100
LI	Chevaux traversant à la nage un important cours d'eau 101
LII	Camp léger au Yukon 102
LIII	Cache à provisions 102
LIV	Un stéréoscope et deux photographies aériennes prises à la verticale 111
LV	Le lavage à la batée 122
LVI	Appréciation d'un gîte de scheelite 139
LVII	Boussole d'inclinaison 149
LVIII	Lecture du fluxmètre 152
LIX A	Aéronef doté de deux magnétomètres 153
LIX B	Magnétomètre aéroporté 153
LX A	Sismographe portatif 159
LX B	Levé sismique au marteau 159
LX C	Gravimètre moderne 159
LXI	Compteurs Geiger, scintillomètre et lampe à l'ultraviolet 166
LXII	Comment se servir d'un compteur 169
LXIII	Emploi de la méthode des résistivités 176
LXIV	Emploi de la méthode électromagnétique 178
LXV	Petites trousse géochimiques portatives 183
LXVI	Laboratoire d'essais géochimiques, installé sous la tente 189
LXVII A	Laboratoire mobile de spectrographie 196
LXVII B	Chambre de spectrographie, vue du fond de la roulotte 196
LXVIII	Filon de quartz mis à nu 205
LXIX	Tranchée dans le mort-terrain 206
LXX	Barrage en bois pour entraîner le mort-terrain 206
LXXI	Nettoyage d'une tranchée rocheuse avant le prélèvement des échantillons 207
LXXII A	Prélèvement d'échantillons d'un affleurement, au ciseau et au marteau 208
LXXII B	Échantillonnage souterrain par saignée au ciseau et au marteau 208
LXXII C	Échantillonnage par éclats, au pic de prospecteur 208
LXXII D	Mise à nu d'un affleurement, à l'aide d'une pioche 208
LXXIII	Foreuse à percussion 215
LXXIV	Couronnes à diamants de diamètre varié 216
LXXV	Foreuse à diamant 216
LXXVI	Chantier de forage au Yukon 217
LXXVII	Forage à la main 219
LXXVIII	Exploitation rudimentaire de placer d'autrefois 276
LXXIX	Exploitation de placer à l'aide d'une pelle mécanique, d'un sluice et d'un bulldozer 277
LXXX	Importante exploitation hydraulique 279
LXXXI A	Sluice à lattes transversales 279
LXXXI B	Sluice à lattes longitudinales 279
LXXXII	Sluice dans une grande exploitation de placer 281
LXXXIII	Concassage, tri et ensachage de minerai 284
LXXXIV	Petite installation 284
LXXXV A	Un arrastre moderne 285
LXXXV B	Un arrastre primitif 285
LXXXVI	Jalonnement 290
LXXXVII A	
LXXXVII B	

Figures	1	Batholite, stocks, dykes et filons-couches	22
	2	Représentation schématique de failles	26
	3	Représentation d'un affleurement de couches sédimentaires	26
	4	Coupe schématique de successions géologiques	28
	5	Gîte minéral affleurant et gîtes enfouis sous des morts-terrains	45
	6	Coupe transversale d'un gîte minéral	48
	7	Relations spatiales entre des gîtes minéraux et un batholite	51
	8	Relations spatiales et probablement génétiques entre diverses formes de gîtes et un grand pluton	52
	9	Différences entre une fissure filonienne et un filon de substitution	53
	10	Relations spatiales assez répandues dans le Bouclier canadien	61
	11	Schéma de structures pétrolifères	69
	12	Le Canada et ses principales régions	73
	13	Provinces et sous-provinces tectoniques du Bouclier canadien	76
	14	Principaux éléments géologiques de l'Ouest du Canada	83
	15	Explications des courbes de niveau	105
	16	Division d'un township	106
	17	Système national de référence cartographique	107
	18	Exemple de cheminements de prospection	118
	19	Levé de lignes fait en vue de la prospection à fond d'un claim	119
	20	Pourcentages approximatifs des découvertes exploitables de 1900 à 1966	129
	21	Délimitation d'une zone ferrifère par levé à la boussole	149
	22	Exemple d'un levé à la boussole d'inclinaison	151
	23	Schémas d'interprétation de données aéromagnétiques	155
	24	Lignes isomagnétiques relevées au magnétomètre aéroporté	156
	25	Décalage de lignes isomagnétiques dû au déplacement horizontal d'une faille	157
	26	Éloignement du point de frappe et durée de transmission	158
	27	Illustration théorique de méthodes sismiques	160
	28	Illustration des variations enregistrées par le compteur Geiger	164
	29	Effets de la radioactivité sur un compteur	165
	30	Levé radiométrique simple	170
	31	Emploi de la méthode de polarisation spontanée	174
	32	Schéma théorique de la méthode électromagnétique	178
	33	Cheminement hypothétique au-dessus d'un massif de minerai sulfuré	179
	34	Dessin schématique montrant les différents milieux étudiés par des méthodes de prospection géochimique	182
	35	Profil indiquant la teneur en plomb (prospection géochimique)	198
	36	Teneur en zinc indiquée aux points d'échantillonnage (prospection géochimique)	198
	37	Étude géochimique des sédiments	199
	38	Levé par cheminement fermé et méthode de compensation des erreurs	212
	39	Schéma de sondage au diamant	217
	40	Représentation schématique de l'agencement et du mode de fonctionnement du crible laveur	280



## Résumé

La présente étude vise à donner de la prospection classique au Canada une idée aussi complète que possible dans le cadre d'un ouvrage de format moyen. Elle se veut en outre une initiation, rapide mais à jour, aux nouvelles techniques souterraines. Le domaine du pétrole n'y est traité qu'à titre d'information générale.

Il suffit de songer à la place de l'industrie minière dans l'économie canadienne, à l'étendue de nos ressources minérales et, aussi, au fait que ces ressources ne peuvent être reconstituées, pour saisir l'importance considérable de la prospection. La compétence des prospecteurs classiques canadiens est depuis longtemps avérée même si, professionnels ou amateurs, ils n'ont jamais reçu une véritable formation scientifique et technique. Leur savoir, ils l'ont acquis par eux-mêmes ou en suivant des cours destinés aux adultes. Attirés, à l'origine, par l'or placérien, ils ont ensuite fait porter leurs recherches sur les filons affleurants. De l'avis des spécialistes, si les possibilités de la prospection classique sont limitées, elles n'en resteront pas moins relativement importantes pour plusieurs années encore.

Aujourd'hui, cependant, ce type de prospection a cédé le pas aux techniques modernes surtout dans la recherche de gisements recouverts de mort-terrain ou de roche stérile. Sur cent gîtes mis en exploitation entre la fin de la deuxième guerre mondiale et 1966, quarante avaient été découverts grâce à la prospection classique, trente-deux—entièrement ou principalement—à la suite d'études géologiques, et vingt-huit après des études géophysiques. Précisons que la part des études géophysiques s'est accrue au cours de la seconde moitié de cette période. Il faut aussi attribuer bon nombre de découvertes aux études géochimiques.

Si l'auteur, en rédigeant cette étude, a puisé d'abord à sa longue expérience à titre de géologue et d'expert-conseil auprès des prospecteurs et des compagnies minières, il a également bénéficié des conseils et des critiques de nombreux spécialistes du Ministère et de l'extérieur.

## Abstract

This book deals with prospecting in Canada in as much detail as is possible in one volume of medium size. It is a textbook on conventional prospecting but discusses advanced, sub-surface techniques only sufficiently to provide introductory, up-to-date information on what they involve. Petroleum is discussed briefly for general information only.

Prospecting is an important activity in Canada because mining forms a large sector of her economy, because of her large potential mineral areas, and because of her non-renewable nature of mineral resources. Canada has long been noted for her competent full-time and part-time conventional prospectors—men without advanced scientific or engineering training, many of whom attended adult-education classes in prospecting or studied alone. They searched for outcropping lodes and, in earlier times, for placer gold. Conventional prospecting is still significant and limited opportunities for it are expected to continue for many years. It has, however, been largely replaced by more advanced methods used mainly to search for deposits buried by overburden or barren rock. Analysis of histories of one hundred ore deposits found and brought into production in the 20 years from the end of World War II to 1966 indicated virtually that conventional prospecting was responsible for forty, geological studies entirely or mainly for thirty-two, and geophysics entirely or mainly for twenty-eight. The ratio of geophysical discoveries was higher in the latter part of the period. Geochemical studies assisted in several discoveries.

The writer's experience in geological work and in advising prospectors and companies was supplemented by advice from many qualified persons and by critical readings of many sections of the manuscript by authorities in the Department and outside it.

# la prospection; son évolution, ses perspectives d'avenir

Au Canada, la recherche des gîtes minéraux exploitables remonte à fort longtemps. Elle a gagné sans cesse en importance, plaçant notre industrie minière parmi les plus productives du monde. Est-il besoin de préciser que la prospection est à l'origine de l'industrie minière? Contrairement aux secteurs agricole et sylvicole, dont les ressources sont renouvelables, l'essor du secteur minier suppose de nouveaux gîtes pour suppléer les mines qui s'épuisent; le minerai de fer ne se reproduisant pas comme les plantes ou les animaux. Certes récupère-t-on quelques métaux pour le commerce de la ferraille, mais en quantité négligeable par rapport aux ressources d'une mine en pleine production. Seule la prospection permet d'assurer le progrès de l'industrie et son adaptation aux besoins changeants et croissants de la vie économique. Heureusement la géologie d'une grande partie du territoire canadien favorise la découverte de nouveaux minéraux.

Le milieu de la prospection a connu de nombreuses transformations touchant les prospecteurs, les méthodes, le matériel et les types de gîtes recherchés. Les premiers prospecteurs étaient des broussards dépourvus, ou presque, de connaissances techniques, qui devaient se livrer à de multiples activités pour gagner leur vie; ils avaient d'ailleurs plus d'une corde à leur arc. Mais les exigences de la prospection se feront plus grandes une fois découverts les gîtes les plus apparents. Une formation plus poussée s'impose. À mesure que se multiplient les possibilités d'accès à un enseignement technique de qualité, une autre génération de prospecteurs, compétents et pratiques, fait son apparition. L'on doit cependant aux broussards, dont l'habileté et la compétence faisaient l'envie des spécialistes étrangers, la découverte de nombreux placers et filons affleurants. Mais, le moment survient où l'or alluvionnaire se fait plus rare et où les filons des régions facilement accessibles sont presque tous repérés. D'ailleurs, les affleurements n'ont jamais l'importance de la roche de fond. Aussi, même si ce mode *classique* de prospection conserve son importance, particulièrement dans les territoires reculés, a-t-il fallu recourir aux méthodes scientifiques pour rechercher les gîtes enfouis. C'est le moment de l'entrée en scène des compagnies

minières et des sociétés d'explorations qui peuvent s'assurer les services d'ingénieurs et de scientifiques. Les organismes gouvernementaux en recrutent également dont la tâche est de recueillir et de fournir les données fondamentales à tous les prospecteurs: les *classiques* comme les *modernes*.

Par le présent ouvrage, nous nous proposons un double but: d'abord, offrir à ceux qui étudient la prospection — dans une maison d'enseignement ou par eux-mêmes — un manuel sur la prospection classique; ensuite, décrire brièvement, à l'intention des spécialistes, des cadres des entreprises minières, du public et de ceux qui s'intéressent à cette discipline ou à une activité connexe, les divers aspects de la prospection, de l'analyse et de l'appréciation des gîtes localisés. La prospection classique offre de moins en moins de débouchés, mais la prospection moderne, fondée sur des techniques avancées, a un besoin croissant de scientifiques et d'ingénieurs compétents. L'industrie minière emploie présentement un grand nombre de techniciens de diverses disciplines. Notre but, en présentant cet ouvrage, n'est pas d'expliquer dans le détail les techniques de pointe en ce domaine; ce qui nécessiterait plusieurs volumes. Plus modestement, nous tenterons de décrire de façon sommaire les méthodes en usage.

Si nous n'abordons que brièvement la prospection des gisements de gaz, de pétrole et de houille, c'est, d'une part, que cette question déborde le cadre de notre étude en ce qui a trait au pétrole et au gaz et que, d'autre part, les gisements houillers connus suffisent largement à la demande.

## L'INDUSTRIE MINIÈRE AU CANADA

Dès avant la confédération, le secteur minier occupait une place importante dans l'économie canadienne et son rôle a été déterminant dans l'expansion industrielle et commerciale du pays depuis la deuxième guerre mondiale. En 1968, on estimait la production minière totale à près de \$ 4 milliards, chiffre jamais atteint auparavant. Les métaux, minéraux et leurs dérivés constituent nos principaux produits d'exportation vers près de quatre-vingt-cinq pays. Ils contribuent à placer le Canada au troisième rang dans le commerce mondial.

Outre les métaux et les minéraux non métalliques, nous produisons du pétrole, du gaz naturel, de la houille et des matériaux de construction tels la pierre et le gravier; tous considérés comme produits miniers. En 1968, on estimait à quelque \$ 2,5 milliards la production des métaux; à \$ 1,3 milliard celle des combustibles; à près de \$ 459 millions celle des minéraux non métalliques et à plus de \$ 444 millions celle des matériaux de construction. C'est l'Ontario qui domine à cet égard, suivi du Québec et de la Colombie-Britannique.

Le Canada occupe le premier rang parmi les pays producteurs de nickel, de zinc et d'amiante; le troisième, en ce qui a trait à la production du plomb et de l'or; le quatrième pour ce qui est du fer et de l'argent; le cinquième chez les producteurs de cuivre. On y trouve

également les plus vastes réserves connues de minerais d'uranium, et sa production dans ce domaine était, il y a quelques années, la plus importante du monde. En valeur, elle supplantait toutes les autres productions. Les stocks accumulés dépassant la demande, on en a réduit la production. La reprise est cependant amorcée et les perspectives d'avenir sont prometteuses. Dans l'intervalle, par la valeur en dollars de sa production, le cuivre a devancé l'uranium. Quant à l'amiante, il domine depuis longtemps le secteur des minéraux non métalliques.

Fait important, l'industrie minière canadienne s'est développée surtout dans des régions impropres à l'agriculture et à l'industrie forestière. Elle y constitue souvent la seule ou la principale activité. Si l'économie des colonies et des territoires de l'Ouest et du Nord, qui autrefois reposait sur la traite des fourrures, se fonde, depuis 1860, sur l'industrie minière et les activités connexes, c'est grâce aux travaux de prospection et d'exploitation. Un regain de prospérité et l'assurance de la part des géologues qu'il s'y trouvait des ressources minérales inexploitées, ont favorisé l'unification de ces régions et le développement d'une infrastructure industrielle : routes, chemins de fer et autres installations permettant leur mise en valeur. On doit aussi relier aux exigences de la prospection l'établissement de services aériens assurés par des pilotes de brousse. On conçoit aisément l'importance de cette *révolution* en ce qui a trait aux déplacements, notamment dans le Grand Nord. L'industrie minière est appelée à un rôle considérable. L'amélioration constante des techniques de prospection sera déterminante à cet égard, surtout dans les domaines de l'extraction et du traitement des minerais afin d'en réduire le coût et de permettre la mise en valeur des gisements moins riches. Il faut aussi tendre à l'amélioration des techniques d'évaluation et d'analyse des gîtes découverts. Dans le passé moins de 1 p. 100 se sont avérés rentables. Cela tient à la nature même des gîtes et ne devrait donc pas rebuter les prospecteurs ; les compagnies minières se sont d'ailleurs adaptées à cette réalité. La nécessité de perfectionner les méthodes d'analyse et d'évaluation n'en est pas moins impérieuse si l'on veut réduire le coût des essais. L'intérêt des prospecteurs, des compagnies et des investisseurs s'en trouvera stimulé au profit du secteur tout entier.

## SURVOL HISTORIQUE

### Dans les temps anciens

D'une certaine façon, l'on peut dire que l'homme a fait de la prospection l'une de ses premières activités. Il y a environ 400 000 ans, il maniait déjà armes et outils de bois et de pierre. Quelque 200 000 ans plus tard, par suite de la découverte du feu, il devient habile à les tailler et à les façonner. Transformer l'argile en poterie était chose courante chez nombre de peuples primitifs, comme l'était l'art de créer des parures d'or et de pierres précieuses (notamment la turquoise) trouvés dans le lit des cours d'eau. L'extraction de l'or minier remonte sûrement

à 4000 avant l'ère chrétienne. Toutefois, le cuivre à l'état « natif » offrait plus d'intérêt. Plus résistant que l'or, on pouvait en le martelant le rendre plus dur encore. Dès l'antiquité, on exploitait les mines de sel à ciel ouvert. Dans certaines régions, le sel servait de monnaie d'échange. La découverte du cuivre et du bronze et de leurs multiples utilisations aura sans doute donné à l'homme les moyens les plus efficaces d'échapper aux forces aveugles de la nature. Sa vie en a été si profondément transformée que l'on désigne maintenant cette époque l'âge de bronze (ou de cuivre), par opposition à celle qui l'a précédé : l'âge de pierre. Par âge, nous n'entendons pas une période déterminée, mais un mode de vie, un type de culture s'accomplissant à travers plusieurs époques en diverses parties du monde. C'est ainsi que l'on peut dire des Esquimaux qu'ils sortent à peine de l'âge de pierre, et de certaines tribus de la Nouvelle-Guinée, découvertes ces dernières années, qu'elles y sont encore. En résumé, autant que la découverte du feu, de la roue, de l'agriculture et de la domestication des animaux, celle des métaux et des nombreux usages auxquels ils se prêtent a constitué une étape décisive dans l'évolution de l'homme.

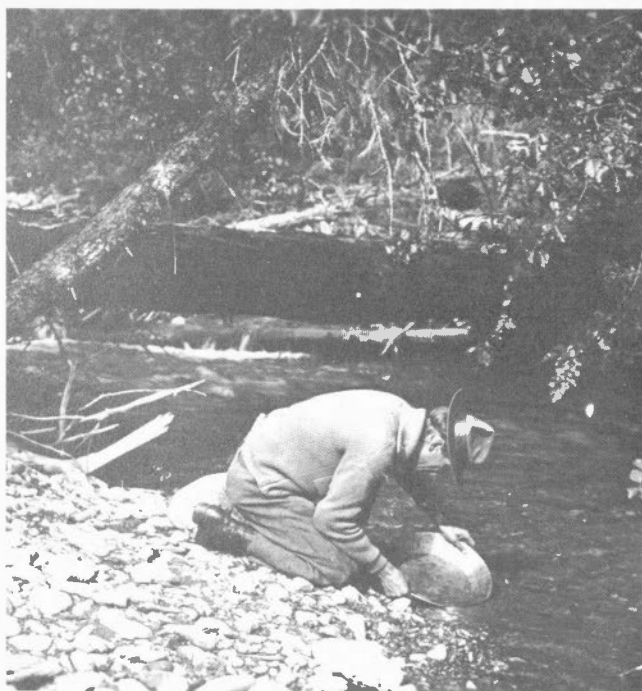
On croit que des tribus venues d'Asie centrale ont enseigné aux peuples des régions à l'est de la Méditerranée, l'usage du cuivre natif ou brut. C'est sans doute par eux que les Égéens ont appris, vers l'an 3500 avant l'ère chrétienne, les divers usages du cuivre. Plus tard, on devait découvrir qu'en soumettant les minerais à l'action du feu on pouvait fabriquer les métaux les plus usuels. Bien avant l'ère chrétienne, on utilise couramment l'or, l'argent, le cuivre, le fer, le plomb, l'étain, le mercure, la houille et nombre de pierres précieuses et fines. Des tombeaux égyptiens, datant de 4000 ans avant J.-C., regorgent de pierres précieuses et d'objets en or finement ouvrés. Les mineurs d'alors connaissent non seulement la prospection alluvionnaire qui leur procure minéraux et pierres d'ornement, mais aussi la prospection en profondeur. Ils creusent puits et galeries dans le roc en enfonçant des coins de cuivre ou de fer dans les crevasses. Puis ils allument des feux pour chauffer la paroi rocheuse qui se fend en refroidissant. L'extraction du minerai de cuivre à Chypre remonterait à 2500 ou même à 3000 ans avant J.-C. Dans les temps anciens, on utilise des fragments de métal en guise de monnaie et on en vient peu à peu à la frappe de pièces qui constituent les ancêtres de nos pièces de monnaie. Peu de documents existent sur l'art de la prospection dans les temps reculés. Il est indiscutable cependant que certains, particulièrement doués à cet égard, se sont consacrés à ce métier, dont ils ont transmis oralement les secrets à leurs proches ou à leurs descendants. Des documents et des vestiges indiquent que l'industrie minière était florissante chez les Romains et même qu'ils possédaient des rudiments de minéralogie et de géologie. D'autres écrits anciens permettent d'affirmer que la Chine connaissait, dès les temps reculés, l'existence de l'or, du cuivre et de l'étain. On y fait même état de certaines plantes permettant de repérer ces minéraux.



Jusqu'au moyen âge, toutefois, malgré les témoignages qui permettent de croire à l'existence d'une science et d'un art de l'exploration minière, la prospection reste entachée de pratiques qui relèvent le plus souvent du hasard, du folklore et de la magie. Les techniques d'extraction des minerais et les sciences connexes, notamment la géologie et l'étude des gîtes minéraux, ont été mises au point dans les centres miniers de Bohême et de Saxe. C'est à un médecin de Saxe, Agricola, que l'on doit le premier traité général de caractère scientifique sur ces questions. On le lit avec intérêt encore de nos jours, Ainsi ce qu'il dit de la prospection :

« D'aucuns sont d'avis que les entreprises d'exploitation des métaux sont le résultat d'un concours fortuit de circonstances et que le travail de mineur, pénible et vil, constitue somme toute une entreprise exigeant moins d'habileté que de labeur. Pour ma part, lorsque je pèse soigneusement l'une après l'autre les particularités de ce travail, il m'apparaît tout autre. Le mineur doit posséder la plus grande compétence dans son métier pour savoir tout d'abord quelle montagne ou colline, quelle vallée ou plaine peut être explorée le plus avantageusement possible et quels endroits il doit laisser de côté ; de plus, il doit comprendre les filons, les veinules et les couches qu'il observe dans le roc. Il doit ensuite être parfaitement au courant des espèces nombreuses et variées de terres, d'humères, de gemmes, de pierres, de marbres, de roches, de métaux et de composés. »

L'industrie minière et la prospection doivent aussi beaucoup aux prospecteurs et aux mineurs qui ont découvert et mis en exploitation les mines de cuivre et



200277-V

Planche II Lavage des alluvions aurifères à la batée.

d'étain de Cornouailles. Depuis l'époque des Phéniciens jusqu'à nos jours, leur réputation a atteint les quatre coins du monde et leur science et leur technique font autorité.

Dans plusieurs pays, on a rouvert d'anciennes mines que l'on exploite avec succès selon les méthodes modernes. Au Canada, une compagnie a été récemment mise sur pied qui se propose de rouvrir et d'exploiter, si possible, certaines mines anciennes à l'étranger.

### Les débuts de la prospection au Canada

Les relations de voyage laissées par les premiers Européens à fouler la terre d'Amérique indiquent que les autochtones utilisaient des outils et des armes en pierre et même en cuivre. Nombre de petites carrières, exploitées alors par les indigènes, ont été retrouvées. Tous les explorateurs de l'époque étaient à la recherche d'or et de métaux. En 1497, Cabot note que les indigènes de Terre-Neuve utilisent le cuivre. En 1535, Cartier reçoit en cadeau un couteau en cuivre provenant, disait-on, de la région du Saguenay. Mais les pierres qu'il expédie en France — croyant qu'il s'agissait de diamants — n'ont aucune valeur. En 1576, Frobisher, rentrant en Angleterre après un voyage qui l'avait conduit à l'île de Baffin, y exhibe quelques roches que l'on estime être du minerai d'or. Sur la foi de ces échantillons il réussit, l'année suivante, à mettre sur pied une nouvelle expédition dont il ne rapporte cependant que des morceaux de roches sans valeur. Cette expédition n'aura toutefois pas été inutile en



200277-C

Planche III Prospecteur traditionnel de roche compacte (gracieuseté de Macmillan).

ce qu'elle marque la première tentative d'exploitation minière au Canada dont on ait le souvenir. Toutefois, comme on peut le constater par cet exemple, l'exploitation minière n'a pas toujours été faite sous le signe du réalisme. Quelques années plus tard, Champlain vient au Canada. Il compte, parmi les membres de sa suite, un spécialiste de l'exploitation minière du nom de Maître Simon. Ce dernier est chargé de déceler la présence de minéraux et de les mettre en valeur. En 1604, il signale la présence de gisements de fer et d'argent. Par la suite, les premiers colons français et anglais se livrent, dans l'est du Canada, à la prospection et à l'exploitation de quelques petites mines : mais l'industrie minière n'allait prendre véritablement son essor et les prospecteurs se multiplier qu'après la découverte des champs aurifères de l'Ouest. Rappelons les principales dates de la ruée vers l'or : Californie, 1849 ; Caribou, 1860 ; Klondike, 1896.

Au Canada, ces courses effrénées attirent surtout des aventuriers sans expérience. D'autres cependant se sont mis à l'école de ceux qui avaient participé aux ruées de Californie ou d'Australie, ou de Cornouaillais venus grossir les rangs des chercheurs d'or. Il en est également qui se sont joints aux mineurs des houillères d'Écosse que la Compagnie de la baie d'Hudson avait fait venir au pays. Les meilleurs cours d'eau aurifères étant jalonnés ou épuisés, quelques chercheurs se sont intéressés aux veines de quartz aurifère des collines et montagnes environnantes, pour ensuite s'attaquer aux riches filons d'argent et de plomb. C'était le début de la prospection des gîtes « en roche compacte » dans l'Ouest. Ils sont rejoints par des prospecteurs remontant de l'ouest des États-Unis, où les mines sont alors en pleine exploitation. C'est ainsi qu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et au début du XX<sup>e</sup>, la Colombie-Britannique occupe, parmi les provinces, le premier rang pour l'exploitation des placers et filons. À la même époque, d'importantes mines filoniennes sont également en opération en Ontario, dans les Cantons de l'Est et en Nouvelle-Écosse.

Ainsi apparaît la génération des prospecteurs de la vieille école. Les plus compétents ont une certaine connaissance pratique de la géologie et de l'extraction minière. Elle leur est en vérité de peu d'utilité puisqu'ils s'aventurent en des régions vierges où les minerais abondent et sont facilement repérables. Aussi, sont-ils avant tout des pionniers capables de voyager et de vivre dans les conditions les plus pénibles ; leur optimisme, leur persévérance, leur sens de l'hospitalité n'ont pas d'égal. Aimant la liberté et la vie errante, et décidés à tout tenter pour trouver le filon, ils sont prêts à tous les sacrifices. Sac au dos, se déplaçant à cheval ou en canot, ils fouillent les ruisseaux, sondent les collines et explorent les cours d'eau. Bientôt il ne reste, au sud de l'Arctique, que peu de territoire inexploré. Leurs méthodes de prospection ne sont guère différentes de celles qu'on utilisait dans l'antiquité. Elles se rattachent à ce qu'on appelle encore la prospection « directe », fondée principalement sur l'aptitude à reconnaître du premier coup d'œil les minéraux métalliques et les indices qui les accompagnent souvent, à remonter au

lieu d'origine de certains fragments de minéraux précieux, à utiliser la batée pour séparer les grains de minéraux métalliques lourds contenus dans le sable, le gravier ou la poussière de roche, à exposer la roche de fond en grattant le sol, en creusant des puits ou des tranchées d'exploration. Pour subsister et pourvoir à leurs besoins, ils s'adonnent à certains travaux d'exploitation de placers, ou s'emploient à divers travaux pendant de courtes périodes. Parfois, ils s'associent avec un homme d'affaires ou un professionnel de l'endroit qui leur fournit le matériel nécessaire. Certains d'entre eux ont découvert des mines (grandes ou petites) aujourd'hui épuisées, ainsi que nombre des mines toujours en production. Cependant, la plupart d'entre eux n'ont jamais découvert le fameux filon. Soulignons cependant que les métaux et les minéraux extraits des mines qu'ils ont aidé à découvrir constituent un apport direct à la richesse du pays. Nos réserves d'or, qui servent d'instrument d'échange en garantissant la convertibilité de nos billets de banque, en ont été augmentées, comme la production de métaux essentiels aux besoins du pays et au développement de nos exportations. En outre, ils ont grandement contribué à la transformation de notre économie qui reposait jusqu'alors sur la traite des fourrures. Une impulsion était donnée qui s'est répercutée dans tous les autres secteurs industriels, y compris l'agriculture. Ils ont ouvert un pays et favorisé l'implantation d'entreprises, le développement de nos ressources naturelles et, par voie de conséquence, permis l'essor de notre commerce intérieur et extérieur. Finalement, d'anciens « aventureux », imbus d'esprit d'entreprise, ont imprimé leur marque en d'autres secteurs d'activité où ils ont œuvré après avoir abandonné la prospection.

#### Fin du XIX<sup>e</sup> et début du XX<sup>e</sup> siècle

Jusqu'au début du présent siècle, la prospection « classique » domine : elle ne s'est transformée que peu à peu sans disparaître tout à fait. La construction du chemin de fer du Canadien Pacifique, entre 1880 et 1885, marque un tournant décisif. Désormais, les prospecteurs et autres pionniers de l'industrie minière peuvent se déplacer plus aisément ; le coût du minerai, des dérivés, et de leur transport, s'en trouve réduit. L'on peut donc entreprendre l'exploration des gîtes moins riches. Également, des chemins qui avaient eu l'occasion d'apprendre à forger le métal, à forer le roc et à dynamiter, alors qu'ils travaillaient à la construction du chemin de fer, s'engagent dans la prospection et l'exploitation minière. Certains même se consacrent alors à la prospection des filons. Leur savoir-faire souvent ne dépasse pas celui de leurs prédécesseurs.

Quelques-uns cependant acquièrent une compétence comparable à celle des meilleurs techniciens, sans compter en outre qu'ils font preuve d'un esprit d'initiative et de débrouillardise peu commun. Mais ils n'ont pas la tâche facile, les gîtes les plus accessibles et facilement repérables ont tous été découverts ; les diplômés du secondaire, toujours plus nombreux, leur livrent une concurrence de plus en plus vive.



Planche IV

Prospecteurs géologues actuels utilisant des méthodes classiques.

A. H. Lang

Certains termes employés dans la présente publication nous semblent nécessiter une définition très précise, vu l'usage que nous en faisons ici. Par « prospection classique » ou traditionnelle, on entend la recherche de placers ou de gîtes affleurants « en roche compacte » par des personnes qui ne sont ni des scientifiques, ni des ingénieurs. Elles utilisent un matériel assez simple tel qu'un compteur Geiger et des lampes à rayons ultraviolets. Ce genre de prospection précède les méthodes plus évoluées dont il sera question plus loin. Nous évitons les termes amateur et professionnel qui prêtent à confusion. La locution « à plein temps » s'applique au travail de ceux qui font de la prospection leur principale occupation, au moins durant l'été. Quel que soit le temps, ils prospectent pour leur compte, pour un commanditaire ou pour une compagnie. Un prospecteur « à temps partiel » est celui qui possède quelque expérience ainsi que des connaissances en la matière et s'adonne à la prospection de façon intermittente. Les « novices » sont des débutants. La « prospection » comprend toutes les formes de recherche (traditionnelle ou scientifique) de gîtes minéraux susceptibles d'être mis en valeur de façon rentable. Certains spécialistes emploient le mot « exploration » de préférence à l'expression « prospection scientifique ». Mais comme il se fait de l'exploration à d'autres fins, nous évitons autant que possible d'utiliser ce terme générique.

Les prospecteurs classiques les plus compétents sont soit des autodidactes, soit des gens qui ont, pendant de

courtes périodes, suivi des cours donnés par divers organismes. Le premier cours du genre a été offert par le ministère des Mines de l'Ontario, vers 1895. Certains prospecteurs se sont instruits au contact de géologues rencontrés sur le terrain ou de spécialistes à l'emploi des bureaux régionaux du gouvernement. Ceux qui ont été embauchés ou commandités par des compagnies ont généralement reçu quelque formation des ingénieurs ou des géologues dirigeant les travaux. Quelques-uns se sont associés à des prospecteurs chevronnés. Enfin, les meilleurs d'entre eux ont acquis de solides connaissances en géologie et en minéralogie, consacrant des mois d'hiver à l'étude attentive de cartes et de documents. Ils peuvent exécuter des levés au pas ou à la boussole, des dessins de leurs cheminements et de leurs découvertes, explorer le terrain avec un compteur Geiger ou des instruments magnétiques simples, entreprendre des essais préliminaires et l'échantillonnage des roches pour rédiger finalement un rapport convenable de leur travail. Quelques-uns de ces hommes ont eu beaucoup de succès et se sont retirés ou ont accepté des postes dans la haute administration de grandes compagnies; d'autres n'ont découvert que des mines peu rentables. Enfin, certains se sont assurés un revenu satisfaisant par la cession de leurs droits sur des filons qu'ils avaient découverts mais qui se révélèrent inexploitable, ou la vente de concessions sur lesquelles on n'a rien trouvé mais qui étaient proches de filons prometteurs, ou encore en prospectant à salaire pour le compte de compagnies.

Certains prospecteurs à temps partiel sont devenus des experts par l'étude, même s'ils ne pouvaient s'y adonner que par intermittence ; d'autres, en y consacrant leurs loisirs, alors qu'ils habitaient une région favorable à la prospection.

Outre les novices sérieux, il y a toujours eu des mordus qui n'ont jamais compris qu'une personne ne connaissant à peu près rien à la prospection avait peu de chances de découvrir un gîte important. Ils ont été très nombreux au moment des grandes vagues, allant des ruées locales à l'enthousiasme qui accompagna l'épopée du Klondike à la fin des années de 1890, tout comme la ruée vers l'uranium vers 1950. Ces périodes d'euphorie résultaient largement d'une publicité fascinante. Certains ne se faisaient guère d'illusions quant à ce qu'ils allaient découvrir et cherchaient surtout l'aventure. D'autres étaient convaincus qu'ils n'auraient qu'à se pencher pour ramasser l'or, ou qu'à se munir d'un compteur Geiger (qu'ils ne savaient d'ailleurs manipuler) pour toucher la fortune rêvée.

Depuis fort longtemps, des géologues et des géophysiciens appliquaient de façon limitée, certaines techniques d'avant-garde. Également, on reconnaissait depuis longtemps déjà que la géologie possédait des données importantes quant aux régions à prospecter, qu'elle était en mesure d'orienter la recherche classique et qu'elle faciliterait l'appréciation des découvertes et l'exploitation des mines ; mais il semble qu'on ne commence à affecter des géologues à la prospection que vers 1930. De plus, pendant la grande crise, certains géologues sans emploi se font prospecteurs, répandant ainsi le recours aux méthodes scientifiques. En 1934, plusieurs compagnies, alléchées par la hausse du prix de l'or, creusent des tranchées et forent des puits dans l'espoir de mettre à jour des prolongements de veines connues. D'autres recherchent de nouveaux indices. De plus en plus souvent, on recourt aux géologues pour le choix des terrains et pour l'étude des affleurements.

Dès 1900, l'emploi d'instruments géophysiques pour la mesure des champs magnétiques facilite la recherche du minerai de fer. Durant les années 1920, ces méthodes s'améliorent et l'on met à l'essai des instruments électriques, entre autres, pour la détection de gisements de métaux divers. La première découverte, attribuable à ces techniques, serait, semble-t-il, celle d'un gisement de minerai bien délimité recouvert de mort-terrain à Buchans (Terre-Neuve) en 1926. Depuis cette date, on ne cesse de perfectionner les techniques géophysiques et leur mise en œuvre est de plus en plus répandue.

La prospection subit un recul général pendant la seconde guerre mondiale. Même si les besoins en métaux de base, comme le cuivre et le nickel, allaient croissant, ils devaient être satisfaits rapidement ; on visait donc essentiellement à augmenter la production des mines déjà en exploitation et à mettre en valeur des gîtes déjà découverts. En outre, certaines personnes qui, en temps normal, se seraient adonnées à la prospection durent changer d'activité. La hausse des frais d'exploitation des mines d'or et la faible demande pour ce métal expliquent aussi le

déclin de la prospection. Les minéraux dits stratégiques, comme le manganèse et le tungstène, dont les réserves étaient peu abondantes, sont alors activement recherchés. On doit à des prospecteurs de la vieille école et des géologues la découverte de sources de tungstène jusqu'alors insoupçonnées.

De l'enquête effectuée en 1944 par F.-R. Joubin auprès de trente-quatre prospecteurs canadiens d'expérience, il ressort des renseignements intéressants sur leur formation\*. Neuf répondent qu'ils ont suivi des cours de prospection et trente-trois, qu'ils ont étudié par eux-mêmes. Tous utilisent à l'occasion les cartes et documents publiés par la Commission géologique du Canada. Vingt-neuf sont abonnés à un journal ou à un périodique sur les questions minières. Trente-deux croient à l'utilisation systématique du lavage des alluvions à la batée. On est d'accord pour prétendre qu'un débutant doit, avant d'être reconnu, passer au moins une dizaine de mois sur le terrain pour y apprendre les méthodes de prospection et l'art de vivre dans la brousse.

## DEPUIS LA SECONDE GUERRE MONDIALE

La fin de la seconde guerre mondiale marque une étape dans l'histoire du monde, y compris dans celle de la prospection et de l'exploitation minière. Dans les années d'après-guerre, le volume de la production minière au Canada s'accroît fortement et, par suite de l'inflation, sa valeur augmente encore davantage. Si l'intérêt pour la prospection des mines d'or diminue, il est remplacé par l'engouement pour l'uranium. L'augmentation de la construction en général et de la demande pour des voitures automobiles et d'autres biens de consommation, destinés tant aux marchés canadiens qu'à l'exportation, stimulent la production minière et la recherche de nouveaux gîtes. L'extraction des minerais de fer et de molybdène, jusqu'alors relativement peu active au Canada, accuse une forte augmentation. Nombreux sont ceux qui retournent à la prospection traditionnelle ou commencent à s'y livrer ; les compagnies minières continuent de recourir aux méthodes plus évoluées, ce qui leur réussit souvent. De vastes programmes d'études géophysiques sont mis en train et l'on embauche un plus grand nombre de géologues ; les études géochimiques se révèlent plus efficaces qu'on ne l'avait supposé. Les techniques et les méthodes avancées sont utilisées pour des travaux de plus en plus nombreux, mais l'on fait toujours appel à des prospecteurs de la vieille école. Certains projets exigent des mises de fonds de millions de dollars et se poursuivent pendant de nombreuses années. Les avions à voilure fixe pour les études géophysiques préliminaires, la photographie aérienne ainsi que le transport par air sont chose de plus en plus courante ; dans certains cas, c'est l'hélicoptère qui transporte les voyageurs.

Même si, après la guerre, une grande partie de la prospection s'effectue dans les territoires du Nord, les anciens camps miniers et les régions propices dans les

\**Western Miner*, vol. XVII, n° 88, pages 50 à 59, 1944.

parties plus accessibles du pays connaissent un regain de popularité ; ainsi le veulent, entre autres, l'accroissement de la demande et la hausse des prix de certains métaux et minéraux, de même que les possibilités nouvelles qu'offrent les méthodes scientifiques de prospection dans les régions où les affleurements ont déjà été abondamment prospectés et étudiés. On rouvre plusieurs mines anciennes, des études plus poussées de zones autrefois productives révèlent l'existence de massifs de minerai et de nouveaux gîtes. La prospection et l'exploitation changent donc de territoire. On avait d'abord prospecté dans l'Ouest ; pendant l'entre-deux-guerres, on est monté au Nord grâce aux pilotes de brousse et aux prospecteurs traditionnels. Depuis, on s'applique surtout à la recherche des gîtes enfouis que la prospection classique n'aurait su détecter. Les mines atteignent de nos jours des profondeurs de plus de 10 000 pieds.

Durant cette période, le jalonnement des concessions atteint de nouveaux records dans certaines provinces, mais rien ne nous permet de savoir si celles-ci sont jalonnées parce qu'on y a fait des découvertes ou tout simplement dans un but de spéculation. Nous ne connaissons pas non plus la compétence de ceux qui posent ces jalons ni leurs méthodes de prospection, si tant est qu'ils prospectent. La meilleure façon d'estimer l'importance relative des quatre principaux types de prospection semble être de déterminer leur apport à la découverte des mines des territoires les plus prometteurs. Cela ne nous renseigne guère sur le nombre de prospecteurs des diverses écoles, mais indique l'importance relative des différentes méthodes. Une étude portant sur une période de dix années, soit de 1945 à 1955, révèle que sur 77 mines importantes, exploitées ou prêtes à être mises en valeur, 31 sont d'anciennes mines ou des gîtes déjà explorés et que, des 46 autres, 22 résultent de la prospection selon des méthodes ordinaires, 17 sont des découvertes géologiques et 7 ont été mises au jour par des méthodes géophysiques. L'auteur a recueilli des renseignements sur 178 mines en production, ou sur le point de l'être, entre 1956 et 1966. Les résultats de cette étude sont exposés en détail dans le chapitre x. En voici un bref résumé. Du total, 122 sont d'anciennes mines ou des gîtes connus dont on a repris l'exploitation à la suite d'explorations plus poussées ou de circonstances nouvelles. Presque toutes ont été découvertes par les méthodes traditionnelles de prospection. Des 56 autres, connues depuis 1945, 18 doivent leur découverte en tout ou en partie aux méthodes de prospection ordinaires, 15 aux techniques géologiques et 20 à la géophysique. Faute de renseignements, il est impossible de déterminer l'origine des trois autres. On attribue la mise au jour de 15 mines à une combinaison de diverses méthodes et, dans six cas, on a eu recours à la géochimie. Il s'est écoulé 30 ans, en moyenne, entre la découverte et la mise en production, pour tout le groupe des 178 mines, mais dans le cas des 56 découvertes les plus récentes, cette moyenne tombe à six ans et demi.

## L'AVENIR IMMÉDIAT DE LA PROSPECTION

L'avenir d'un métier comme la prospection, relié à nombre de facteurs aléatoires, ne saurait être prédit avec toute la précision souhaitable. Cependant, pour qui songe à s'y engager ou à financer des travaux de prospection, de même que pour les compagnies, les services gouvernementaux et les éducateurs, il faut des prévisions. Chacun devra se fier à son propre jugement, mais que l'on permette à l'auteur d'exprimer ici une opinion personnelle.

Dans le monde entier, il s'est dépensé au cours du XX<sup>e</sup> siècle seulement, plus de métaux et d'énergie (combustibles compris) qu'au cours de tous les siècles passés. Cette tendance va sans doute s'accroître.

La prospection classique a largement fait place aux méthodes scientifiques, mais il ne faut pas conclure à sa disparition prochaine. On continuera sans doute à la pratiquer et le nombre des prospecteurs classiques peut même augmenter ; ils devront cependant posséder des connaissances au moins comparables à celles de leurs homologues les plus compétents de notre époque ou du passé. Cette conclusion semble évidente puisque la prospection des affleurements dans les endroits accessibles a été assez poussée et les commanditaires vont exiger que les hommes fassent preuve de compétence avant de les expédier dans les territoires reculés. Sans doute sera-t-il parfois possible qu'un novice découvre une venue importante dans un affleurement oublié ou une nouvelle tranchée, mais on est fondé à croire que cela exige une solide connaissance du sujet. Voilà pourquoi le présent volume comporte une partie technique considérable.

Sans doute sera-t-il possible, pendant un certain temps encore, de s'adonner à la prospection des affleurements à temps perdu ou en amateur. Les intéressés devront, par des études personnelles et, si possible, en fréquentant un cours, acquérir une solide formation s'ils veulent gagner l'estime des hommes d'expérience. Eux savent qu'il y a peu de chance, pour un novice, de découvrir un gîte exploitable ; par ailleurs, ils ne peuvent consacrer beaucoup de temps à entraîner des gens non initiés aux éléments de la prospection. Naturellement, il est plus difficile de trouver des occasions de prospecter à temps partiel dans les régions habitées ou dans les lieux de villégiature que dans les endroits reculés ; seuls les gens qui habitent des régions lointaines ou ceux qui se donnent la peine de s'y rendre ont des chances de succès.

On ne peut dire avec précision à quel point les prospecteurs traditionnels sont présentement aptes à utiliser les méthodes géophysiques et géochimiques les plus simples. Certains cours de prospection abordent l'étude de quelques-unes de ces techniques, mais on ne peut savoir quel bénéfice ils en ont tiré. Les prospecteurs qui connaissent à fond le compteur Geiger et d'autres instruments d'un niveau de complexité égal, devraient être en mesure d'apprendre à faire des levés à l'aide d'instruments d'un maniement un peu plus compliqué ; mais alors il se peut qu'ils éprouvent quelque difficulté à en interpréter les résultats. C'est pourquoi l'avenir des travaux de ce genre dépendra

peut-être de prospecteurs ayant reçu une formation suffisante et des instructions sur la mise en œuvre de techniques particulières, qui travailleraient seuls ou en équipe pour le compte d'une compagnie et à qui on pourrait peut-être accorder une prime au rendement. La compagnie confierait à son personnel ou à des experts le soin d'analyser les résultats.

L'utilisation et le succès des méthodes scientifiques indirectes semblent devoir prendre de l'ampleur. Dans la plupart des régions, la roche en place est presque entièrement recouverte de mort-terrain. Plusieurs gîtes minéraux sont probablement dissimulés de cette façon et il doit s'en trouver beaucoup plus encore qui, bien que totalement couverts de roche stérile, n'en seraient pas moins exploitables. Des gîtes ainsi cachés ont été découverts grâce à la vérification d'hypothèses géologiques ou à l'utilisation des méthodes géophysiques et géochimiques ou encore suivant une combinaison de ces méthodes. L'efficacité des méthodes en usage va sans doute s'améliorer et la recherche en inventera de nouvelles. Dans la plupart des cas, les études géophysiques, géochimiques et géologiques sont effectuées par des hommes de science ou des ingénieurs possédant une formation universitaire poussée, avec l'aide d'un grand nombre de techniciens. Ces derniers ont aussi une formation spécialisée et quelque expérience pratique. Un groupe type de prospection scientifique comprend au moins un scientifique ou un ingénieur dirigeant les travaux, plusieurs techniciens expérimentés et un grand nombre de techniciens apprentis. Les jeunes que la prospection intéresse mais qui ne peuvent fréquenter l'université devraient, croyons-nous, obtenir d'abord leur diplôme du secondaire, avec concentration en géologie, en chimie et en physique. Ils pourraient également suivre avec profit des cours d'électronique et de dessin dans une école technique. Autant que possible, il faudrait ajouter à cette formation de base un cours, d'une durée de six mois à deux ans, dans un institut technique ou une maison du genre ; pendant cette période, ils trouveraient probablement un emploi saisonnier relié à la prospection. De cette façon, un technicien ou un chef d'équipe travaillant en prospection perdrait certes beaucoup de son indépendance et la possibilité de faire d'un seul coup beaucoup d'argent, comme certains prospecteurs d'antan ; mais ceci serait compensé du fait qu'il n'aurait plus à assumer le financement des recherches. Certains seraient éligibles à un emploi régulier puisque l'hiver n'empêche pas la poursuite en laboratoire de travaux réalisés selon les méthodes scientifiques. Le désir d'un bénéfice dépassant le salaire étant fort naturel, pourquoi n'accorderait-on pas un genre de prime pour les découvertes exceptionnelles ? Ainsi un particulier pourrait travailler pour une ou plusieurs organisations, ou bien, une fois acquise l'expérience ou une certaine formation, décider de s'adonner pour son compte à la prospection classique ou d'utiliser des méthodes géophysiques ou géochimiques, ou bien encore, s'inscrire à l'université afin d'y parfaire sa formation en géologie, en géophysique ou en géochimie (ou en plusieurs de ces matières).

Il semble que, de plus en plus, on aura recours à des combinaisons de méthodes, au cas où des gîtes de nature mixte se trouveraient dans la région prospectée, afin de confirmer ou d'écarter les indices incertains et de délimiter les résultats préliminaires ; en d'autres mots, on tâchera d'y voir plus clair en moins de temps.

## À PROPOS DU PRÉSENT VOLUME

### But et portée

La première édition de *La Prospection au Canada* a été publiée en 1930. La deuxième, parue en 1935, était essentiellement une réimpression ne comportant que de très légères modifications. Ces éditions comprenaient des sections rédigées par divers responsables de la Commission géologique du Canada, à l'intention des autodidactes, pour les aider à mieux comprendre et utiliser les cartes et les documents géologiques. La prospection géophysique, qui n'en était alors qu'à ses débuts, faisait l'objet d'une section visant à les renseigner de façon générale sur le sujet plutôt qu'à leur enseigner des techniques précises. Certains prospecteurs pouvaient ainsi apprendre à se servir des instruments magnétiques les plus simples ; les compagnies qui désiraient s'adresser à un expert en géophysique pouvaient juger quelle méthode permettrait de résoudre leur problème.

La deuxième édition fut rapidement épuisée et, à plusieurs reprises, on en demanda la réimpression. Mais ce projet fut remis à plus tard, car on estimait que le contenu du volume était dépassé ; par ailleurs, pendant la crise et les années de la guerre, nous ne pouvions réunir le personnel voulu pour la rédaction d'un nouveau texte.

En 1955, les demandes se firent si pressantes, surtout de la part de ceux qui voulaient utiliser le manuel dans les cours pour adultes, qu'on pria l'auteur d'entreprendre la préparation d'un nouveau volume.

Mais l'auteur ne pouvait prétendre à la maîtrise de tous les aspects de la prospection moderne. Il n'ignorait pas non plus les pièges de la vulgarisation de sujets techniques et scientifiques que l'on veut rendre intelligibles aux novices.

La troisième édition était donc assez différente des précédentes. Les demandes démontraient, nous l'avons dit, le besoin d'un manuel pour les enseignants spécialisés et leurs élèves ainsi que pour les autodidactes. Il était toutefois évident que même si la prospection classique occupait toujours une place importante, on procédait de plus en plus selon les méthodes scientifiques. Il fallait donc en offrir un aperçu général adapté aux exigences de la prospection moderne. Il fut donc décidé que la nouvelle édition traiterait de la prospection classique et des sujets connexes d'une façon aussi exhaustive que possible et qu'elle fournirait aux prospecteurs traditionnels suffisamment de renseignements sur les méthodes avancées pour qu'ils puissent se faire une idée des progrès en cours. Dans notre troisième édition, avec l'autorisation de la Canadian Exploration Geophysicists, nous avons incorporé, en y

apportant quelques modifications, une brochure émanant de ce groupe.

Ce dernier ouvrage a reçu une diffusion inattendue. Les commandes et les commentaires révélèrent que le volume, en plus de satisfaire les besoins prévus, était utilisé dans des universités comme complément aux cours de géologie et dans des instituts techniques ; il intéressait également des dirigeants de compagnies, des spécialistes dans l'une ou l'autre des branches de la prospection scientifique, désireux de se renseigner davantage sur d'autres aspects du sujet, de même que des investisseurs et des profanes. Cet accueil semble donc indiquer que le besoin était vif d'une œuvre de vulgarisation qui, malgré ses lacunes, situait toute la matière dans une perspective moderne tout en traitant plus à fond de la prospection classique ; et cela, dans une langue qui n'abusait pas des termes trop savants.

La quatrième édition suit le modèle de la troisième mais pousse plus loin la description des méthodes scientifiques ; elle tient compte du fait que leur usage est plus répandu et du perfectionnement des techniques. Toutefois, les chapitres sur les méthodes scientifiques ne sont qu'une sorte d'introduction. On a réécrit, pour les mettre à jour, les trois quarts du volume environ, cherchant à améliorer la présentation de plusieurs sections et à préciser nombre d'autres points. Enfin, diverses illustrations ont été remplacées et de nouvelles ont été ajoutées.

#### Présentation du volume

Les premiers chapitres traitent de sujets fondamentaux s'appliquant à tous les genres de prospection. La nature du présent ouvrage ne permet évidemment pas d'approfondir ces questions, mais nous croyons que les renseignements donnés devraient fournir une base solide et faciliter la compréhension des chapitres subséquents. Les chapitres VI, VII et VIII renferment des conseils pratiques sur les possibilités de formation en matière de prospection et sur des sujets connexes, sur le matériel et les moyens de transport ainsi que sur la façon de se procurer et d'utiliser cartes, rapports et photographies aériennes.

Le chapitre IX étudie d'une façon assez complète les méthodes ordinaires de prospection. Il faut se rendre compte cependant qu'il s'agit ici d'un art et qu'à ce titre, il nous est impossible d'entrer dans tous les détails ; l'expérience ou un maître nous les enseignent. Le chapitre suivant consiste en un court exposé général sur les méthodes spéciales de prospection ; puis viennent trois chapitres traitant des trois principales disciplines en cause. Ces quatre chapitres sur les méthodes scientifiques ne se veulent nullement didactiques, sauf en ce qui a trait aux techniques (relativement simples) d'utilisation de certains instruments, tels l'aiguille d'inclinaison et le compteur Geiger ; leur but est de fournir un aperçu général des sujets à l'intention des étudiants qui souhaiteraient se spécialiser.

Il fallait un chapitre sur l'appréciation et l'analyse des gîtes minéraux, parce que les prospecteurs indépendants doivent d'abord se faire une idée personnelle de leur dé-

couverte et procéder à certains travaux préliminaires lorsque, à leur avis, elle mérite d'être portée à l'attention d'une compagnie minière. Les techniques les plus poussées d'appréciation et d'analyse ne sont exposées que brièvement, car il ne s'agissait pas de renseigner ceux qui s'en servent mais bien plutôt de donner une idée générale de ce qui se passe ordinairement. Le chapitre xv comporte de courtes sections sur la demande relative à divers métaux et minéraux, certaines précisions sur leur prospection et enfin des références à des ouvrages spécialisés. Ces sections ont pour but d'aider à choisir l'objet de la prospection et fournissent des renseignements sur tout élément ou minéral que les prospecteurs identifient ou dont ils ont fait analyser des échantillons.

Suit un chapitre sur l'exploitation des placers, parce qu'il y a toujours des alluvions aurifères dans certaines régions de l'Ouest et qu'il n'est pas impossible de trouver des placers d'autres minéraux qui soient exploitables. Le dernier chapitre résume les lois et règlements touchant la prospection et l'exploitation minière et s'achève par un exposé sur les divers moyens d'obtenir un appui financier ou de vendre les gîtes découverts.

On trouvera en appendice des tableaux et maints renseignements qui ne peuvent être utiles qu'à certains lecteurs ; c'est pourquoi nous ne les avons pas inclus dans le corps de l'ouvrage. Quelques-uns sont présentés sur des feuillets dépliant ; ainsi il sera plus facile de les consulter en cours de route.

Les termes d'une importance particulière sont composés en italique à leur première apparition dans le texte. On a placé entre guillemets d'autres mots qu'il est moins important de retenir ainsi que ceux que nous employons dans un sens autre que celui consacré par l'usage. Les termes équivalents, ou presque, à ceux que nous avons choisis sont placés entre parenthèses ; cela devrait faciliter la compréhension des autres ouvrages sur le même sujet. Entre parenthèses également apparaît la composition chimique des minéraux.

On trouvera à la fin des chapitres ou des sections une bibliographie offrant à son tour d'autres références. Cette documentation comprend volumes à bon marché, rapports de gouvernements, manuels d'usage courant et titres d'articles de revues scientifiques et techniques. Les libraires devraient avoir en main la plupart des volumes mentionnés ; nous n'en donnons pas les prix parce qu'ils varient. Certains rapports sont épuisés, mais il est possible, comme pour les articles, de les consulter dans les bibliothèques universitaires ou autres. Les articles et les livres cités sans nom d'auteur sont donnés dans l'ordre alphabétique. Nous avons ajouté nos commentaires à certaines listes.

Le lecteur trouvera vers la fin du présent volume un glossaire de termes techniques choisis et d'autres mots qui ne sont peut-être pas familiers à tous. La plupart des définitions sont identiques à celles des glossaires les plus courants sur la géologie et l'industrie minière, mais certaines ont été formulées en termes moins techniques. Nous avons cependant rédigé, au besoin, nos propres définitions ou indiqué un choix. Les définitions de roches

et minéraux déjà indiquées dans le corps de l'ouvrage ne figurent pas dans le glossaire. L'index ne renvoie qu'à certains contextes où le mot peut être rencontré.

Le présent volume traite de divers sujets qui sont trop dépendants les uns des autres pour qu'il n'en soit question que dans un seul chapitre ; d'où certaines répétitions voulues, qui nous paraissent nécessaires afin de souligner certains points essentiels et de rafraîchir la mémoire d'un lecteur peut-être distrait. Comme on a lieu de prévoir que quelques-uns ne liront que certaines sections, nous avons jugé bon d'exposer le plus complètement possible le sujet dont elles traitent. En général, les exposés les plus détaillés se trouvent à la fin des sections ou des chapitres.

### Suggestions aux lecteurs

Nos lecteurs diffèrent sans doute suivant leurs champs d'intérêt et leur niveau d'instruction. Nous nous sommes constamment appliqués à conserver un style facilement accessible à tout diplômé d'école secondaire, capable d'une lecture attentive ; nous supposons que ce lecteur parcourra d'abord, comme il se doit, les chapitres d'introduction et qu'il voudra bien consulter occasionnellement un dictionnaire. Les termes techniques et scientifiques sont expliqués au fur et à mesure, mais en cas de défaillance de la mémoire, il pourra consulter le glossaire ou l'index. Une connaissance de la chimie et de la physique élémentaires serait utile ; mais, pour aider certains lecteurs, nous avons donné des renseignements fondamentaux sur ces questions.

Quelques-uns voudront lire le volume en entier, d'autres ne seront intéressés que par certains chapitres, d'autres enfin l'utiliseront comme livre de référence. Nous conseillons aux autodidactes de l'examiner d'abord rapidement, puis de lire avec attention les parties qui les intéressent de prime abord marquant ou notant les sections qu'ils devraient revoir. Les renseignements dont on peut avoir besoin au cours des travaux sur le terrain devraient être notés dans un carnet ; il est possible d'obtenir séparément le tableau d'identification des minéraux. Nous recommandons à ceux qui ne s'intéressent qu'à la prospection classique de lire les neuf premiers chapitres, puis la première partie du chapitre XIV et le chapitre XVII, quitte à lire plus tard d'autres parties du livre.

Ce livre traite brièvement de divers sujets scientifiques ou techniques et de certaines classifications qui leur sont reliées. On comprendra mieux ces exposés si certains principes scientifiques sont dès maintenant expliqués. Dans un sens très large, les sciences naturelles constituent un vaste ensemble de connaissances et de théories se rapportant aux changements et mouvements de la matière qui s'accompagnent de transformations d'énergie. Nos capacités intellectuelles étant limitées, nous sommes forcés de diviser les sciences naturelles en branches et en classifications : par conséquent, nous sommes portés à oublier qu'elles ne sont pas totalement distinctes, qu'il s'agit de délimitations artificielles et temporaires embrassant tout le « spectre » des sciences naturelles.

La physique, la branche la plus importante des sciences naturelles, comporte entre autres sujets l'étude des particules de matière les plus infimes groupées sous la forme d'atomes. La chimie s'occupe des atomes et de leur groupement en molécules, mais la frontière entre la physique et la chimie n'est pas bien définie. L'astronomie traite des caractéristiques générales, de la position et du mouvement des corps célestes, y compris la Terre. La géologie s'occupe de la Terre ; une bonne partie de cette étude est fondée sur des principes de physique et de chimie. Certaines parties de la géologie, telles la géophysique et géochimie, sont reliées de si près à la physique et à la chimie qu'elles ont donné naissance à des disciplines distinctes ; elles sont devenues si complexes que plusieurs experts les considèrent au même titre que la géologie et utilisent les expressions « sciences de la terre » ou « géosciences » quand ils parlent de l'ensemble de ces trois branches. Certains aspects de la géologie sont si complexes qu'ils ont donné lieu à des subdivisions spécialisées telles que la minéralogie, l'étude des roches proprement dites, et l'étude des minerais et gîtes. Notons cependant qu'elles sont étroitement reliées. La biologie est l'étude des organismes vivants. La paléontologie étudie les fossiles, vestiges d'organismes vivants conservés dans les roches ; elle fait le pont entre la géologie et la biologie. La géologie et le génie minier ont aussi beaucoup d'aspects communs.

Les hommes de science répartissent les objets et les processus en unités et en groupes auxquels ils attribuent des noms distincts pour faciliter la compréhension et la discussion, mais ces distinctions sont imparfaites. Les espèces selon lesquelles les biologistes répartissent les plantes et les animaux sont utiles et assez précises, mais il faut reconnaître en outre plusieurs sous-espèces, variétés et formes hybrides. De même, il serait impossible de parler de géologie et de prospection sans employer les noms donnés aux minéraux, aux roches, aux minerais, aux gîtes, *et cetera*. Dans les cours d'initiation, on donne généralement aux étudiants des exemples concrets, typiques et on leur montre des spécimens ; mais, sur le terrain, ils trouveront souvent des situations s'écartant de l'exemple typique.

### REMERCIEMENTS

Nous désirons exprimer notre reconnaissance à tous ceux qui nous ont fourni les renseignements utilisés dans la rédaction du présent volume, de même qu'à ceux qui nous ont aidés par la lecture et la critique de diverses sections : ils sont trop nombreux pour que nous les nommions tous. Cependant nous tenons à rendre un hommage tout particulier, pour leur collaboration, à MM. J. E. Burgener et S. G. Lipsett de la Canadian Testing Association, à MM. A. T. Jordan et A. B. Irwin du ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien, et à MM. A. E. Aho, R. L. Borden, J. D. Godfrey et A. F. Gregory. L'auteur désire également remercier divers fonctionnaires du ministère qui lui ont prêté leur concours : MM. E. J.



Fraser de la Division des explosifs, E. C. Hodgson, de la Division de la fiscalité et de la législation, W. R. Inman, chimiste en chef, Division des sciences minérales et G. H. Whitcher, de la Photothèque nationale de l'air. M. R. B. Toombs ainsi que d'autres membres de la Direction des ressources minérales ont lu le chapitre xv et nous ont apporté de précieuses suggestions. Nous sommes aussi redevables à M. H. M. Woodrooffe et à ses collègues de la Division du traitement des minéraux, pour la partie consacrée aux matériaux de construction et aux minéraux non métalliques.

MM. L. S. Collett, G. D. Hobson et P. J. Hood, de la Commission géologique du Canada, ont aimablement contribué à la rédaction de diverses sections sur les méthodes géophysiques. Parmi les collègues qui ont bien voulu nous aider de leurs conseils, nous désirons mentionner notamment : MM. R. W. Boyle, A. G. Darnley, R. J. W. Douglas, J. B. Emslie, J. A. C. Fortescue, C. H. R. Gauthier, H. W. Little, J. Lynch, J. A. Maxwell, J. E. Reesor, S. C. Robinson, S. M. Roscoe, C. H. Smith, H. R. Steacy et D. R. Whitmore.



## les fondements de la géologie

Sans quelques notions de base sur la formation et l'évolution de l'écorce terrestre, on ne saurait prétendre à une connaissance appropriée de la prospection. Aussi l'étude de la géologie est-elle indispensable aux prospecteurs. Elle aidera les autres à mieux comprendre le monde qui les entoure.

Deux faits essentiels déterminent l'histoire du globe terrestre. D'abord, on peut affirmer que son origine remonte à trois ou quatre milliards d'années.

En second lieu, il est manifeste que l'écorce terrestre a subi d'innombrables transformations tout au long de ces millénaires et que les divers processus de désagrégation et de formation qui les ont accompagnées se poursuivent sans cesse.

En déchiffrant le secret des roches, les géologues ont pu reconstituer, en large partie du moins, l'histoire de la formation de la Terre et de ses perpétuelles transformations.

Que la géologie traite principalement de phénomènes qui se manifestent depuis des milliards d'années, il n'en reste pas moins qu'elle explique de la même façon ceux qui s'exercent encore de nos jours.

### DÉSAGRÉGATION DE L'ÉCORCE TERRESTRE

On croit généralement que les roches, les montagnes, les rivières et les rivages sont des éléments permanents de la topographie d'un pays. Cependant, un peu d'observation aura tôt fait de démontrer que la réalité est tout autre. Les roches se désagrègent graduellement sous l'action du gel et des agents chimiques. Des éboulements affectent la forme des montagnes. Les rivières minent leurs rives et changent leurs cours; sous l'action des vagues qui les grugent, les littoraux présentent des lignes différentes. Ces transformations sont les plus évidentes mais beaucoup d'autres adviennent constamment, imperceptiblement, au fil des jours et des jours. Si elles peuvent sembler insignifiantes à l'échelle du globe, on se rend compte que leur effet cumulatif est énorme, lorsque l'on sait qu'elles se poursuivent depuis des centaines de millions d'années. La science géologique repose sur ces transformations mêmes.

La principale composante de l'écorce terrestre est la roche cohérente, appelée roche de fond qui, lorsqu'elle n'affleure pas, est recouverte d'une couche plutôt mince de sols, de sable, de gravier, de galets et de fragments anguleux de roche. En termes génériques, on appelle ordinairement *terrain de couverture* cette mince couche terrestre. Mais l'un de ses éléments, les sols, forme une catégorie particulière. La roche de fond, tout comme les parcelles et fragments de roche contenus dans le terrain de couverture subissent les assauts constants d'agents atmosphériques de toutes sortes.



H. M. A. Rice 85280

Planche V Érosion atmosphérique le long des fissures dans la roche volcanique (basalte).  
Noter la tendance à l'altération en masses arrondies.

On englobe dans le nom collectif d'*érosion* tous les processus qui provoquent l'usure de la Terre. Cette notion inclut cependant toutes les formes particulières d'usure, telles l'*altération superficielle* produite par les agents plus ou moins statiques de l'atmosphère, l'érosion glaciaire, éolienne, fluviale ou marine, de même que le charroi des produits d'érosion.

L'altération superficielle s'applique à toute décomposition à la surface d'une roche ou le long des fissures qui s'y trouvent, attribuable à l'action de l'humidité sous forme

de pluie ou de neige fondue. On peut constater le même phénomène à l'extérieur des vieux immeubles de pierre, où la surface des blocs a changé de couleur et emprunte souvent l'apparence de pierre pourrie qui s'effrite ou même sur les affleurements de roches de fond et les fragments de roches. Seul un très petit nombre de roches sont solubles

dans l'eau pure ; mais la plupart le sont si l'eau a absorbé divers acides, comme l'acide carbonique, libérés dans l'atmosphère ou ramassés dans le sol au cours du ruissellement. Les fissures dans la roche accélèrent l'altération, car elles exposent de nouvelles surfaces aux intempéries et tendent à concentrer l'action des agents dissolvants.



E. D. Kindle 83033

#### Planche VI

L'érosion à l'œuvre sur les hauteurs qui dominent Hazelton (C.-B.). On remarque aussi des petits glaciers de type alpin et des petits cirques. On voit en outre des talus d'éboulis le long des flancs de la vallée.



#### Planche VII

Érosion en terrain montagneux, massif de Saint-Élie (C.-B.) (Photo A. R. C. T7-22L.)

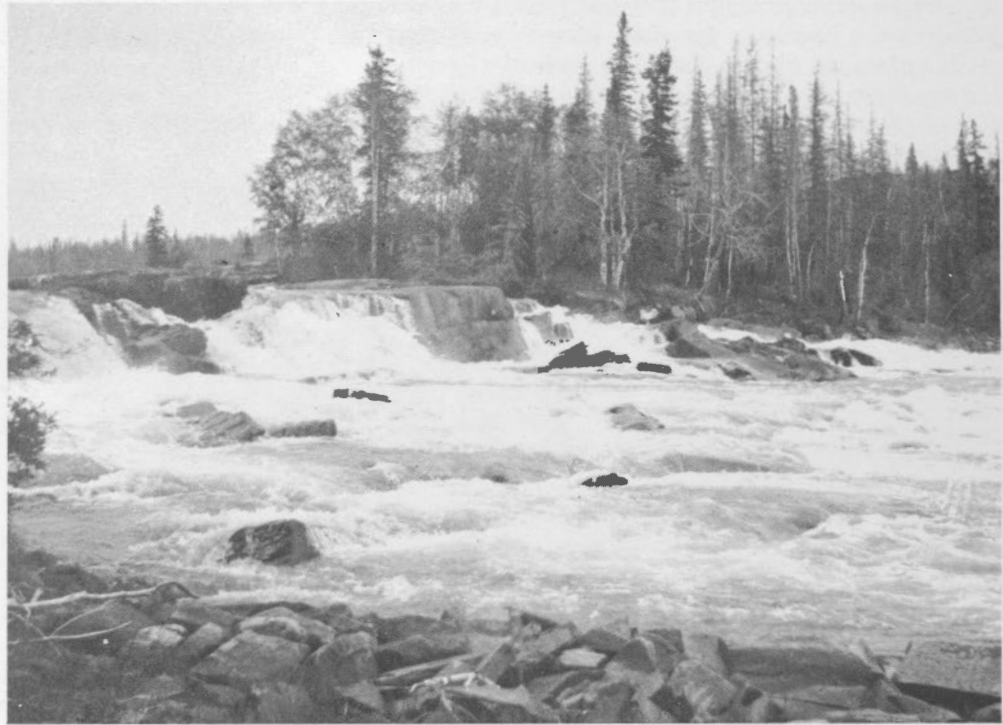


Planche VIII  
Érosion dans des roches précambriennes. Chutes et rapides de la Yellowknife.

A. W. Jolliffe 84382

Un autre genre d'altération provient de l'alternance de dilatation et de contraction des roches pendant les journées chaudes et les nuits fraîches. Ces écarts de température provoquent l'effritement des roches dont les surfaces prennent en général la forme de masses arrondies. La force d'explosion de l'eau qui gèle dans les fissures, fait courant dans les montagnes où les basses températures sont fréquentes pendant les nuits d'été, est un autre type d'érosion atmosphérique ; des morceaux de roche se détachent de la masse principale et vont s'accumuler au pied des falaises, pour former ce que les montagnards appellent des « clapiers ». Les géologues emploient l'expression « talus d'éboulis » pour désigner ces amas de fragments anguleux et de terrain de couverture qui ont glissé sur la pente, attirés par gravité.

Nous savons tous que le mouvement des eaux est l'un des plus puissants agents d'érosion qui soit. Que l'on se rappelle les ravins creusés dans les champs par une pluie assez forte pour transporter un peu de sol de même que l'éboulement des berges minées par les cours d'eau et les vagues. Il n'en faut pas davantage pour déduire que l'action de l'eau dans les rapides et les chutes, quoique moins évidente, est certes plus puissante. Le courant peut alors affouiller le lit d'un ruisseau ou d'une rivière, charriant des blocs de pierre et de cailloux qui, projetés les uns contre les autres, s'usent et se fragmentent peu à peu en particules de plus en plus petites. L'eau n'est cependant pas l'unique responsable de ces transformations ; il faut noter aussi l'effet abrasif des innombrables grains de sable à arêtes vives qui, mus par un cours d'eau rapide, usent

lentement au passage la roche de fond ou les blocs les plus durs. Les vagues qui se brisent sur les rivages des lacs ou des océans en reculent les contours ; les matériaux détachés de la rive s'effritent sous l'action directe de l'eau et des grains de sable qui y sont vivement agités. Les cours d'eau élargissent leurs vallées ; ils changent graduellement leur route et creusent toujours plus creux leur lit.



L. J. Weeks 88162

Planche IX Érosion de roches (grès) le long du littoral du golfe Saint-Laurent.



Planche X A  
Champs de glace et glaciers  
de vallée, chaîne côtière  
(C.-B.) (Photo A. R. C. A2829-  
25.)



Planche X B  
Grand glissement de terrain  
en Colombie-Britannique.

S. Walter

En certains endroits, ces transformations surviennent assez rapidement pour qu'on puisse les observer au cours d'une vie humaine. Sachant que cette érosion peut se poursuivre pendant des millions d'années, on comprend facilement

que les eaux en mouvement aient pu user le sol et façonner falaises, collines et vallées.

Bien que leur action ne soit pas aussi universellement importante que celle des eaux en mouvement, les vents

n'en sont pas moins en plusieurs endroits d'importants agents d'érosion. Les grands vents représentent un problème sérieux dans nombre de régions agricoles, car ils emportent le précieux sol végétal. Les tempêtes de sable ne font pas que transporter le sable d'un endroit à l'autre : leur effet abrasif se fait sentir sur les plus gros fragments de roche et contre les affleurements de roches de fond qu'elles usent et polissent à la façon d'un jet de sable.

Comme on connaît moins bien les puissants agents d'érosion que sont les glaciers et que ce sujet exige de plus amples explications, nous le traitons en dernier lieu. C'est au sommet des hautes montagnes comme celles de l'Ouest canadien que l'on retrouve ces nombreuses masses de glace, les glaciers alpins, résistant même aux étés les plus chauds. Il existe aussi, étalés sur de vastes étendues des régions arctiques comme l'île Baffin et le Groenland ou dans quelques régions montagneuses, d'énormes glaciers appelés champs de glace. Les glaciers se forment partout où il tombe plus de neige en hiver qu'il n'en fond en été. À ces endroits, le poids de la neige fraîche tasse la neige sous-jacente, qui finit par se recristalliser en glace solide. La partie inférieure du glacier, en raison du poids de la glace et de la neige qui la recouvrent, se déplace lentement par écoulement plastique. Ainsi, l'eau congelée qui tombe sous forme de neige avance graduellement jusqu'à l'extrémité inférieure du glacier, où sa fonte donne

naissance à un cours d'eau. Lorsque la fonte s'effectue moins vite que l'accumulation de neige nouvelle, le volume du glacier s'accroît et l'on dit alors qu'il est en progression. Advenant le contraire, le volume du glacier diminue et l'on dit qu'il est en recul. De nos jours, période relativement tempérée, la plupart des glaciers sont en recul. Plusieurs fois au cours de l'histoire géologique du globe, le climat fut si rigoureux que d'immenses calottes glaciaires, dont l'épaisseur pouvait atteindre des milliers de pieds, recouvrirent de grandes étendues continentales. Après la fonte de ces calottes glaciaires, mais avant que le climat devienne aussi tempéré qu'il l'est maintenant, les glaciers du type alpin abondaient. Ils s'unissaient pour former de longues bandes de glace, appelées glaciers de vallée, qui s'écoulaient lentement dans les grandes vallées des régions montagneuses.

L'érosion glaciaire se produit de diverses manières. La glace de fond s'avance, emportant des fragments de roche qu'elle déposera en route au moment de la fonte ; l'action de ces fragments ressemble à celle des dents de râpes gigantesques qui se déplaceraient lentement. Les plus grosses creusent de profondes cannelures dans le terrain de couverture ou la roche de fond sur le parcours du glacier ; les plus petites strient et polissent les saillies de la roche de fond et produisent ces affleurements rayés et patinés qui abondent au Canada. Les glaciers servent aussi



Planche XI  
Vue de la rivière White et du fleuve Yukon (Yukon), montrant les sédiments charriés par ces cours d'eau et déposés sur le fond plat des vallées. (Photo A. R. C. T1-36R.)



Planche XII  
Cône alluvial formant un delta.

W. S. MacKenzie 120527

de moyen de transport aux fragments de roc tombés des pics, les charriant à leur surface jusqu'à la fonte. Au sommet des glaciers alpins, la glace pénètre dans les fissures rocheuses et entoure les fragments de roche ; elle les arrache à la masse principale et les emporte pour former des bassins semi-circulaires appelés cirques.

Ainsi les régions terrestres actuelles s'usent lentement à cause des cycles d'érosion, de transports et de dépôts, répétés à maintes reprises, qui ont inscrit leur histoire dans les strates accumulées au cours des âges. Mais si aujourd'hui la Terre n'est pas qu'une boule lisse, c'est que, à l'exception du lent accroissement de la quantité de sels dissous dans les eaux des océans, l'enlèvement de matériaux des régions terrestres a toujours été compensé par le dépôt de sédiments. Voyons maintenant comment s'opèrent le transport et la sédimentation des produits de l'érosion.

## TRANSPORT ET SÉDIMENTATION

Au cours du long trajet qui les mènent à la mer, les sédiments empruntent plusieurs moyens. Ils entreprennent d'abord le lent cheminement qui les mène du haut des pics rocheux jusqu'aux rivières, le long des flancs des montagnes, des collines et des pentes sous les falaises. Souvent, ils sont entraînés à toute vitesse soit par des éboulements, suite du détrempeage excessif des matériaux ou de la dilatation provoquée par le gel, soit par des avalanches de neige. Lorsqu'ils n'ont pas été stoppés en route et qu'ils parviennent enfin à rejoindre un cours d'eau, ils ajoutent aux autres sédiments déjà arrachés au sol et

que le cours d'eau charrie. C'est la rivière qui devient alors maîtresse de son destin. S'ils sont trop gros, elle les déposera sur un banc avec les autres galets, le gravier ou le sable ; s'ils sont plus petits, elle les transportera plus loin, dans les lacs et les océans, où elle les déposera sous forme de sable, de vase ou d'argile. Les courants font le tri des débris provenant de l'érosion par les vagues, de manière à laisser les plus gros fragments et les galets constituer des grèves, tandis que le sable demeurera en eau peu profonde, et la boue en eau plus profonde. Une bonne partie de la matière dissoute dans l'eau des rivières vient se mêler à l'océan pour former l'eau de mer qui, contrairement à la croyance populaire, n'est pas un simple composé d'eau et de sel ordinaire, mais plutôt un mélange de presque tous les éléments, ne fût-ce qu'en quantités infimes. Cependant, certains de ces éléments contenus dans l'eau de mer s'en vont, soit par des réactions chimiques, soit par l'évaporation, dans des lagunes ; ils y forment des dépôts de chaux, de sels et de divers autres sédiments d'origine chimique. Comme nous l'avons déjà mentionné, le vent est lui aussi un agent d'érosion qui transporte et dépose de fortes quantités de poussière et de sable dans certaines régions. Comme l'eau et le vent agissent de façon intermittente et que les particules déplacées sont à peu près de même couleur et de même dimension, une bonne partie des sédiments ainsi formés sont nettement stratifiés. L'épaisseur de chaque couche varie et peut même atteindre plusieurs pieds. Les glaciers charrient de l'argile, du sable et de plus gros fragments de roches, anguleux ou arrondis, qu'ils déposent sous forme de *till* en nappes irrégulières



et en crêtes appelées *moraines*. Il arrive aussi que la matière la plus fine soit emportée dans des rivières et des lacs temporaires créés par la fonte de la glace, et prenne forme d'argile, de silt, de sable ou de graviers glaciaires stratifiés.

Lorsque les sédiments — quelle que soit leur origine — ne sont pas encore consolidés, comme c'est le cas du sable et du gravier ordinaires, ils peuvent subir les effets de l'érosion et se retrouver ailleurs ; ou bien ils peuvent rester en place et s'enfouir de plus en plus profondément sous des couches superposées de sédiments, jusqu'à ce qu'ils deviennent compacts et cimentés en roches sédimentaires dures. (Nous en traitons plus en détail plus loin.) Certaines parties de l'écorce terrestre renferment des accumulations de roches sédimentaires et volcaniques beaucoup plus épaisses que d'autres. Elles prennent la forme de dépressions allongées et peu profondes, appelées

géosynclinaux, que l'on trouve au large des terres soumises à l'érosion et qui s'enfoncent graduellement à mesure que s'ajoutent de nouvelles strates. On qualifie de *marins* les sédiments déposés dans les océans et de *continentaux*, ceux qui aboutissent en eau douce ou directement sur le sol.

## VOLCANS ET PLUTONS

Jusqu'ici, nous n'avons parlé que de la sédimentation causée par l'usure de roches déjà formées, alors que, dans nombre de cas, des roches d'une autre catégorie forment aussi les couches sédimentaires. Ces roches se sont consolidées dans l'écorce terrestre soit à partir de la lave en fusion, répandue par les volcans sur le sol, sous les océans et lacs, soit à partir de matériaux en fusion ou autres, qui n'ont jamais atteint la surface. On les groupe sous l'expression générale de roches *ignées* (d'un mot latin signifiant



Planche XIII  
Stock et petites masses, dykes et filons-couches de granite et de roches apparentées (en blanc) qui ont fait intrusion dans des roches sédimentaires métamorphosées (en gris sombre) du Bouclier canadien, Territoires du Nord-Ouest. On peut voir aussi trois longs dykes de diabase plus récents (en gris sombre). Les régions plus foncées sont des lacs. Cette photographie aérienne embrasse une étendue d'environ trois milles carrés. (Photo A. R. C. A5619-36).

feu) et on les répartit en deux catégories principales : les roches *volcaniques*, formées à la surface, et les roches *plutoniques*, formées sous la surface. Les volcans et les laves qu'ils crachent comptent parmi les phénomènes naturels les plus impressionnants ; comme il est possible de les étudier dans diverses parties du monde, on connaît bien l'origine des diverses catégories de roches volcaniques. On ne peut évidemment pas voir les roches plutoniques en voie de formation, parce que le processus est souterrain ; elles ne nous apparaissent que longtemps après leur formation, une fois mises à nu par l'érosion. C'est donc sur les données indirectes que se fonde notre connaissance du centre de la Terre et de l'origine des roches plutoniques. Nous allons les exposer dans leurs grandes lignes.

On sait qu'à l'intérieur de l'écorce terrestre la température s'élève à mesure qu'on descend dans les mines et les puits profonds, à raison d'un degré F par 60 pieds. Même s'il est peu probable que ce taux soit constant à de grandes profondeurs, la température y est certainement élevée, comme le prouvent les sources thermales et la lave brûlante qui en maints endroits montent à la surface. La chaleur provient probablement, dans une large mesure, de la désintégration naturelle d'éléments radioactifs comme l'uranium ; elle dépasse le point de fusion des roches de surface. Toutefois la pression augmente aussi à mesure que l'on s'enfonce et devient telle, dans les régions profondes, que la plupart des roches demeurent à l'état solide ou plastique. C'est ce que confirme le comportement des ondes sismiques, qui se propagent comme si la plus grande partie de l'intérieur de la Terre était solide. Ces ondes nous fournissent également une preuve convaincante que l'intérieur de la Terre se divise en zones de composition différente qui se fondent probablement les unes dans les autres. Par ailleurs, le fait que nous puissions calculer le poids global de la Terre d'après les effets de la gravitation est une deuxième source de renseignements. Le poids ainsi calculé est bien supérieur à ce qu'il serait si l'intérieur était formé de roches relativement légères, comme celles qui prédominent dans les parties de l'écorce que nous pouvons examiner. L'intérieur doit donc se composer de matériaux lourds et denses dont le poids, à différentes profondeurs, peut être mathématiquement calculé. Les météorites qui tombent parfois sur la Terre constituent une troisième source de renseignements. Comme ce sont apparemment des fragments de planètes désintégrées ou provenant de corps célestes plus petits, ils nous renseignent sur la formation probable de l'intérieur de la Terre. Certains météorites se composent de roches denses et de couleur foncée, tandis que d'autres, encore plus lourds, sont un mélange de nickel et de fer. On peut donc raisonnablement supposer que l'intérieur de la Terre est d'une composition analogue.

À partir des données que nous venons d'énumérer et qui se confirment mutuellement, nous pouvons nous faire une idée assez juste de l'intérieur de la Terre. Le comportement des ondes sismiques indique que les roches de la croûte, très semblables à celles que nous pouvons examiner à la surface, s'étendent sur une profondeur de 15

à 40 milles sous les continents et d'environ 5 milles sous le fond des océans. Vient ensuite une zone d'une matière moins élastique, qui forme le *manteau*. Cette zone est probablement près du point de fusion presque partout et à l'état de fusion là où la température est plus élevée et la pression plus basse. Les matériaux se comportent comme s'ils étaient à l'état solide pendant les brèves périodes de tension, et comme un écoulement plastique pendant des périodes plus longues. La pression provoquée par cet écoulement peut expliquer en partie les mouvements de la croûte terrestre. Le manteau aurait une épaisseur d'environ 1 800 milles, d'après les calculs effectués. Il transmet des ondes sismiques comme s'il était solide et il a à peu près la même composition que les roches ultramafiques et les ferro-silicates (chapitre III). Les matériaux compris entre le manteau et le noyau de la Terre s'étendent sur un rayon de 2 200 milles, et l'on pense qu'ils sont composés de nickel et de fer. Ils se répartiraient en deux zones : un noyau intérieur solide et une couche extérieure fluide.

Dans les régions montagneuses très érodées, ou dans les régions autrefois montagneuses, on trouve souvent des



H. M. A. Rice 85468

Planche XIV Granite traversé par un petit dyke d'aplite, recoupé lui-même par un dyke de lamprophyre. Les noms de ces roches sont expliqués au chapitre III.

Planche XV  
Filon-couche de granite dans  
des roches sédimentaires.



J. G. Gray 85400

Planche XVI  
Changement d'horizon d'un  
filon-couche de gabbro à diabase  
de la fin du précambrien, le long  
d'une fracture, Îles de l'Arctique.



R. L. Christie 131185

masses de roches cristallines à gros grains (roches plutoniques), comme le granite ou la diorite, qu'on appelle *plutons*. Les masses moins considérables de roches plutoniques s'appellent *stocks* (figure 1) et celles qui mesurent plus de 40 milles carrés se nomment *batholites*. Pour que les grains assez gros qui caractérisent les roches plutoniques puissent se former, il a fallu une lente cristallisation à

des milliers de pieds sous la surface. On croyait anciennement que la formation de ces roches prenait place dans le manteau, situé immédiatement sous la croûte, en larges masses liquides ou plastiques appelées *magmas*. On croyait aussi que la diversité de composition des roches plutoniques provenait en partie d'une ségrégation de la matière à l'intérieur du magma, et en partie de l'action du magma sur les roches avoisinantes de la croûte. On relève cependant sur certaines roches granitiques des indices d'une cristallisation à partir principalement d'un remaniement des roches sédimentaires de la croûte; cette cristallisation se serait produite à des profondeurs considérables par rapport à la surface actuelle, après que les roches de la croûte eussent été imprégnées de solutions provenant de plus grandes profondeurs. Certains géologues sont maintenant d'avis que toutes les roches plutoniques se forment de cette façon, c'est-à-dire par *granitisation*; cependant la plupart d'entre eux estiment que les deux processus jouent dans la formation de ces roches.

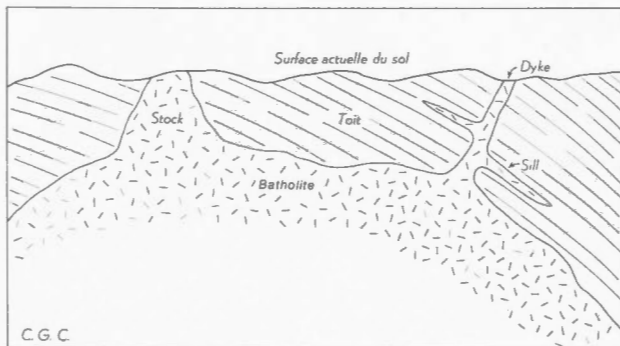


Figure 1. Représentation schématique d'un batholite non encore mis à nu par l'érosion, et des stocks, dykes et filon-couches associés.

Il y a aussi d'autres roches ignées, à grains plus fins, dont la composition varie autant que celle des roches plutoniques. Elles se présentent sous trois formes caractéristiques : de petites masses irrégulières auxquelles on n'a



Planche XVII

Érosion le long d'une grande faille dans le Bouclier canadien, Territoires du Nord-Ouest (photo A. R. C. A5120-105R).



Planche XVIII

Série de petites failles normales dans de minces couches de quartzite précambrien : formation ferrifère (chapitre III). Les couches de quartzite plus sombres contiennent une forte proportion de magnétite.

J. D. Bateman 88218

pas donné de nom ; des masses longues, minces et étroites qu'on appelle *dykes* et qui remplissent les fractures ouvertes dans d'autres roches ; et enfin des masses appelées filons-couches qui ont pénétré parallèlement aux couches de sédimentation, aux épanchements de roches volcaniques ou aux bandes de roches métamorphiques dont nous parlerons plus loin. La fine cristallisation des dykes et des filons-couches provient, dans une certaine mesure, de

leurs petites dimensions qui ont permis un refroidissement plus rapide ; probablement peut-on l'attribuer aussi au fait qu'une partie de la matière en fusion s'est rapprochée davantage de la surface au moment de leur formation et a pu, dans ces circonstances, se refroidir plus vite. On qualifie généralement d'intrusions les dykes, filons-couches, stocks et batholites. Pour ce qui est des stocks et des batholites en particulier, on pense qu'il serait plus juste

de les appeler *plutons*, certains étant sans doute le résultat de processus comme la granitisation, plutôt que de déplacements comme dans le cas des véritables intrusions.

Les laves coulent par les volcans et les diverses fissures de l'écorce terrestre. Elles se cristallisent assez rapidement, à cause de leur écoulement sur le sol et sous l'eau — ce qui les met en contact avec l'air, les sols de surface et les roches fraîches, de même qu'avec l'eau.

En fait, la principale différence entre les laves — qui ont à peu près la même composition que les roches plutoniques — se réduit à la grosseur des cristaux qui les composent. Seuls les accumulations de cendres volcaniques et les fragments plus gros que projettent nombre de volcans donnent des roches volcaniques d'une autre catégorie. Les laves, les cendres et les roches fragmentaires volcaniques apparaissent souvent en strates distinctes, par suite de l'intermittence des dépôts.

## MOUVEMENTS DE LA CROÛTE TERRESTRE

Au fur et à mesure du lent processus de sédimentation, le poids des matériaux déposés au fond des larges bassins de sédimentation enfonce ces derniers et provoque un déplacement de la matière plastique située sous l'écorce. Ces forces déformantes soumettent la croûte terrestre à des mouvements qui produisent soit des fissures, le long desquelles un bloc de l'écorce peut se déplacer par rapport à un autre, soit des soulèvements prononcés, soit de grands affaissements, ou encore des déplacements de moindre envergure. Au-dessous des régions élevées du globe dont le poids diminue par suite de l'érosion, la pression qui s'exerce en profondeur doit diminuer également. C'est ainsi que les surfaces relativement planes, rongées par l'érosion, s'élèvent lentement et forment des plateaux. Ce soulèvement accélère la vitesse des cours d'eau, ce qui en augmente la puissance d'érosion et leur fait découper des nouveaux plateaux, deuxième génération de montagnes et de vallées. Cependant, ces plissements n'expliquent pas l'origine des fortes pressions latérales sans lesquelles certains phénomènes dont il est question plus loin ne sauraient se produire. On a émis diverses théories au sujet de ces pressions mais l'origine exacte des forces qui s'exercent n'est pas encore très bien connue.

Les diverses formes de déplacements qui se produisent dans les roches de l'écorce ainsi que les structures qui en résultent sont de première importance pour les prospecteurs, étant donné que beaucoup de gîtes minéraux peuvent s'y rattacher. Les principales structures géologiques sont les fractures, les failles et les plissements.

### Fractures et failles

Les roches réagissent aux pressions en se fracturant ou en se déplaçant en masses solides ; ou encore par recristallisation, produisant alors des composés chimiques qui demeurent stables sous une pression accrue ; enfin, par écoulement plastique quand la pression est considérable. Les structures les plus simples provoquées par les tensions sont les fractures ou joints, qui vont de toutes petites fis-



H. H. Beach 86549

Planche XIX Plan horizontal défectueux mis à nu par l'érosion.

sures à des fractures de plus de 100 pieds. On les trouve le plus souvent en groupes de fractures parallèles ou se recoupant en angles plus ou moins uniformes dans un même groupe. Une tension continue peut causer un déplacement de la roche d'un côté de la fracture par rapport à l'autre, ce qui produit une *faille*. Les parois d'une faille sont d'habitude polies et striées, formant une surface caractéristique dite de *miroir de faille*. Le déplacement le long d'une faille broie souvent la roche et forme un amas de rochers moulus ressemblant à de l'argile ; cet amas, dont l'épaisseur varie d'une fraction de pouce à plusieurs pieds, est appelé *salbande*. Au lieu de former une salbande, le déplacement le long d'une faille peut former une *zone de cisaillement*, où une bande de roc découpé ou cisailé sépare les roches déplacées. La roche peut encore être broyée en fragments anguleux, ce qui donne, entre les parois d'une faille, une *zone de broyage* ou une *zone bréchiforme*. Les grandes failles peuvent avoir plusieurs milles de longueur : les plus importantes s'étendent sur des centaines de milles. Le déplacement des roches d'un côté ou de l'autre de la faille est considérable et on peut le mesurer en centaines de pieds ou même en milles. Le long des grandes failles, ce mouvement cause des vibrations intenses qui se traduisent par des tremblements de terre.

Pour comprendre les descriptions que donnent les rapports géologiques et miniers au chapitre des failles, il faut connaître les quelques autres définitions que nous donnons ci-dessous. Bien que sur une carte ou un plan géologique, on représente une faille par une ligne, le mouvement se fait le long d'une surface qu'on appelle *plan de faille*. L'orientation de ce plan, exprimée à l'aide de la boussole, s'appelle *direction* du plan de faille. La pente figurée par une ligne perpendiculaire à la direction s'appelle *pendage* ou *inclinaison* (figure 2A). Certains plans de faille sont verticaux, mais la plupart forment un angle ; dans ces derniers cas, le bloc rocheux qui se trouve au-dessus du plan s'appelle *toit*, tandis que celui qui se trouve au-dessous se nomme *mur* (figure 2B et C). Si le toit semble s'être

déplacé vers le bas par rapport au mur, la faille est dite *normale*, tandis que si le toit semble avoir été relevé, la faille est dite *inverse* ou de chevauchement. De façon générale, la direction du mouvement se mesure horizontalement aussi bien qu'en profondeur. Le déplacement horizontal s'appelle *rejet horizontal* et le déplacement vertical, *rejet vertical*; on emploie l'expression *rejet net* pour décrire le déplacement réel (figure 2A). Une faille dont le mouvement est presque entièrement vertical est parfois appelée *faille de plongée*; celle dont le déplacement est surtout horizontal est dite *faille de décrochement*. On dit parfois que le décrochement d'une faille est à droite ou à gauche, suivant la direction du mouvement apparent. Supposons, par exemple (figure 2D), qu'un observateur soit placé le long de la ligne de contact d'un lit, d'un filon ou d'un filon ou d'un dyke brisé par une faille. Si, faisant face à la

faille, il constate que le contact correspondant, de l'autre côté de la faille, est reporté à droite, la faille est à droite. Le mot contact, d'usage fréquent dans les descriptions géologiques, s'applique à la ligne ou à la surface qui sépare deux massifs de roches de caractère différent.

#### Plissements

Les roches, même à l'état solide, plissent sous l'effet de la pression. Les plis varient beaucoup : simples rides, vastes voûtes, auge larges de plusieurs milles. Le pli en voûte est dit *anticlinal* et son voisin, le pli en auge, est dit *synclinal* (figure 4). La ligne imaginaire le long de la crête d'un pli anticlinal ou le long de la partie la plus basse d'un pli synclinal forme l'axe du pli; les côtés portent le nom de *flancs*. Les couches de roches stratifiées que l'on trouve souvent dans une position inclinée, sont



E. W. Mountjoy 117523

#### Planche XX

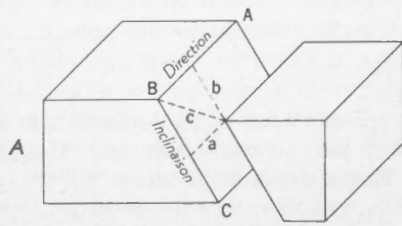
Faille de chevauchement dans les Rocheuses. Les strates sédimentaires à fort pendage, à gauche, sont charriées au-dessus de roches sédimentaires formant un synclinal retourné vers la droite.



R. A. Price 6-7-65

#### Planche XXI

Plissement de strates lardées de calcaire et de schiste, montagnes Rocheuses.



Éléments des failles et mouvement des failles

Le plan ABC représente un plan de faille  
 La ligne AB représente la direction de faille  
 La ligne BC représente l'inclinaison de faille

La ligne a indique le rejet longitudinal  
 La ligne b indique le rejet vertical  
 La ligne c indique le rejet net

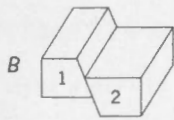


Schéma d'une faille normale  
 1, mur; 2, toit

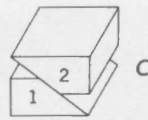


Schéma d'une faille inverse ou contraire  
 1, mur; 2, toit

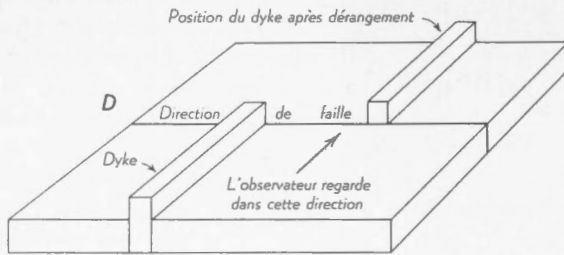


Schéma d'une faille à droite

Un dyke qui fait saillie au-dessus du sol par suite de sa résistance à l'érosion est déplacé par une faille à droite

Figure 2. Représentation schématique de failles.

soit le flanc d'un pli, soit le produit d'un soulèvement inégal. Les géologues donnent le nom de *disposition* ou *gisement* à la position des couches et mesurent la présentation des lits inclinés par ce qu'ils appellent la direction et le pendage. La direction représente l'orientation d'une ligne imaginaire tirée horizontalement le long du plan d'inclinaison, tandis que l'angle entre le plan horizontal et le plan d'inclinaison donne le pendage. Ces termes sont illustrés à la figure 3. Des mesures analogues indiquent la disposition des fractures, des dykes et des filons.

### Orogénèse

On associe souvent les fractures, failles et plissements à un processus complexe dit *orogénèse* qui, soulevant de

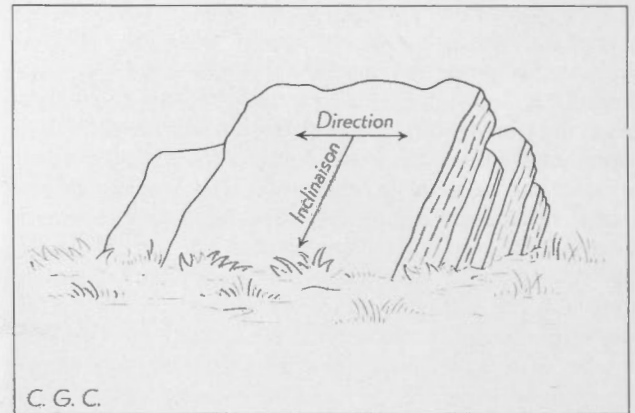


Figure 3. Représentation schématique d'un affleurement de couches sédimentaires, montrant dans quels sens on mesure le pendage et la direction.

grandes quantités de roches stratifiées accumulées dans de vastes bassins de sédimentation, les déforme; d'où les plis complexes et les blocs faillés qui caractérisent les chaînes de montagnes. Parfois, d'anciennes régions montagneuses rongées par l'érosion se soulèvent également et pour ainsi dire rajeunies, forment des montagnes secondaires. Ces phénomènes s'accompagnent habituellement d'activité volcanique; de fait, on croit généralement que l'origine des magmas correspond à une détente locale de la pression à la suite d'un relèvement des couches, détente qui permet la liquéfaction de roches profondes maintenues jusque-là par la pression à l'état solide. On qualifie les grands accidents de structure, provoqués par les mouvements orogéniques, d'accidents *tectoniques*; ils sont à la base de la tectonique.

## SUCCESSION GÉOLOGIQUE

L'expression « succession géologique » rend compte de l'ordre de dépôt ou d'intrusion des diverses roches sédimentaires et ignées sur lesquelles repose une région donnée (figure 4). Cette succession varie d'un endroit à l'autre parce que l'accumulation et l'érosion ne sont pas forcément concurrentes: les intrusions et l'activité volcanique ne surviennent qu'à certains moments et à certains endroits; l'érosion peut éventuellement détruire beaucoup de roches bien en place. Les conditions géologiques diffèrent également sous un autre rapport, soit par la façon dont les roches sont inclinées, plissées ou failées.

Malgré ces complications, la comparaison des étages stratigraphiques de diverses régions a permis aux géologues d'établir un ordre de succession géologique dont les grandes lignes s'appliquent à tous les continents. Ce résultat provient largement de la présence de fossiles dans presque toutes les roches sédimentaires déposées durant les dernières époques géologiques, c'est-à-dire à partir du début de la période cambrienne, ainsi que nous l'expliquerons plus bas. Les fossiles sont les empreintes ou les restes de plantes ou d'animaux ensevelis dans des sédiments et préservés après la transformation des sédiments en roches. On ignore à

quel moment la vie a débuté sur notre planète, car les organismes vivants les plus simples, qui sont sans doute apparus les premiers, n'avaient ni écailles, ni squelette fossilisables. Toutefois, la vie a dû apparaître tôt puisque des roches datant d'environ 570 millions d'années renferment des vestiges fossilisés de plusieurs organismes distincts, assez évolués, qui ne représentent certes pas les formes premières de la vie animale. La plupart des roches

sédimentaires de moins de 570 millions d'années renferment des fossiles ; en certains endroits, on a trouvé les restes fossilisés d'organismes primitifs dans des couches plus anciennes. Il a été amplement démontré que les fossiles déposés au cours d'une période donnée sont similaires dans n'importe quelle partie d'un continent, les différences marquées qu'ils offrent parfois correspondent au déclin et à l'évolution de certaines espèces. Ces faits aident beaucoup



Planche XXII

Discordance entre le conglomérat protérozoïque basal (huronnier) et la roche archéenne de base.

J. W. Griffith 134621



Planche XXIII

Discordance entre le conglomérat et l'arkose précambriens, plus récents, et le quartzite précambrien à fort pendage, plus ancien. La région sombre, dans la partie supérieure de la photo est causée par du lichen.

C. K. Bell 117824



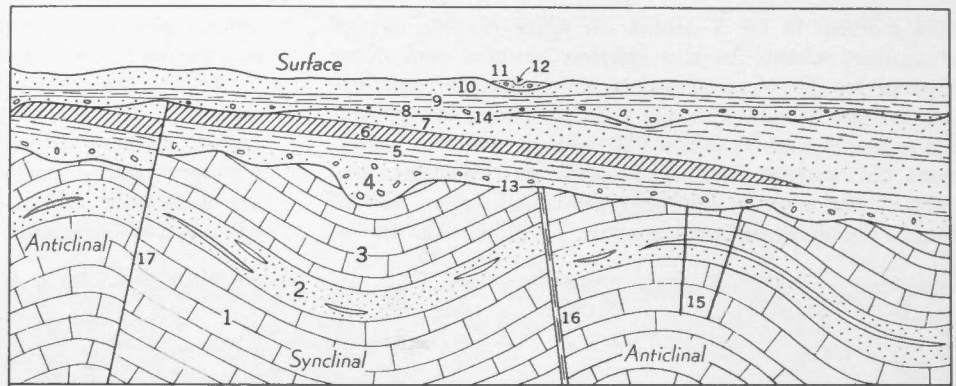


Figure 4  
Coupe schématique de succes-  
sions géologiques.

Série ancienne (1-3) qui consiste en trois formations reposant en concordance et comprenant du calcaire (1), du grès accompagné de lentilles de schiste (2), et du calcaire plus récent (3). Le plissement de ces couches donna des anticlinaux et des synclinaux, puis les couches supérieures, rongées par l'érosion, formèrent l'ancienne surface du sol (13). Cette surface fut submergée et sur elle se forma par sédimentation une autre série concordante (4-7): comprenant conglomérat et grès (4), schiste (5), coulées de lave (6) et grès (7). Ces formations et celles des séries sous-jacentes déjà plissées furent soulevées et inclinées. L'érosion produisit alors une autre surface du sol (14). Cette dernière fut submergée et une troisième série se forma par sédimentation (8-10): conglomérat et grès (8), schiste (9) et grès (10). Ces dépôts conservèrent la position horizontale qu'ils avaient au début. Un cours d'eau d'âge récent (12) a creusé une vallée dans la formation (10), déposant du sable et du gravier (11). Les lignes (15) représentent des cassures antérieures à l'établissement de la surface (13). Une faille (16), qui a formé une large zone de broyage, est elle aussi antérieure à la surface (13). Une faille postérieure (17) est elle aussi plus récente que la surface (13), mais elle est plus ancienne que la surface (14).

C. G. C.

le géologue qui peut ainsi utiliser les fossiles pour établir la corrélation entre les roches du même âge qu'il rencontre dans des régions différentes et pour établir le véritable ordre de la succession géologique dans les régions où certaines couches font défaut ou ont été renversées par la violence du plissement.

Une étude des successions dans différentes parties du globe permet de diviser, pour l'ensemble de la Terre, les temps géologiques en périodes définies de très longue durée. Après entente sur ces intervalles de temps, on a donné le nom d'ères et d'éons aux âges intermédiaires entre les époques d'orogénèse plus active et le nom de périodes aux divisions d'une même ère séparées par des perturbations moins violentes de l'écorce terrestre. À cause de ces cycles d'orogénèse et de surrection, et des cycles d'érosion et de dépôt subséquents, les roches représentant différentes ères ou périodes sont généralement séparées par des surfaces d'érosion ancienne dites discordances (planches XXII et XXIII). Celles-ci sont de deux sortes : Les *discordances parallèles*, dont les couches du dessus et du dessous sont horizontales ou également inclinées, ce qui indique qu'il y a eu érosion et peut-être soulèvement, mais non plissement ; Les *discordances angulaires*, dont les couches inférieures sont plissées ou inclinées d'une façon toute différente des couches supérieures, ce qui indique

que les roches plus anciennes ont été plissées ou inclinées avant le dépôt des plus récentes.

Les roches formées durant les périodes et les ères les plus récentes étant mieux conservées, il est plus facile de les distinguer. En conséquence, les unités de temps convenues deviennent progressivement plus courtes, comme le démontre le prochain tableau. Comme dans tous les tableaux et légendes géologiques, les unités les plus récentes sont placées au sommet.

Antérieurement à 1920, même s'ils ne disposaient pas des moyens actuels pour estimer l'âge des roches, les géologues savaient que les temps géologiques représentaient des millions d'années. Cette conclusion se fondait sur la mesure du taux moyen d'accumulation des sédiments déposés au cours de l'époque moderne. En appliquant ce taux aux énormes épaisseurs de roches sédimentaires qu'on a mesurées pour de nombreuses périodes, on a conclu à l'évidence que chaque période représentait plusieurs millions d'années. Ils se rendaient compte également que les espèces vivantes d'une période donnée provenaient manifestement de celles de la période précédente et que ces transformations ne pouvaient s'être opérées que très lentement : ce second fait corroborait la première déduction. De nos jours, les astronomes sont convaincus que la date de formation de la Terre remonte au moins à trois ou

quatre milliards d'années. C'est ce que confirment les méthodes actuelles, utilisées pour déterminer l'âge de certains minéraux et de certaines roches ou les principales périodes d'orogénèse. Ces méthodes partent du principe que des éléments se désintègrent lentement en d'autres éléments (isotopes) selon un rythme connu. Grâce à des analyses très précises, et en particulier à la détermination de la proportion d'isotopes d'éléments comme le potassium et l'argon, on a pu calculer la durée des différentes périodes (avec des marges d'erreur relativement faibles). Les résultats des nombreux calculs effectués jusqu'à présent se recourent assez bien pour donner une idée exacte des principales étapes des âges géologiques et une bonne mesure de leur durée respective.

Le tableau qui suit indique la durée\* des principales périodes. Même si de nouvelles données venaient modifier quelque peu certains chiffres, on peut prévoir que les ordres de grandeur demeureront toujours valables. La période la plus ancienne, le précambrien, représente plus des cinq sixièmes de la durée des âges géologiques. Les fossiles sont rares dans les roches précambriennes et ces

roches sont si déformées qu'il n'est pas facile de les suivre d'une région à une autre ; c'est pour cette double raison que l'on n'a pas pu subdiviser le précambrien avec autant de précision que les ères plus récentes. Au Canada, le précambrien se subdivise en deux : le précambrien inférieur, ou archéen, et le précambrien supérieur, ou protérozoïque, Stockwell a récemment subdivisé le précambrien supérieur en trois ères : aphébiennne, hélikiennne et hadryniennne. Il n'a pas encore été possible de subdiviser ces ères en périodes ni le précambrien inférieur en ères, bien qu'en certains endroits on leur ait donné des noms.

La fin du précambrien a été marquée, dans la plupart des régions, par un intervalle d'érosion prononcée, suivi de l'ère paléozoïque, puis de l'ère mésozoïque. Dans quelques régions, cependant, les strates précambriennes plus récentes

\* Échelle des temps phanérozoïques de la Geological Society ; bulletin trimestriel de la *Geological Society*, Londres, vol. 1205, pages 260 à 262, 1964.  
C. H. Stockwell, *Fourth report on structural provinces, orogenies, and time-classification of rocks of the Canadian Precambrian Shield*, dans : *Age Determinations and Geological Studies* ; Commission géologique du Canada, Étude 64-17 (Partie II), 1964.

*Échelle des temps géologiques*

Éon	Ère	Période	Espèces vivantes caractéristiques	Durée approximative (années)
	Cénozoïque	Récente Pléistocène	Homme	1 500 000
		Pliocène Miocène Oligocène Éocène Paléogène	Mammifères et plantes modernes	
	Mésozoïque	Crétacée Jurassique Triasique	Reptiles	65 000 000
	Paléozoïque	Permienne Carbonifère	Amphibiens	225 000 000
		Dévonienne Silurienne	Poissons	
		Ordovicienne Cambrienne	Invertébrés plus évolués	
Précambrien supérieur (Protérozoïque)	Hadrymien		Invertébrés primitifs et algues	570 000 000
	Hélikien			880 000 000
	Aphébien			1 640 000 000
Précambrien inférieur (Archéen)				2 390 000 000
				3 000 000 000 ou plus

font saillie dans celles du paléozoïque plus ancien. L'ère cénozoïque, la plus récente se subdivise elle-même en plusieurs périodes relativement courtes. Les plus anciennes de ces périodes forment ce qu'on appelle le tertiaire, c'est-à-dire la troisième des importantes subdivisions chronologiques après le précambrien supérieur. L'ère tertiaire précède le pléistocène, période de refroidissement du climat de l'hémisphère nord, où de grands glaciers et des calottes glaciaires se sont formés sur de vastes étendues des continents nord-américain, asiatique et européen. Le climat s'est ensuite réchauffé, faisant fondre la glace. Par la suite, l'alternance de périodes froides et de périodes chaudes a produit quatre époques glaciaires successives au cours du pléistocène.

Dans les paragraphes précédents, nous n'avons expliqué que les termes chronologiques. Les géologues ont aussi adopté une méthode uniforme pour désigner les unités de roches sédimentaires et volcaniques. La plus petite unité de roches sédimentaires s'appelle *couche* ou *strate* et l'épaisseur de cette unité peut varier d'une fraction de pouce à plusieurs pieds. Les unités de lave s'appellent *coulées*. La plus petite unité qu'on puisse indiquer en pratique, sur une carte géologique, s'appelle *formation*. Dans de rares cas, la formation peut se composer d'une seule couche ou d'une seule coulée, mais la plupart des formations comprennent une série de couches ou de coulées, ou les deux, déposées pendant un court intervalle géologique. On peut n'y trouver qu'une seule sorte de roches ou des couches alternantes de roches différentes. On donne généralement des noms aux formations, comme « la formation d'Ottawa » ou « la formation de Belly River ». On peut suivre certaines formations pendant des centaines de milles, mais toutes, en définitive, finissent quelque part, soit qu'elles deviennent lenticulées, soit qu'elles se fondent peu à peu dans d'autres formations. Les prospecteurs sont portés à employer ce terme dans d'autres acceptions et parlent de formation de granite, formation de calcaire, formation favorable, *et cetera* ; il faut éviter ces expressions, à l'exception de « formation ferrifère » qui est acceptée. Lorsque plus d'une formation se suivent et sont reliées de telle façon qu'il est opportun de les désigner collectivement, on les appelle *groupe* et on leur donne des noms comme, par

exemple, « le groupe de Windsor ». On trouvera rarement une série complète de formations pour une période donnée mais, lorsque le cas se présente, on donne à ces formations le nom de *système*, tel le système cambrien.

On peut estimer l'âge des roches intrusives d'après l'âge des roches dans lesquelles elles ont pénétré. Si, par exemple, une masse de granite traverse des couches récentes du trias et que des couches discordantes datant du crétacé inférieur la recouvrent, c'est que l'intrusion et la mise à nu de cette masse ont eu lieu durant la période jurassique ; comme l'érosion se fait très lentement, l'intrusion est probablement advenue au début du jurassique.

#### *Autres ouvrages à consulter*

Le chapitre qui s'achève n'expose que très brièvement les principes fondamentaux de la géologie ; notre but était d'initier aux questions géologiques, traitées dans le reste de notre livre, le profane et le prospecteur novice. Tout prospecteur compétent aurait avantage à parfaire ses connaissances en la matière. Il constatera que l'étude de cette science est très intéressante et qu'il peut l'entreprendre soit en assistant à des cours, soit en suivant un cours par correspondance (chapitre vi), soit en lisant certains ouvrages de référence. Les volumes récents utilisés dans les universités, au niveau des cours d'introduction, pourraient se révéler fort utiles (même s'ils coûtent cher).

Eardley, A. J.

*General college geology*, New York, Evanston et Londres, Harper & Row, 1965.

Manuel d'introduction excellent mais coûteux, comprenant de nombreux exemples relevés au Canada.

Mather, K. F.

*The earth beneath us*, New York, Random House, 1964.

Excellent ouvrage général de géologie, écrit à l'intention « du profane éclairé ».

Shelton, J. S.

*Geology illustrated*, San Francisco et Londres, Freeman, 1966.

Ouvrages à l'intention des profanes, comprenant de courts exposés sur les processus et phénomènes géologiques, ainsi que de nombreuses illustrations représentant surtout des endroits aux États-Unis.



# minéraux et roches

## MINÉRAUX

Les minéraux sont les éléments de base des roches et des gisements de minerais formant la croûte terrestre. Aussi, importe-t-il que le prospecteur puisse les reconnaître, notamment ceux qui présentent une valeur commerciale. De la même façon, il doit être en mesure d'identifier — car ils constituent de précieux indices — les métaux mineurs communément associés aux principaux métaux. Tout particulièrement, il lui faudra apprendre à reconnaître tous autres minéraux qui seraient en demande. Il doit aussi se familiariser avec l'apparence générale des minerais afin d'être en mesure de déceler les venues possiblement intéressantes, même s'il ne sait pas exactement de quels minéraux il s'agit. La minéralogie est une science vaste et complexe. Un prospecteur peut certes être compétent sans être passé maître en la matière ; mais il lui faut en posséder les rudiments. Les pages ci-après expliquent les principes généraux de la minéralogie, indiquent les connaissances supplémentaires qu'il conviendrait de posséder ainsi que les moyens de les acquérir.

### Les éléments

La substance dont se composent la Terre, ses eaux et son atmosphère, se divise en éléments aux propriétés chimiques distinctes. Ces éléments forment les minéraux qui, à leur tour, donnent naissance aux roches. On trouvera à l'appendice I la liste des 103 éléments bien identifiés ainsi que les symboles qui les énoncent en formules chimiques. Quelques-uns de ces éléments existent en abondance, d'autres, en quantités moindres ; certains sont extrêmement rares. Tout indique qu'on a maintenant reconnu tous les éléments de la croûte terrestre à l'exception, peut-être, d'éléments instables produits en laboratoire. Quelques éléments existent seuls, à l'état libre ; mais la plupart se trouvent combinés avec un ou plusieurs autres. On nomme composé chimique le résultat de telles combinaisons. Comme il y a au-delà de 100 éléments, il est facile d'entrevoir la pléthore des diverses combinaisons possibles. Les atomes de chaque élément possèdent des caractéristiques propres ; un ou plusieurs atomes d'un élément peuvent se joindre à un ou plusieurs atomes d'un

autre élément. Ainsi, deux atomes d'hydrogène peuvent se joindre à un atome d'oxygène pour former de l'eau ; dont la formule est  $H_2O$ .

Les éléments qui intéressent directement le prospecteur se divisent en deux catégories : les métaux et les métalloïdes. Opaques, les métaux possèdent l'éclat métallique et, dans la plupart des cas, peuvent être déformés par martelage ; ils sont conducteurs de chaleur et d'électricité. Les métalloïdes comprennent les éléments gazeux et certains éléments solides, comme le soufre, le carbone et le silicium, qui n'ont pas les propriétés métalliques. Quelques éléments dont l'arsenic et l'antimoine, les semi-métaux, participent à la fois des métaux et des métalloïdes.

### Qu'est-ce qu'un minéral ?

Un minéral est un élément ou plus communément un composé chimique de deux ou de plusieurs éléments qu'on trouve dans la terre. En termes plus précis, un minéral est une substance homogène, inorganique, naturelle, ayant une composition chimique particulière et des propriétés physiques assez définies. Nous disons « naturelle » pour établir une distinction entre minéraux et composés synthétiques — œuvre de l'homme. La nature homogène des minéraux suppose que toutes les parcelles d'un même minéral soient exactement de même composition. Les minéraux sont inorganiques ; sont donc exclus les os, les coquillages, les perles et d'autres substances organiques qui en diffèrent par leur origine et l'absence d'une structure moléculaire homogène. Étant un métal liquide, le mercure a droit au titre de minéral. Même l'eau, à la rigueur, est un minéral puisqu'elle possède une composition chimique précise ; à l'état de glace, elle devient une structure cristalline incontestable. D'autre part, le pétrole et le charbon n'entrent pas strictement dans la catégorie des minéraux, car ils sont constitués de plusieurs composés chimiques variables. On considère cependant les industries pétrolières et houillères comme des secteurs de l'industrie des minéraux.

### Classification des minéraux

En vertu d'une coutume lointaine, on classe les minéraux selon leur composition chimique ; on les divise en groupes, tels les éléments natifs (l'or, le diamant, etc.), les sulfures (combinaison d'un élément avec le soufre ; par exemple, la pyrite, qui est du sulfure de fer), les oxydes (élément uni à l'oxygène, comme l'uranite, qui est de l'oxyde d'uranium), les carbonates (élément uni au carbone et à l'oxygène ; par exemple, la calcite, composée de calcium, de carbone et d'oxygène), et plusieurs autres composés plus complexes. Ainsi classés, on dénombre environ 2 000 minéraux.

Certains éléments ou composés, mêlés à d'autres, forment ce qu'on appelle des « séries » ou « solutions solides ». On les désigne par des noms de minéraux distincts selon des critères arbitraires touchant l'importance relative de ses divers éléments ou composés. L'argent, par exemple, forme une solution solide avec l'or. Aussi, la plu-

part des mines d'or ont-elles en sous-produit de l'argent, même si ce dernier n'apparaît pas de façon distincte dans le minerai. Une faible quantité d'argent n'empêche pas le minéral d'être considéré comme de l'or ; mais si la quantité d'argent est importante, le minéral sera nommé « électrum ». Les plagioclases, groupe de minéraux de la famille des feldspaths, nous fournissent un bon exemple d'une série de composés. Ils reçoivent des appellations distinctes selon les pourcentages de sodium ou de calcium qu'ils renferment. Les minéraux varieront légèrement quand certains éléments ou groupes d'éléments, ayant à peu près les mêmes propriétés qu'une des parties constituantes essentielles d'un minéral, peuvent y être substitués dans la forme cristalline du minéral. De cette façon, on peut trouver de faibles quantités de manganèse à la place du fer dans un minéral ferreux sans qu'il y ait modification du classement ; on pourrait donner beaucoup d'autres exemples de ce genre.

Un grand nombre de minéraux sont impurs, en ce sens qu'ils renferment de menues particules d'un autre minéral sous forme d'inclusions ou de veinules, dont certaines sont si petites qu'on ne peut les voir sans un très puissant microscope.

Il est souvent commode de classer les minéraux d'autres façons que selon leur composition chimique fondamentale. On peut dire, par exemple, que les minéraux sont métalliques ou non métalliques selon qu'ils possèdent ou non l'éclat ou le lustre métallique. Signalons qu'il ne s'agit que de l'apparence du minéral même, et non pas de son contenu. Nombre de minéraux recelant d'importantes quantités d'un métal donné n'ont pas pour autant l'éclat métallique. Si on pulvérise un minéral métallique ou si on le frotte sur un morceau de porcelaine rugueuse, la poussière, ou trait, est invariablement de teinte plus foncée que le minéral massif. Pour distinguer des autres les minéraux qui produisent des métaux, la terminologie géologique emploie les expressions métallifères et non métallifères. Dans le langage statistique et économique, les expressions métallique et non métallique ont souvent la même acception.

On désigne aussi les minéraux sous les appellations de primaires ou secondaires ; ces qualificatifs, pratiques à certains égards, prêtent toutefois à confusion. Selon l'acception normale de ces termes, les minéraux primaires gardent leur état originel et les minéraux secondaires l'ont perdu à la suite d'une altération, notamment par oxydation, des minéraux primaires. Exposés à l'humidité de la surface de la terre, ou près de celle-ci, nombre de minéraux primaires se transformeront en minéraux secondaires, à peu près comme un morceau de fer attaqué par la rouille. Ces formes de minéraux secondaires peuvent constituer d'importants gisements, dont certains sont exploités. Habituellement, ils forment une croûte ou efflorescence (où on ne les trouve qu'en petites quantités), susceptible de fournir au prospecteur un indice important de la présence d'un gîte de minéraux primaires (chapitre IV). Les minéraux qui résultent du métamorphisme, selon l'explication donnée dans le chapitre II, peuvent aussi être considérés

comme secondaires ; pour cette raison et afin d'éviter toute ambiguïté, on appelle *supergènes* les minéraux résultant entre autres de processus d'oxydation et que l'on trouve dans les couches superficielles.

### Identification des minéraux

Les minéraux sont généralement classés du point de vue chimique. Il existe toutefois, en plus des épreuves ou analyses chimiques, maintes autres façons de les identifier, notamment par la couleur, le poids, la dureté ou la forme cristalline. Dans quelques cas, il suffit d'une seule caractéristique pour assurer une identification précise. Pour certains autres minéraux, il suffit de deux ou trois épreuves simples. Ainsi un minéralogiste peut reconnaître, rien qu'en les examinant, quelques centaines de minéraux ; il peut arriver au même résultat en soumettant le minéral, sur les lieux ou à la maison, à de petites expériences. Le profane s'y retrouvera moins aisément. Mais on ne peut établir d'une façon absolue l'identité de la plupart des minéraux qu'à la suite d'examen au microscope, d'expériences chimiques poussées, de mesurage des cristaux ou de radiographies. Ces épreuves en laboratoire permettent de reconnaître la structure cristalline interne des minéraux en question. Heureusement, la plupart de ces minéraux sont rares et n'ont guère d'importance pour le prospecteur ; d'ordinaire, les principaux minéraux s'identifient facilement. Un prospecteur n'a pas absolument besoin de savoir identifier lui-même tous les minéraux. Mais il lui sera profitable d'être en mesure d'en reconnaître entre cinquante et cent parmi les plus importants. Dans les autres cas, il lui est toujours loisible de soumettre des échantillons pour fins d'analyse.

Il existe des procédés chimiques simples permettant de détecter la présence de certains éléments : on peut les appliquer sur le terrain ou à la maison. Souvent, on utilise une sarbacane pour rendre plus chaude la flamme d'une chandelle ou d'une lampe. On trouve dans le commerce des troussees portatives pour certains tests ; on peut aussi acheter séparément les diverses pièces nécessaires. Pour certains tests, on peut utiliser, au lieu des contenants habituels, des verres, tasses ou soucoupes qui ne servent plus. Il faut prendre soin de bien nettoyer les récipients et de tenir les réactifs hors de la portée des enfants et loin des aliments. L'utilisation d'un verre grossissant (loupe) s'avérera utile pour l'examen des échantillons. Ceux qui le désirent trouveront à l'appendice VI des notions de base sur l'identification des minéraux et les analyses chimiques.

### Perfectionnement des connaissances

Les notes qui précèdent ne donnent que les renseignements les plus élémentaires sur la minéralogie. La meilleure façon d'acquérir de plus amples connaissances ou de se rafraîchir la mémoire est de suivre l'un des cours qui se donnent dans plusieurs régions du Canada. On trouvera des renseignements à ce sujet au chapitre VI. À défaut de suivre ces cours, l'intéressé peut se procurer d'excellents ouvrages sur la question. Nous indiquons à

la fin du présent chapitre une liste de ces ouvrages. L'examen et l'analyse d'échantillons compléteront les connaissances acquises dans ces livres. On peut obtenir de la Commission géologique du Canada\* et, bien entendu, de certains ministères provinciaux des mines, des collections de minéraux et de roches. On peut aussi se procurer des échantillons commerciaux†. Il faut en outre et autant que possible, étudier les minéraux dans leurs affleurements naturels, parce que l'altération leur donne généralement une apparence différente de celle des spécimens à cassure récente que l'on a ordinairement à sa disposition. Notons aussi qu'à l'état naturel, ils sont associés à d'autres minéraux et à des roches (chapitre IV).

Ceux qui suivent un cours se verront indiquer quels minéraux ils doivent étudier et comment les reconnaître. Nous donnons à l'appendice IV, à l'intention de ceux qui désirent étudier par eux-mêmes, une liste des principaux minéraux, ainsi que des notes sur leurs caractéristiques essentielles. Pour usage sur le terrain ou à d'autres fins, on pourra se procurer à peu de frais des exemplaires de cette liste en s'adressant au Centre de l'Imprimerie et de l'Édition (Ottawa). Le prospecteur ne peut s'en satisfaire ; il devra également s'employer à recueillir et à identifier les minéraux rares. Cependant, il ne devrait pas oublier que son principal objectif est la découverte, en quantités exploitables, de minéraux utiles.

#### Ouvrages à consulter

- Dana, E. S.  
*Minerals and how to study them*, 3<sup>e</sup> éd., révisé par C. S. Hurlbut, New York, Wiley, 1949.
- Hewitt, D. F.  
*Rocks and minerals of Ontario*, ministère des Mines de l'Ontario, circulaire géol. n° 13, 1964.
- Howie, R. A.  
 « *Current trends in mineralogy* », *Earth Science Review*, vol. III, pages 31 à 46, 1967.
- Miller, W. G.  
*Minerals and how they occur*, 2<sup>e</sup> éd., révisé par A. L. Parsons, Copp Clark, Toronto, 1928.
- Pough, F. H.  
*A field guide to rocks and minerals*, 2<sup>e</sup> éd., Houghton Mifflin, Boston, 1955.
- Trail, R. J. et coll.  
*Raw materials for Canada's mineral industry*, Commission géologique du Canada, étude 62-2, 1962.
- Notes descriptives accompagnant la plus grande collection d'échantillons de minéraux et de roches vendue par la Commission géologique du Canada.
- Vauders, I. et Kerr, P. F.  
*Mineral recognition*, New York, Wiley, 1967.
- Ouvrage d'un prix assez élevé mais indiqué pour les lecteurs profanes.

\* Au moment d'écrire ces lignes, les collections disponibles sont les suivantes : une collection, au prix de \$ 4, de 36 minéraux communs ; une collection au prix de \$ 4, de 36 roches communes ; une collection, à \$ 50, de 120 minéraux et roches.

† On peut se procurer le répertoire des marchands canadiens en s'adressant au directeur de la Commission géologique du Canada, à Ottawa (Ontario).

## ROCHES

Les roches se présentent en masses assez importantes dans la croûte terrestre. Elles sont presque toujours des agrégats hétérogènes de grains et de cristaux de minéraux, ce qui les distingue de ces derniers qui, eux, se présentent sous une forme homogène. Quelques variétés de roches, comme le verre volcanique, ne sont toutefois pas granulaires. La plupart des roches sont des mélanges de deux ou plusieurs minéraux, mais certaines ne renferment qu'un seul minéral, notamment le grès pur (composé exclusivement de quartz) et la pierre calcaire pure (composée de calcite). Certaines roches spéciales, comme le charbon, se composent de matières organiques qui ne sont pas minérales au sens strict du mot.

Les roches se divisent en trois classes principales dites *ignées*, *sédimentaires* et *métamorphiques*. Nous avons parlé, dans le chapitre précédent, de l'origine des roches ignées et sédimentaires. Nous en signalerons maintenant les caractéristiques et les classifications principales, de même que celles des roches métamorphiques dont nous n'avons pas parlé jusqu'ici puisqu'elles constituent une classe à part. Les roches métamorphiques résultent des variations de température, de pression, ou des deux à la fois, subies par les roches ignées ou sédimentaires dans les couches profondes de la croûte terrestre. Ces variations ont provoqué un nouvel arrangement des éléments, de façon à constituer des minéraux plus stables en ce milieu transformé. Un certain nombre de roches dites métamorphiques renferment des minéraux constitués en partie par l'addition d'éléments à des roches existantes, selon des processus qui entraînent la diffusion de ces éléments.

Les géologues utilisent deux modes de classification des roches dont l'un peut être appliqué sur le terrain à la suite d'observations ordinaires ou d'examen à la loupe ; l'autre, plus détaillé, n'est habituellement appliqué qu'après des études en laboratoire. Dans la plupart des cas, la classification sur le terrain suffit pour la prospection et pour l'intelligence des rapports géologiques. Si les principaux types pétrographiques des classes ignées, sédimentaires et métamorphiques sont bien établis, plusieurs variétés de roches se rangent sous plus d'une classe à la fois : on relève donc de nombreux exemples de cas limites.

### Roches ignées

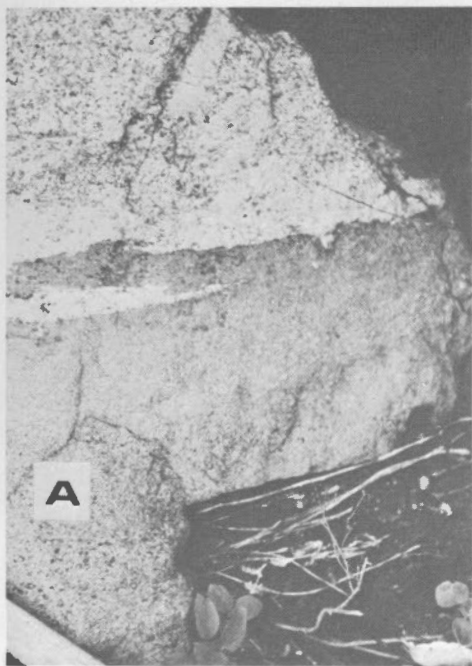
Presque toutes les roches ignées sont cristallines. Cependant la plupart ont une texture de compénétration plutôt qu'une texture cristalline vu la quasi-simultanéité du développement des grains à partir du magma qui se refroidit. Dans certains cas, toutefois, le refroidissement entraînera la formation de cristaux bien réguliers. Si ces derniers sont plus gros que ceux de la roche encaissante, on les appelle des *phénocristaux* et la roche est dite *porphyrique*.

Les minéraux de la famille des feldspaths, généralement accompagnés de quantités plus faibles de quartz, constituent l'élément lithogénétique de base pour la plu-

part des roches ignées. Ces minéraux ont généralement une teinte pâle. D'autres minéraux lithogénétiques importants renferment du fer et du magnésium ; on les appelle les minéraux ferromagnésiens ; tels sont la hornblende, le pyroxène, l'olivine et la biotite, tous de teinte foncée. Il y a aussi un grand nombre de minéraux « accessoires », comme la magnétite, qu'on trouve en petites quantités dans presque n'importe quelle sorte de roche ignée. On entend habituellement par roches acides les roches ignées qui se composent surtout de feldspath et de quartz, tandis qu'on appelle basiques les roches carac-

térisées par l'absence de quartz et la présence de fortes quantités de minéraux ferromagnésiens. L'emploi de ces adjectifs est malheureux, car ils ont en chimie une autre acception bien établie. Il faut plutôt parler de roches *siliceuses* ou *felsiques* pour les roches qui contiennent beaucoup de quartz ou de feldspath et de roches *fémiques* ou *mafiques* pour les roches ferromagnésiennes.

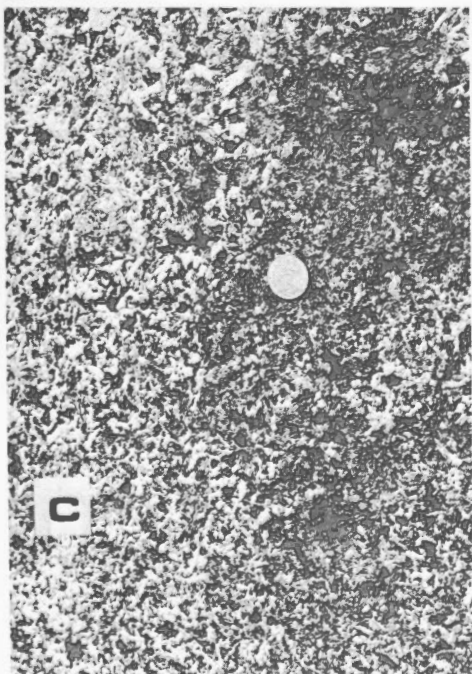
On range sous deux classes distinctes (tableau à l'appendice v) les roches plutoniques à texture plus grossière qui forment les stocks et les batholites, et les roches à texture plus fine qui forment les dykes, les filons-couches



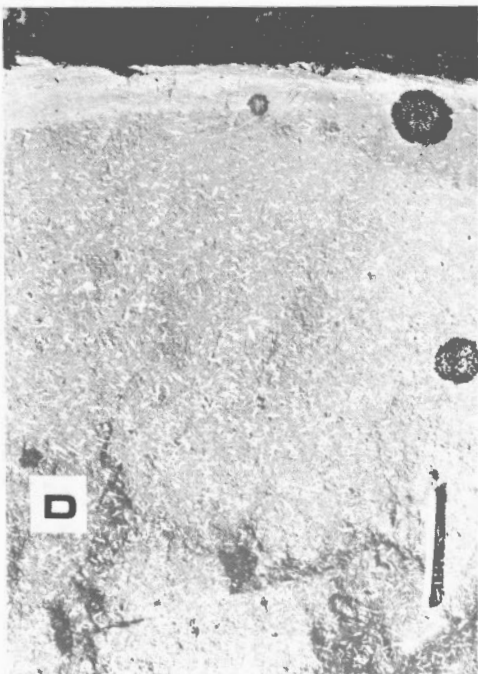
H. M. A. Rice 85469



J. W. Ambrose 83039



B. W. H. Norman 82236



C. S. Lord 88142

Planche XXIV

- A. Diorite (en bas) pénétrant du granite (en haut). Remarquez la texture plus fine de la diorite près du granite : elle vient de ce que la première s'est refroidie rapidement au contact du second.
- B. Dyke de trapp à marges refroidies rapidement, qui pénètre le granite.
- C. Diabase à granulométrie plus grosse que d'ordinaire.
- D. Dyke de porphyre à feldspath.



et les coulées de roches volcaniques. Comme ces roches, à grosse ou petite granulométrie, sont de même provenance, leur composition se ressemble d'ordinaire. Elles diffèrent toutefois par la grosseur de leurs grains et leur texture à cause du refroidissement plus rapide auquel dykes, filons-couches et coulées sont soumis. Les roches volcaniques se présentent généralement sous forme de *structures* rubanées par suite de l'écoulement des matériaux en fusion. Le mot *structure*, appliqué à ces propriétés internes, n'a pas le même sens s'il s'applique à des structures considérables, telles les plis ou les failles.

#### Roches plutoniques

Les roches à textures plutôt grossière, dont on peut voir habituellement les grains à l'œil nu, comme c'est le cas du

granite, sont dites plutoniques. Une première classification repose sur la quantité et la variété de feldspath, ainsi que sur la quantité de quartz ou de minéraux ferromagnésiens qu'elles renferment. Règle générale, on peut déterminer *grosso modo* la variété du feldspath à l'œil nu où à la loupe mais, dans certains cas, c'est chose difficile ou impossible. Si l'on désire des observations plus précises, il faut procéder à des examens au microscope ou des analyses chimiques. Quant à l'étude sur le terrain, il suffit de se référer aux distinctions mentionnées ci-après.

Le *granite* est une roche de teinte relativement claire, composée de feldspath potassique et de quartz. Dans plusieurs sortes de granite, on trouve aussi de faibles quantités de mica blanc, de biotite ou de hornblende. Le granite à cristaux réguliers, plutôt gros, éparpillés dans une matrice de matière granitique ordinaire, est dit *granite*



G. Shaw 86105

A. Dyke de pegmatite pénétrant le schiste.



H. M. A. Rice 85473

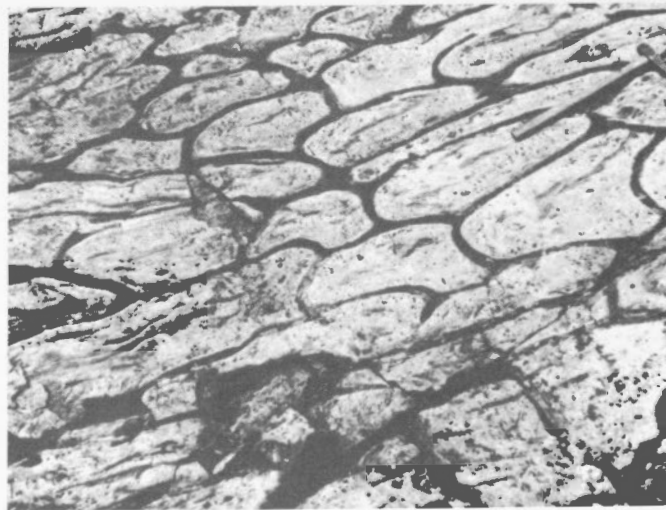
B. Dyke de pegmatite pénétrant le grès (gris sombre). Le dyke a été disloqué par une faille et un dyke d'aplite (indiqué par la tête du marteau) a envahi la fracture.

Planche XXV

C. Lave à rhyolite contenant des cassures polygonales comblées par des veinules. Ces cassures sont dues à la contraction de la lave au moment du refroidissement.

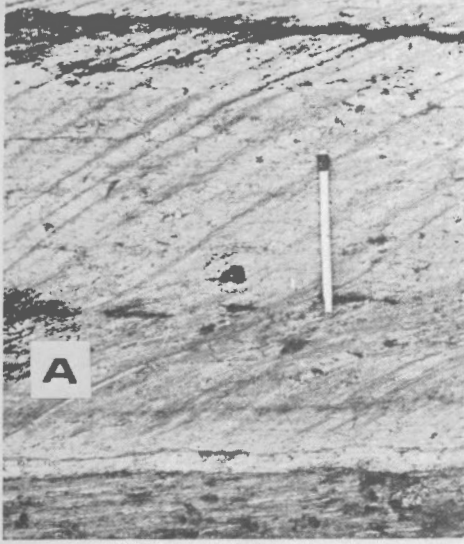


J. W. Ambrose 84901

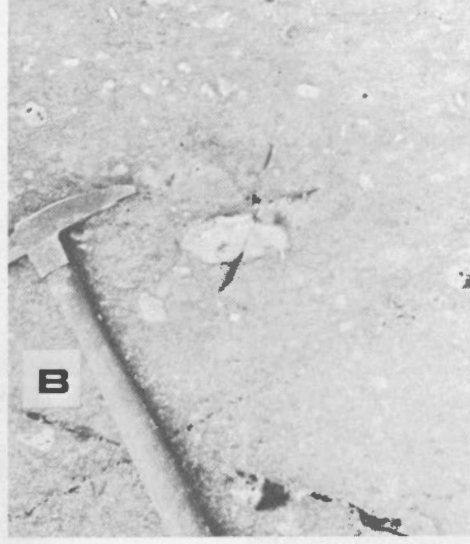


J. F. Henderson 84169

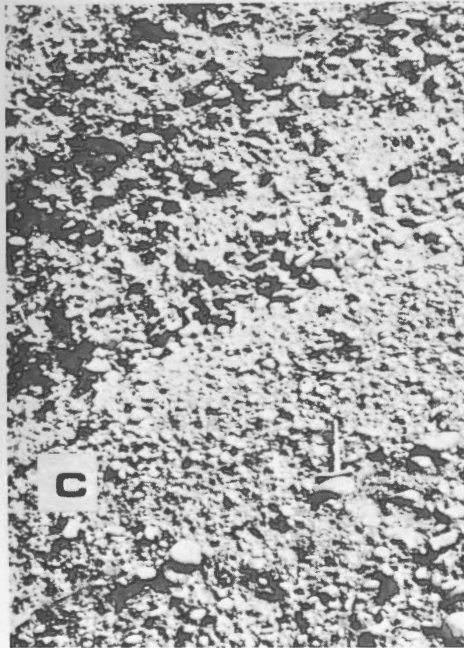
D. Roche verte se présentant sous forme de coussins.



A. F. Buckham 87148



A. W. Jolliffe 84425



F. J. Alcock 81569



J. G. Gray 85394

Planche XXVI

- A. Clivage de fractures dans une couche de tuf. Remarquez que la stratification est horizontale et que le clivage produit par la compression forme un angle d'environ 45° avec les strates.
- B. Brèche volcanique où agglomérat recouvert de tuf.
- C. Conglomérat assez récent (datant du trias) ou la désagrégation de la matrice libère des cailloux de tailles diverses. Dans les conglomérats plus anciens, comme ceux du précambrien, la matrice est d'ordinaire recristallisée et forme, avec les cailloux, une masse si compacte que les cailloux eux-mêmes se brisent lorsqu'il y a désagrégation ou fracture.
- D. Fractures dans du grès empruntant trois directions.

*porphyrique*. Il en est de même des variétés de roches décrites ci-après.

La *syénite* est une roche de couleur pâle composée surtout de feldspath potassique. On n'y voit à peu près pas de quartz, même à la loupe.

La *diorite* est une roche de couleur plutôt foncée, composée principalement de feldspath à plagioclase et d'une quantité appréciable d'un des minéraux à amphibole, habituellement de la hornblende, ou d'un des minéraux à pyroxène. D'autres variétés répandues sont la *granodiorite*, qui renferme sensiblement plus de plagioclases que de feldspath potassique, et la *diorite quartzifère* dont la teneur en quartz dépasse 10 p. 100.

Le *gabbro* est une roche de couleur foncée composée surtout de plagioclases plutôt calciques que sodiques (habituellement de labradorites) et de fortes quantités d'am-

phiboles ou de pyroxènes. Le *gabbro* dont la teneur en minéraux ferromagnésiens est beaucoup moindre devient de l'*anorthosite*.

Les roches *ultramafiques* se composent presque entièrement de minéraux ferromagnésiens du type olivine ou pyroxène, ou de l'un et l'autre de ces minéraux; les plagioclases en sont absents ou à peu près. Elles se métamorphosent habituellement en minéraux à base de serpentine. La patine caractéristique est de teinte orange chamois; les surfaces fraîches vont du vert foncé au noir. La magnétite produite au cours de la transformation en serpentine rend la roche faiblement ou modérément magnétique.

*Roches filoniennes*

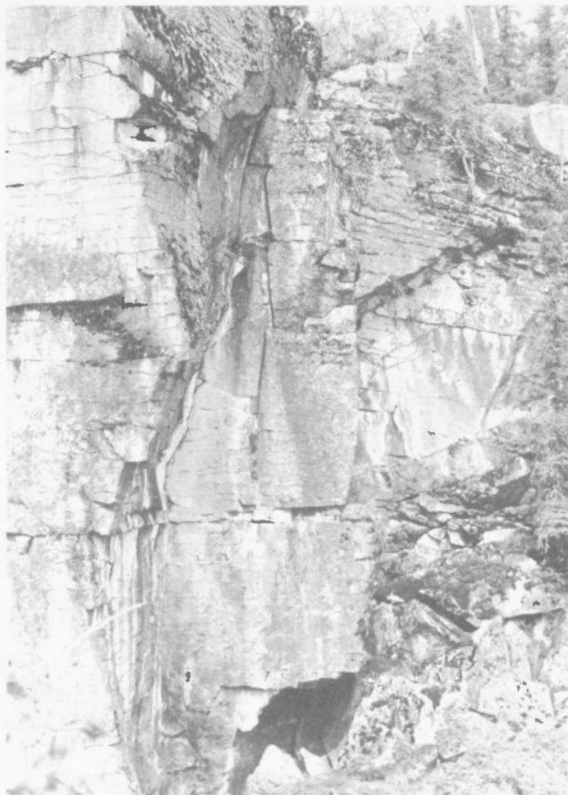
La texture des roches filoniennes est généralement plus fine que celle des roches plutoniques correspondantes.



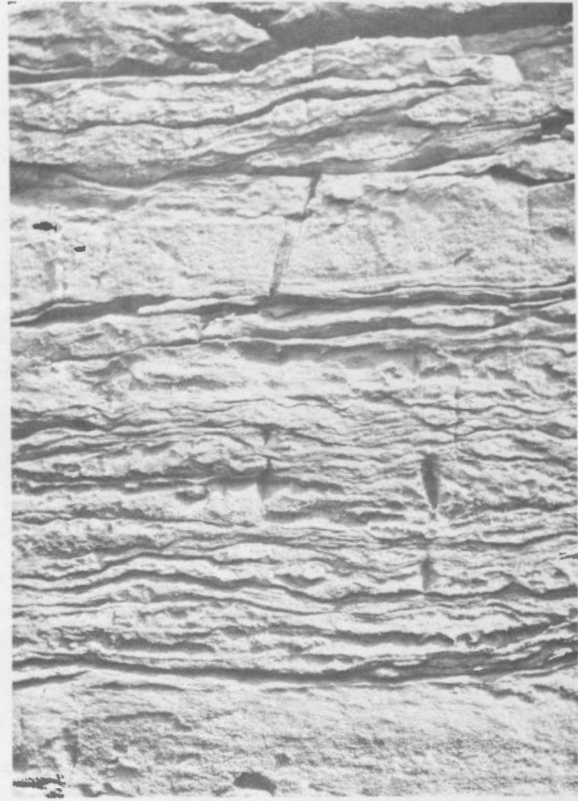
C. S. Lord 85518

A. Variété de schiste argileux un peu plus dur et plus plaqueté que les variétés ordinaires.

C. Escarpement de dolomie. Certains affleurements de roche calcaire ont un aspect semblable.



T. L. Tanton 85872



H. Gauthier 41141

B. Roche calcaire montrant une surface irrégulièrement désagrégée à cause de la composition de la roche.

D. Grauwacke grossière et fine. interstratifiée.



H. C. Gunning 81953

Certaines, dont un grand nombre de diabases et de pegmatites (ci-après décrites), ont cependant une texture grossière. Les roches qui correspondent aux principales catégories de roches plutoniques figurent au tableau des roches ignées de l'appendice v. L'aplite et la diabase sont d'autres variétés communes. L'aplite, roche à texture fine uniforme, correspond par sa composition au granite et a généralement l'apparence du sucre. La diabase, dont la composition s'apparente de près à celle du gabbro, a généralement des cristaux en forme de treillis : c'est la texture diabasique (planche XXIV C).

Nombre des variétés mentionnées précédemment, de texture uniforme, peuvent être des porphyres. On les nomme habituellement d'après la composition des phénocristaux. Le porphyre à quartz, le porphyre à feldspath et le porphyre à hornblende en sont des exemples communs.

On trouve souvent une roche filonienne d'un autre genre, la pegmatite, roche à gros grains formée dans des conditions qui ont permis la croissance de masses relativement importantes de minéraux ou de cristaux. Les variétés les plus fréquentes sont les pegmatites granitiques, composées essentiellement d'amas de feldspath et de quartz d'un demi-pouce à plus d'un pied de diamètre. Elles contiennent aussi, dans certains cas, des cristaux de mica, d'apatites et de nombreux autres minéraux. On rencontre plus rarement des pegmatites dont la composition correspond à celle de la syénite, de la diorite ou du gabbro.

Les roches filoniennes ainsi que les roches volcaniques sont parfois d'une texture trop fine pour que l'on puisse en identifier sur le terrain les minéraux constituants. En pareil cas, on emploie les termes génériques *felsite* et *trapp*, pour désigner respectivement les roches de teintes pâles et celles de teintes foncées.

#### Roches volcaniques

La composition des roches volcaniques correspond à celle de l'une ou l'autre des variétés de roches plutoniques, mais leur texture habituelle est fine ou vitreuse. Elles se caractérisent également par des structures que nous décrirons ci-après. La finesse de leurs grains rend parfois difficile l'identification des minéraux constituants et la désignation de la roche, bien que la coloration dominante puisse servir de point de repère. Les roches volcaniques peuvent être de texture uniformément grenue ou de texture porphyrique. Dans ce dernier cas, se référant à la désignation de la variété, on parle d'ordinaire de rhyolite porphyrique ou d'andésite porphyrique par exemple et, parfois, selon la composition des phénocristaux, de porphyre à quartz ou porphyre à hornblende. Un grand nombre de roches volcaniques présentent de petites cavités (vacuoles) remplies de gaz ou vapeurs : on les dit alors *vacuolaires*. Si un minéral de formation ultérieure remplit des vacuoles en tout ou en partie, on dit que la roche est amygdaloïde. Les coulées de basalte ou celles de composition à peu près analogue (appendice v) se distribuent d'ordinaire en masses arrondies (structure en coussins) résultant de l'écoulement sous l'eau ou, en tout cas, dans un endroit très humide.

Certaines roches, en partie volcaniques et en partie sédimentaires, prennent naissance à la suite d'explosions volcaniques qui fragmentent des matériaux déjà cristallisés dans la cheminée d'un volcan, puis projettent dans l'air de gros fragments anguleux ou de petits fragments qui se transforment en cendre volcanique. Ces retombées se déposent en lits sur le sol ou au fond des nappes d'eau et se transforment plus tard en roches. Celles qui renferment des fragments plus gros s'appellent *brèches volcaniques* ou agglomérats volcaniques ; celles aux grains plus fins s'appellent *tuf*. On les classe, selon leur composition, en tuf rhyolitique, brèche andésitique, et *cetera*.

#### Roches sédimentaires

Nous avons déjà expliqué comment l'érosion produit les sédiments et les dépose sur le sol ou dans l'eau. Ces dépôts se tassent graduellement sous le poids des matières qui les recouvrent. Les grains peuvent être cimentés par la silice, le carbonate de calcium ou d'autres composés cristallisés provenant des impuretés dissoutes dans l'eau qui s'infiltré entre les grains. Les dépôts deviennent ainsi des roches sédimentaires solides, que l'on classe selon la grosseur et la composition de leurs grains.

Les éléments les plus gros des roches sédimentaires sont les conglomérats, les tillites et les brèches sédimentaires. Les *conglomérats* sont formés de gravier contenant des cailloux, des moellons ou des blocs émoussés. La *tillite* est une variété spéciale regroupant des matériaux détritiques glaciaires disparates (till). Les *brèches sédimentaires* renferment des fragments anguleux de roches, comme on en trouve dans les éboulements de roches et les talus d'éboulis. Les roches composées de particules rondes de la grosseur d'un pois, ou plus petites, prennent le nom de *gravillons*.

Les roches formées par la consolidation du sable comptent parmi les roches sédimentaires les plus communes. Le sable moyennement pur, composé presque entièrement de grains de quartz, peut se transformer en *grès*. Si les grains sont très petits la roche s'appelle *siltstone*. Si la roche renferme une quantité assez abondante de grains de feldspath, on l'appelle *grès feldspathique*, mais si le feldspath prédomine nettement on l'appelle *arkose*. Les sables renfermant de fortes quantités de minéraux ferromagnésiens ainsi que du feldspath, comme ceux qui résultent de l'érosion de la diorite ou du gabbro, produisent la *grauwacke*. Les sables déposés au moment où une activité volcanique s'exerçait à proximité sont habituellement mêlés à la cendre volcanique ; à la consolidation, ils forment des roches comme *grès tufacé* ou la *grauwacke tufacée*.

Les sédiments à texture plus fine, surtout la boue et l'argile, produisent les *schistes*. Il s'agit généralement de roches grises ou noires qui se présentent en couches minces, plutôt tendres et frangibles. On peut d'ordinaire briser avec les doigts les petites pièces qu'on détache facilement des affleurements.

L'eau, douce ou salée, contient en général une forte quantité de carbonate de calcium en solution, ainsi que

d'autres composés chimiques. Dans des conditions chimiques favorables, ces composés se déposent par précipitation pour former des dépôts mous qui se transforment en roches en durcissant. La plus commune des roches sédimentaires de cette catégorie est la *roche calcaire*, formée de carbonate de calcium. Elle est assez tendre, généralement blanche ou grise, parfois noire. Les surfaces altérées prennent d'ordinaire une apparence caractéristique, rugueuse et cariée. C'est que le carbonate de calcium est lentement soluble à la pluie ou dans l'eau. Certaines roches calcaires, surtout si elles sont impures, sont difficiles à reconnaître à l'œil nu. On les reconnaît toutefois par

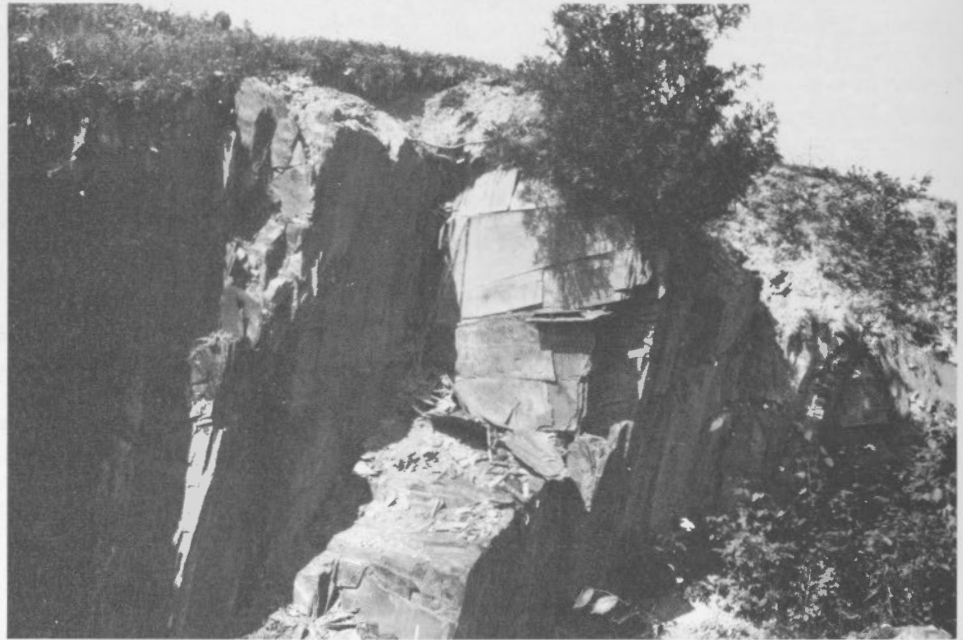
l'effervescence qui se manifeste si on y laisse tomber une goutte d'acide faible. La *dolomite*, formée principalement de carbonate de magnésium, est presque aussi commune que la pierre calcaire. Elle ressemble à la roche calcaire, sauf qu'on ne constate aucune effervescence spontanée lorsqu'on y applique un acide faible, à froid. Il y aura cependant effervescence si l'on gratte la roche au couteau.

### Roches métamorphiques

Les roches ignées ou sédimentaires peuvent se transformer en des variétés totalement différentes, dites *métamorphiques*. Cela peut se produire sous l'effet de la pression

#### Planche XXVIII

A. Ardoise. On remarquera que le clivage, ou plan suivant lequel la roche se fend, est à peu près parallèle au plan de la photographie, tandis que la stratification est parallèle au côté gauche de la carrière.



T. H. Clark 74389

B. Gneiss sédimentaire à « nodules » de grenat. Bouclier canadien.



et de chaleur et, dans une certaine mesure, de l'apport de matières fluides ou non. Ces transformations se produisent dans des couches profondes de la croûte terrestre, mais les roches ainsi produites peuvent affleurer, ou presque, par suite d'érosion en profondeur. Le métamorphisme peut entraîner la recristallisation des minéraux lithogénétiques primitifs en grains de grosseur ou d'orientation différentes, ou la formation de nouveaux minéraux plus stables dans des conditions physiques ou chimiques nouvelles.

Le mot métamorphisme signifie littéralement changement de forme. Selon certaines acceptions anciennes, ce vocable désignait uniquement les modifications sous l'effet de la chaleur ou de la pression, sans apport important de

matière. Son acception actuelle exclut l'altération superficielle mais embrasse les transformations occasionnées par la chaleur ou la pression, ou par une action combinée des deux, ainsi que, dans une certaine mesure, par l'apport de matière en solution ou à l'état gazeux. Les échanges plus considérables de matière se nomment *métasomatisme* et *granitisation*, comme nous l'expliquerons plus loin.

Le métamorphisme a pour effet de réorganiser en tout ou en partie les minéraux constituant d'une roche et de transformer la granulométrie des minéraux en texture généralement plus grossière. Il donne aussi naissance à de nouvelles structures, notamment par l'alignement des minéraux en zones feuilletées ou en bandes parallèles. Les miné-



Planche XXIX  
A. Gneiss granitique tourmenté, à Terre-Neuve.

J. W. Gillis 119100



B. Gneiss lit-par-lit, dans le Bouclier canadien.

C. K. Bell 117909

raux métamorphiques les plus connus sont les micas, le grenat, la staurolite, la cyanite et la sillimanite. Certaines roches ont été métamorphosées au point de rendre difficile ou même impossible l'identification de leurs types antérieurs. Le travail d'identification pourra être facilité par la découverte de zones rocheuses assez peu altérées, ou encore si une strate ou autre formation, telle qu'un dyke, se prolonge dans la roche jusqu'à ses parties non métamorphosées ou les moins métamorphosées.

Dans certains rapports géologiques, on fait état de métamorphisme *de contact* et de métamorphisme *dynamique*. Dans le premier cas, il s'agit d'un métamorphisme plutôt localisé autour d'une intrusion rocheuse ; dans le second cas, le métamorphisme affecte d'importantes masses rocheuses et se rattache habituellement aux pressions orogéniques.

Voici brièvement définies certaines des roches métamorphiques les plus répandues :

*Marbre* : Roche constituée surtout de calcite ou de dolomie recristallisée, et dérivée de la roche calcaire ou de la roche dolomitique.

*Skarn* : Roche de granulométrie moyenne ou grossière, constituée surtout de minéraux à base de silicates calciques et renfermant habituellement de la magnétite.

*Serpentine* : Roche constituée essentiellement de minéraux de la famille des chlorites à serpentine. Les teintes varient d'ordinaire du vert au noir.

*Roches vertes* : Nom que les prospecteurs donnent aux roches de teintes verdâtres constituées surtout de chlorites, d'amphiboles ou d'épidotes. Elles proviennent généralement de roches volcaniques ou plutoniques de composition basique ou intermédiaire.

*Quartzite* : On désigne ainsi une roche métamorphique, constituée surtout de quartz, à cassure irrégulière et qui a tendance à briser les grains plutôt qu'à les contourner. Aussi, grès bien cimenté constitué surtout de quartz.

*Fénite* : Variété particulière de roche métamorphique de contact, associée à des roches ignées alcalines.

*Argilite* : Pierre formée de boue durcie sans clivage.

*Ardoise* : Schiste recristallisé remarquable par son bon clivage et exempt de la texture grossière de la phyllite.

*Roche cornéenne* : Roche recristallisée, de texture fine ou moyenne, formée par un métamorphisme de contact, exempte de schistosité ou de clivage ; généralement constituée d'ardoise ou de roches connexes.

*Phyllite* : Roche intermédiaire entre l'ardoise et le schiste quant à la granulométrie et au degré de métamorphisme. Elle renferme beaucoup de chlorites et de micas, ce qui la rend presque aussi feuilletée que le schiste.

*Schiste* : Roche très feuilletée, constituée surtout de minéraux lamelleux comme le mica ou la chlorite, et de minéraux granuleux comme le quartz, le feldspath ou le grenat. On compte plusieurs variétés dont le schiste à biotite, le schiste à grenat, *et cetera*.

*Schiste vert* : Roche à forte teneur de minéraux verts, comme la chlorite, la hornblende ou l'épidote.

*Gneiss* : Roche plus ou moins granulaire caractérisée par l'alternance de bandes de minéraux de teintes pâles et de teintes foncées, comme le quartz, le feldspath, la biotite et l'amphibole. Les fractures se font plus facilement dans le sens parallèle ou perpendiculaire aux strates. Dans les cas où le clivage est parallèle, il est moins régulier que dans les schistes. Le gneiss s'appellera *orthogneiss* s'il provient de roches ignées, et *paragneiss* s'il provient de roches sédimentaires, mais il n'est pas toujours possible d'établir cette distinction. Une variété répandue d'orthogneiss est le gneiss granitique. Cette expression est parfois utilisée abusivement pour désigner des roches qui ne sont issues du granite qu'en apparence seulement.

Certains gneiss spéciaux, de familles connexes, comprennent le *gneiss hybride*, constitué en partie de roches métamorphiques plus anciennes et en partie de matières ignées ; le *gneiss lit-par-lit*, dans lequel alternent des strates granitiques et mafiques ; la *migmatite*, roche mixte constituée habituellement de gneiss et contenant des matières granitiques et des matériaux métamorphiques probablement plus anciens.

*Amphibolite* : Roche de texture moyenne ou grossière, constituée surtout d'amphiboles et de plagioclases.

*Granulite* : Roche de texture moyenne ou grossière, granulaire et pratiquement non feuilletée.

*Éclogite* : Roche d'un vert terne à texture granulaire, constituée de pyroxène de grenat.

Le métamorphisme se qualifie de *faible* ou *prononcé* suivant le degré de transformation subi par les roches originales, plus particulièrement sous l'effet de la chaleur. Cette intensité du métamorphisme a donné naissance au concept du *faciès* métamorphique, selon lequel les roches soumises à certaines température et pression limites se caractérisent par la présence de certains minéraux ou roches stables, même si le faciès comporte d'autres roches. C'est un sujet d'étude important pour les géologues qui s'intéressent aux roches métamorphiques. Il n'est pas nécessaire que le prospecteur puisse identifier chacune des roches rencontrées, mais une connaissance générale de la matière lui permettra de mieux comprendre nombre de rapports, notamment ceux qui traitent de certaines parties du Bouclier canadien. Nous avons donc ajouté, à l'appendice v, un tableau relativement simple.

#### Observations concernant les roches

Dans les pages précédentes nous avons traité brièvement de la plupart des roches les plus communes. On trouvera sur le terrain, ou dans les rapports géologiques, plusieurs autres roches dites spéciales ou intermédiaires. Comme nous le disions précédemment, le prospecteur n'a pas à être familier avec toutes les variétés que nous avons décrites. Cependant, plus ses connaissances seront étendues,

plus il saura tirer profit de ses travaux de prospection et de ses lectures. Dans nombre de districts miniers, certaines variétés spéciales de roches sont importantes du fait de leurs rapports avec les gîtes minéraux. Le prospecteur aura avantage à s'initier au jargon local dans lequel elles sont souvent désignées.

Il ne suffit pas de se plonger dans la lecture de traités pour savoir identifier même les roches ordinaires. Nul doute qu'un tel exercice reste d'un grand secours. Mais les cours dispensés dans les diverses maisons d'enseignement — où se mêlent la théorie et la pratique, dont

l'étude attentive et dirigée d'échantillons — assurent une formation nettement supérieure.

#### *Ouvrages à consulter*

Pirsson, L. V.

*Rocks and rock minerals*, 3<sup>e</sup> éd., New York, Wiley, 1947.

Spock, L. E.

*Guide to the study of rocks*, 2<sup>e</sup> éd., New York, Harper, 1962.

N. B. Quelques-uns des volumes énumérés à fin de la section relative aux minéraux contiennent aussi des renseignements sur les roches.



## les gîtes minéraux

Prospecter, c'est rechercher des gîtes minéraux qui offrent certaines possibilités d'exploitation sur le plan commercial ; par conséquent, tout prospecteur doit connaître à fond la nature des gîtes minéraux. Ces derniers varient beaucoup par leur forme, leurs associations et leur origine, mais il n'est pas difficile d'apprendre à reconnaître leurs caractéristiques essentielles. Toutefois, les détails touchant leurs définitions, leurs classifications et les théories sur leurs origines, qui sortent d'ailleurs du cadre du présent ouvrage, présentent sans aucun doute des difficultés et créent parfois une certaine confusion. D'ailleurs, différents auteurs donnent aux mêmes termes des acceptions quelque peu différentes. Les premières sections du présent chapitre sont consacrées aux principales méthodes pratiques, utilisées pour décrire et classer les gîtes. On y explique les principaux termes qui aideront le lecteur à comprendre le reste du présent ouvrage et toute autre publication sur les gîtes minéraux. Ces sections abordent la plupart des sujets qu'il faut connaître pour comprendre les chapitres suivants. La seconde partie est un bref exposé des données et théories relatives à l'origine des gîtes. La dernière partie décrit succinctement plusieurs genres de gîtes susceptibles d'intéresser les prospecteurs, surtout au Canada. Certains lecteurs pourront se dispenser de lire la deuxième et la dernière partie de ce chapitre, mais d'autres les trouveront peut-être utiles pour étudier le sujet plus à fond.

Les gîtes minéraux sont classés de différentes façons, et chacune d'elles répondant à des fins bien précises. Ils sont classés selon leur importance, la valeur commerciale des produits qu'ils renferment, ou leur forme, ou encore selon d'autres critères qui seront expliqués plus loin. Dans le cas de certains gîtes, plusieurs de ces moyens de classification sont employés simultanément. Par exemple, on dira qu'un gîte est « un filon productif de quartz, aurifère et cuprifère, dans du granite ».

### CLASSIFICATION PRATIQUE DES GÎTES

Considérations sur la valeur ou l'importance des gîtes

Les faibles concentrations d'un ou de plusieurs minéraux sont habituellement désignées *venues minérales*. Une zone

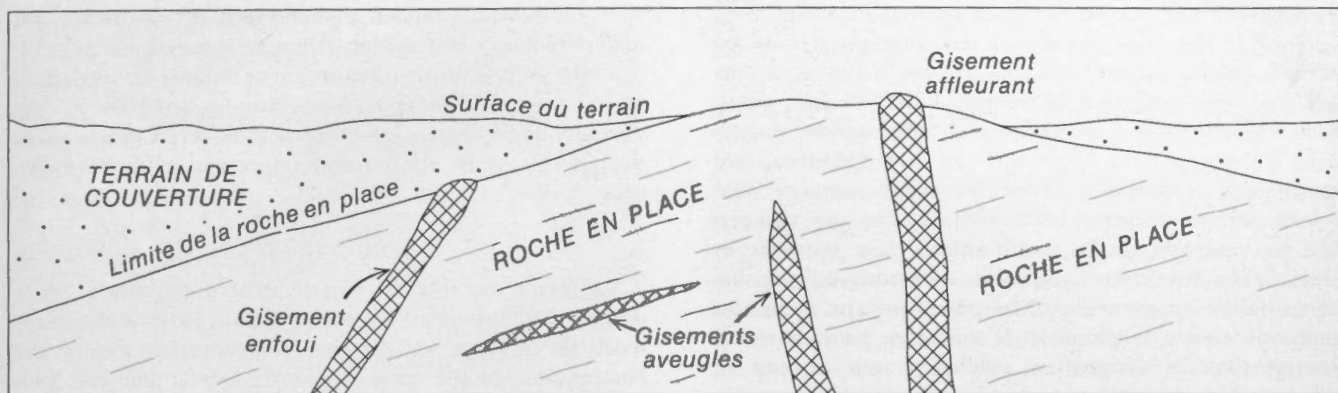
*d'intérêt* est une venue assez importante et assez riche pour avoir quelque chance de renfermer un gisement de minerai. Un *gisement de minerai* est un gîte qui, dans les conditions actuelles, peut être exploité de façon profitable par un particulier ou un gouvernement (cette définition exclut habituellement les dépôts non consolidés et les combustibles minéraux). Le terme *gîte minéral* a généralement un sens plus large que « gisement de minerai », car il désigne également les zones d'intérêt et les gisements de minerai. Dans un sens encore plus étendu, comme dans le titre du présent chapitre, ce terme s'applique aussi aux venues. Les dépôts non consolidés et les combustibles minéraux sont considérés eux aussi comme des gîtes minéraux d'une espèce particulière. Une *mine* se définit d'ordinaire comme une ouverture ou excavation dont on extrait du minerai, des matières de valeur non consolidées ou de la houille, cependant que les excavations à ciel ouvert d'où l'on tire des produits comme le sable ou le gravier, ou encore de la pierre, sont appelées « sablières », « gravières » ou « carrières ». En langage populaire, les zones d'intérêt que l'on explore ou qui ont été explorées sont souvent appelées « mines », mais ce terme est inexact même si l'exploitation comporte le creusage d'un puits ou d'une galerie d'accès.

### Facilité de la découverte et de l'exploration

La facilité ou la difficulté relatives qui président à la découverte et à l'exploration des gîtes, ainsi qu'à leur exploitation ultérieure, ont une importance considérable sur le plan pratique. Dans cette optique, on peut classer les gîtes de la façon indiquée ci-après, tout en acceptant l'existence de cas marginaux.

1) *Gîtes avec affleurements apparents*. On peut aisément déterminer les possibilités d'exploitation de certains gîtes affleurants assez importants dont la teneur en minéraux est assez forte. Leur étendue ou celle des affleurements voisins peut permettre d'effectuer des sondages ou tout au moins indiquer les points où il convient de les entreprendre sous le mort-terrain, rendant ainsi aisément accessibles les renseignements sur la valeur des gîtes. Ces considérations s'appliquent aussi aux dépôts non consolidés bien visibles, sauf que le mot « affleurement » ne conviendrait pas en pareil cas. Si le gîte doit être exploité, les affleurements permettront d'amorcer les travaux d'excavation plus facilement que s'il fallait d'abord enlever la couche de mort-terrain.

2) *Gîtes avec affleurements non apparents*. Nombre de venues minérales sont petites au point de passer inaperçues. L'expérience a montré qu'elles ne sont parfois qu'une partie affleurante d'un gîte beaucoup plus important, presque entièrement caché, ou qu'elles révèlent l'existence d'un gîte souterrain tout à fait distinct. Les affleurements peuvent passer inaperçus par suite de la faible teneur en minéraux de certains grands gîtes exploitables et de la ressemblance de minéraux utiles avec des minéraux lithogénétiques ordinaires. Ainsi la découverte et l'exploration d'un gîte affleurant de ce genre exigent du prospecteur plus d'habileté et d'expérience que dans le cas des gîtes de la catégorie pré-



C.G.C.

Figure 5. Gîte minéral affleurant et gîtes enfouis sous des morts-terrains ou dans la roche de fond.

cédente ; ce genre de gîte sort parfois du domaine de la prospection classique.

3) *Gîtes souterrains découverts en fouillant les abords de corps minéralisés connus.* Bien des gîtes nouveaux ont été découverts dans les centres miniers après étude des conditions géologiques propices à la formation d'un ou plusieurs massifs de minerais connus, puis en appliquant les renseignements obtenus à des roches, structures et conditions géologiques semblables dans d'autres parties de la zone. Depuis quelques années, ces recherches se font couramment avec l'aide d'études géophysiques et géochimiques. Ce genre de recherches sort vraiment du domaine de la prospection classique, ne serait-ce qu'en raison du fait que ces régions sont presque toujours jalonnées.

4) *Gîtes recouverts de morts-terrains.* Bien des gîtes ont leur sommet affleurant le massif rocheux mais complètement recouvert par une couche de morts-terrains. Les gîtes ainsi recouverts sont beaucoup plus difficiles à déceler et ils constituent l'objectif principal des méthodes de prospection perfectionnées. Toutefois, si la couverture est mince, le gîte peut encore être du domaine de la prospection classique.

L'adoption d'un terme précis pour désigner cet état de choses s'impose de plus en plus. Certains auteurs parlent de « subaffleurement » mais ce terme est illogique puisque « affleurement » sous-entend une partie visible à la surface du sol. On propose des termes plus justes, comme « gîte recouvert » ou « sommet recouvert ».

5) *Gîtes qui n'atteignent pas la surface de la roche en place.* On a découvert des gîtes entièrement enfouis dans la roche. Il en reste certainement beaucoup d'autres à découvrir. Les gîtes de ce genre constituant un important objectif des méthodes de prospection perfectionnées, il va falloir adopter un terme général pour les désigner.

Le jargon minier utilise depuis longtemps le terme « aveugle » pour désigner une veine ou un filon qui n'affleure pas. Les ouvrages de référence courants ne précisent pas si ce terme s'applique aussi aux sommets recouverts, mais il semble avoir été employé notamment dans le cas des filons ayant leur sommet dans la roche. L'auteur du présent ouvrage propose que ce terme soit réservé aux

gîtes recouverts par la roche et qu'il soit appliqué aussi bien aux gîtes concordants qu'aux gîtes transgressifs dont il sera question plus loin.

6) *Minerais en puissance.* On range dans cette catégorie les gîtes reconnus ou en partie explorés dont la teneur ou les dimensions sont légèrement inférieures à celles des gîtes qui répondent aux normes actuelles de rentabilité en fonction de la demande, du coût d'extraction, des procédés de traitement et des modes de transport. L'expression « minerai primitif » est employée parfois pour désigner les gîtes de minerais en puissance qui ont été bien explorés et qu'une légère marge sépare des normes de rentabilité actuelles.

7) *Gîtes à très faible teneur.* Il s'agit des gîtes qui se rangent entre la roche ordinaire et ce que l'on classe à l'heure actuelle comme minerais en puissance. Il se peut qu'on les exploite plus tard, dans des conditions très différentes.

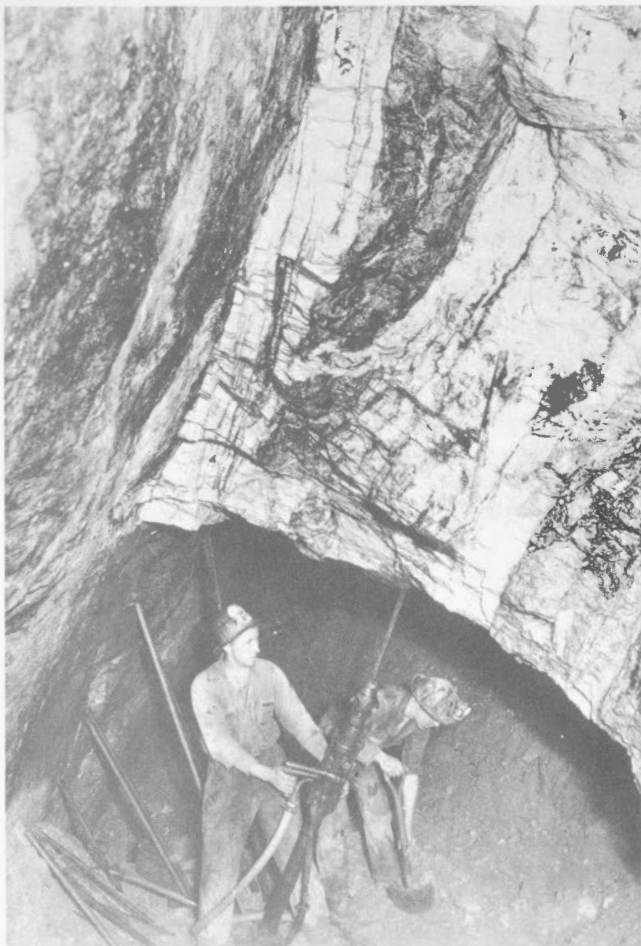
### Classement par produits

Pour de nombreuses raisons, notamment sur le plan de la statistique et du classement dans les ouvrages de référence, le mode de classement le plus commode est celui qui range les gîtes d'après les produits extraits. Au chapitre xv, les produits ont été classés par ordre alphabétique.

La division la plus fondamentale des minéraux est la suivante : *métalliques, non métalliques, combustibles minéraux et matériaux de construction.* L'expression « non métallique » est courante dans ce genre de classification, bien que « non métallifère » soit préférable dans d'autres contextes (chapitre III). Les principaux minéraux non métalliques produits au Canada sont l'amiante, la potasse, le soufre, le sel et le gypse. Les matériaux de construction comprennent le sable et le gravier, l'argile, le ciment et diverses sortes de pierres. Minéraux non métalliques et matériaux de construction sont communément appelés *minéraux industriels* et même si l'on y ajoute parfois le terme « roches », l'expression « minéraux industriels » désigne généralement toutes les roches employées dans l'industrie. Les combustibles minéraux sont le pétrole, le gaz naturel et ses sous-produits ainsi que la houille.

On divise ordinairement les métaux en trois catégories : *précieux, nobles et communs*. Le mot « précieux » est un terme juridique s'appliquant uniquement à l'or et à l'argent, ces deux métaux étant soumis à des lois bien particulières. L'or, l'argent, le mercure et les platinides, inaltérables à l'air et à l'eau, quelle que soit la température, sont des métaux « nobles ». Tous les autres métaux sont appelés métaux « communs » s'ils ne sont pas compris dans la catégorie des métaux nobles. Les minerais et mines de fer ayant des dimensions, des concentrations et des emplois bien particuliers, les autres métaux communs comme le cuivre, le plomb et le zinc sont habituellement groupés sous la désignation métaux « non ferreux » ; dans certains cas, cette expression peut aussi désigner des métaux nobles.

De nombreux gîtes renferment plus d'un minéral. On distingue d'abord les *coproduits*, dont la valeur d'exploitation est primordiale, puis les *sous-produits* de moindre importance, dont la vente ne constitue pas un facteur d'exploitation majeur. On désigne habituellement les gîtes et les mines selon les deux ou trois principaux coproduits ; exemple : un gîte de « zinc-cuivre » ou d'« or-cuivre ».



L. Frank 78607

Planche XXX Gros filon de quartz rubané dont on extrait de l'or.

Cette désignation repose généralement sur la valeur des minéraux plutôt que sur les quantités. Ainsi, l'or étant plus coté que le cuivre, une quantité d'or inférieure à celle du cuivre pourrait justifier la désignation « or-cuivre », tandis que l'appellation « cuivre-or » indiquerait que la vente du cuivre fournit ou fournira un revenu plus élevé que celle de l'or.

### La forme des gîtes

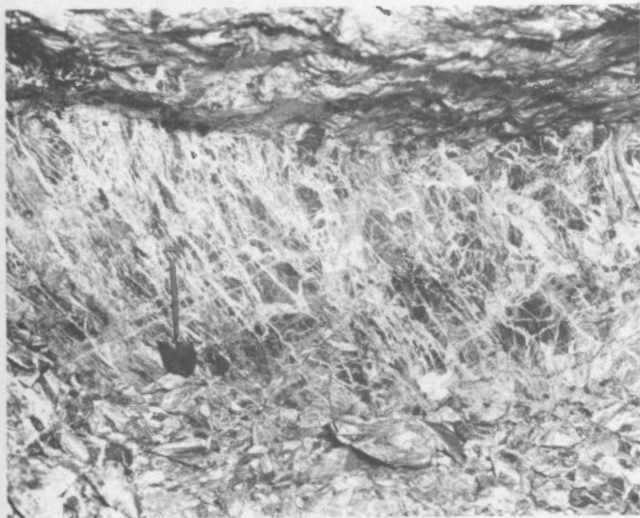
La forme des gîtes est un élément important à considérer parce que c'est elle qui révèle au prospecteur l'existence de la venue ou du gîte et qu'elle peut déterminer l'orientation de ses travaux pour mettre à jour une plus grande surface de sa découverte. En outre, la forme d'un gîte, sa direction et sa régularité influenceront sans aucun doute sur l'évaluation, l'exploration et peut-être même l'exploitation ultérieure (chapitre XIV).

La forme des gîtes minéraux, comme les autres caractéristiques, peut varier sensiblement ; on distingue cependant deux types principaux : 1) les gisements *tabulaires*, et 2) les gisements de forme imprécise auxquels on ne peut attribuer aucune désignation descriptive. Le terme « tabulaire » désigne les gisements relativement longs et larges par rapport à leur épaisseur (comme des plaques) ; il vient du mot « table », et les gîtes dits tabulaires peuvent être aussi bien verticaux ou obliques qu'horizontaux. Outre les filons et les gîtes filoniens, les gisements tabulaires comprennent les dykes ou filons-couches uniformément minéralisés et les gîtes *stratiformes*. Ces derniers ont l'aspect général de couches alternées et sont généralement intercalés dans des strates. Les gîtes stratiformes peuvent être horizontaux, inclinés ou plissés avec les couches sus-jacentes et sous-jacentes. Tous les gîtes tabulaires s'associent étroitement aux structures, notamment aux fractures, failles, plans de stratification et plis.



H. C. Gunning 81941

Planche XXXI Veinules de quartz plus ou moins parallèles dans de la syénite.



C. H. Stockwell 81925

Planche XXXII Veinules multiples (stockwerk) de quartz aurifère suivant un réseau de fractures.

Les gisements de forme imprécise se présentent dans une variété infinie de formes et de dimensions, et n'ont pas en général des rapports aussi marqués avec la structure que les gîtes tabulaires.

Les filons ou veines les plus simples sont formés de corps tabulaires qui suivent les fractures de la roche. Certains filons ont des parois régulières et une épaisseur assez constante ; d'autres, qui ont des parois irrégulières, s'élargissent et se rétrécissent et présentent même des solutions de continuité. Il y a des filons d'un seul minéral, tels le quartz et la calcite, mais la plupart contiennent deux ou plusieurs minéraux. Nombre de filons sont rubanés intérieurement, comme le montre la planche XXX. Parfois, ces rubans sont constitués uniquement de minéraux filoniens différents ; dans d'autres cas, on peut relever la présence de « roche encaissante » altérée. Les filons relativement courts qui semblent combler des fissures dans la roche sont appelés *veinules de retrait* (planche XXXV). Les filons effilés sur les bords à la façon des lentilles sont appelés *lentilles*, et les petits filons étroits *filets*, *filonets* ou *veinules*.

Nombre de filets et de veinules se présentent en groupes formant ce qu'on appelle des « filons ramifiés », « filons composés », « systèmes filoniens » ou « réseaux de veinules ». Une série de filons rapprochés, presque parallèles, forme un « filon stratifié » ; un réseau de veinules se croisant dans tous les sens constitue un *stockwork* (planches XXXI et XXXII) ; une série de veinules situées entre deux cassures parallèles qu'elles relient à angle droit, comme les barreaux d'une échelle, est appelée « filon en échelons ».

Une faille marquée par une zone de roche cisailée peut contenir des filons ou être minéralisée de nombreuses autres façons et former ainsi des *gîtes de zone de cisaillement*, dont certains peuvent atteindre de grandes proportions. Le matériel remplissant les espaces entre les roches

d'une brèche dans une zone de faille ou dans des brèches d'autre origine constitue un *remplissage de brèche*. Les cavités formées dans du calcaire ou dans d'autres roches solubles par l'infiltration des eaux de surface peuvent ensuite se remplir de dépôts minéralisés qui forment des *remplissages de cavité*.

Les *colonnes* (cheminées), sont des corps minéralisés de forme presque cylindrique ou irrégulière, relativement longs par rapport à leur largeur et à leur épaisseur. Ce sont généralement des remplissages de brèches formés dans des cheminées d'explosion volcaniques ou à l'intersection de deux structures, comme dans le cas d'une couche traversée par une faille ou celui de deux failles qui se croisent (figure 6).

### Les gîtes consolidés et non consolidés

La nature — consolidée (roche dure) ou non consolidée — d'un gîte a une grande importance sur le plan de la prospection et sur celui de l'exploration et de l'exploitation ultérieures du gisement. Certains gisements non consolidés sont simplement des dépôts sédimentaires. D'autres sont concentrés de diverses façons, comme nous le verrons plus loin. Nombre de gîtes métalliques non consolidés sont appelés *placers* ou gîtes alluvionnaires, par opposition aux gîtes métalliques consolidés appelés *filons* ou gîtes filoniens. Au début, le mot « filon » désignait uniquement une veine ou un réseau de veines d'un type spécial ; au Canada, il désigne maintenant n'importe quel gîte de « roche dure ». Toutefois, certains experts excluent de cette définition les gîtes stratiformes et les gîtes non métalliques.

### Associations géologiques et autres

Les venues minérales et les gîtes se composent de grains ou cristaux d'une ou plusieurs sortes de minéraux qui groupent eux-mêmes plusieurs éléments chimiques. Ces éléments et ces minéraux ont certaines affinités qui provoquent leur association. La connaissance de ces associations permet de mieux comprendre et décrire les gîtes : le prospecteur en tirera profit, car s'il découvre la présence d'un certain minéral, il peut s'attendre à en découvrir un autre de plus grande valeur. Il faut également savoir si les minéraux de valeur sont groupés en massifs ou s'ils sont largement dispersés. Tout aussi importante est la connaissance des rapports qui existent entre le gisement et la roche encaissante étant donné que ces rapports diffèrent selon les structures et les roches encaissantes et que certaines catégories de gisements ont tendance à se former dans des roches d'un type particulier ou d'un certain âge. Les associations d'éléments, de minéraux et de roches constituent un sujet vaste et complexe que l'on retrouve dans plusieurs monographies consacrées à des régions et à des espèces particulières de gîtes. Nous aborderons ces sujets dans les prochains paragraphes en les traitant d'après des observations réelles, indépendamment de toute autre donnée ou théorie en rapport avec l'origine des dépôts.

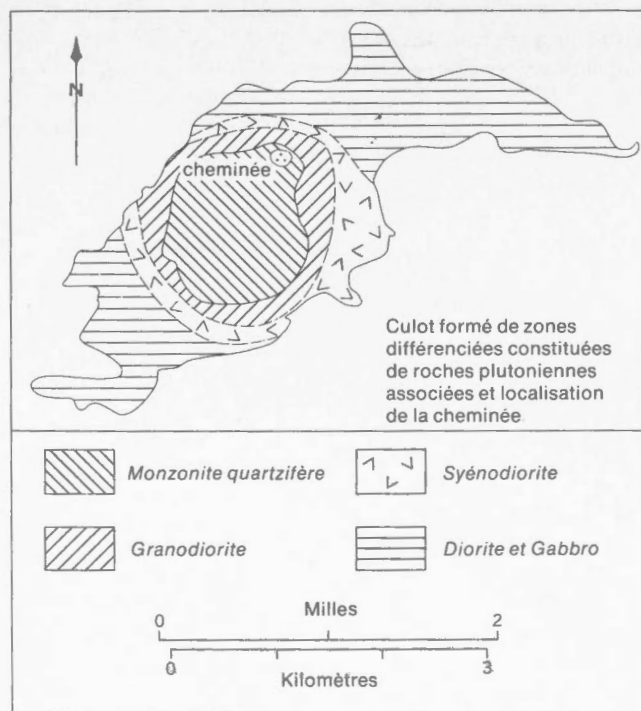
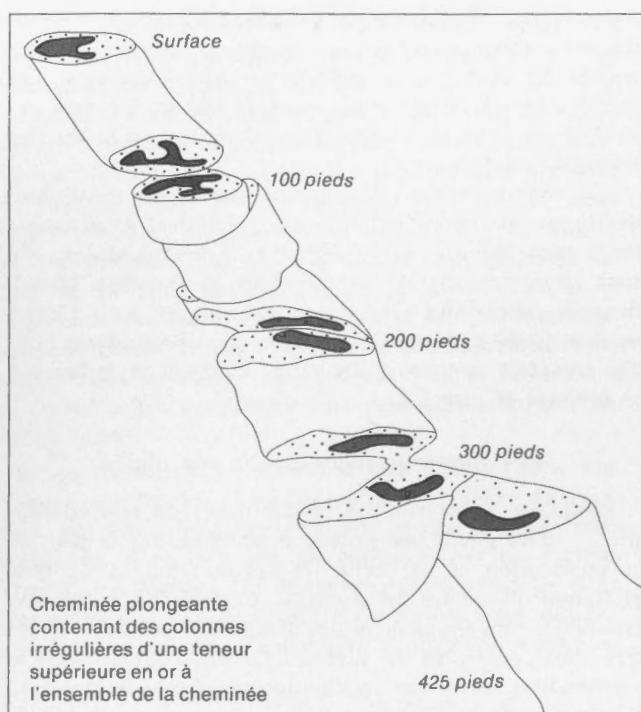


Figure 6. Coupe transversale d'un gîte minéral en cheminée et plan de la zone plus étendue indiquant la position de la cheminée par rapport à la masse de roches de compositions diverses.

### Les associations d'éléments

Nombre de métaux et d'éléments non métalliques ont des propriétés chimiques et physiques à peu près semblables. On les trouve ordinairement associés dans un

même minéral, un même gîte ou groupe de gîtes. Parmi les associations de ce genre les mieux connues, citons celles de plomb et zinc ; cuivre et zinc ; uranium, thorium et radium ; or et argent ; molybdène et tungstène ; nickel, platine et palladium ; et titanium, vanadium, chrome, manganèse, fer, cobalt et nickel. En outre, les métaux communs ont une forte affinité avec l'oxygène et le soufre tandis que certains métaux ont une affinité avec l'oxygène et le carbone réunis. Le sélénium et le tellure présentent des analogies avec le soufre et se combinent avec certains métaux, au lieu du soufre. Un tableau « périodique » des atomes, à l'appendice II, illustre nombre d'associations, outre celles que nous venons de mentionner, et quelques-unes de leurs raisons d'être.

### Les associations d'éléments

Les parties exploitables des gîtes minéraux sont les *minerais*, le reste formant les *rebutis*. Ces termes sont de plus en plus employés dans le cas des gisements de minéraux industriels. Certains minerais ne renferment que des minéraux de valeur ; ils sont l'exception. La plupart des minerais sont des agrégats de granulométrie fine ou assez fine, composés à la fois de *minéraux de valeur* et de minéraux sans valeur constituant la *gangue*. Cette dernière, qui peut être composée de roche altérée dans certains gîtes, doit être séparée des minéraux exploitables par concentration ou par fusion. Certains auteurs restreignent l'emploi du mot « gangue » aux minéraux non métallifères sans valeur, tandis que d'autres, dont nous sommes, y font entrer des minéraux comme la pyrite et la pyrrhotine, sauf s'ils sont récupérés pour produire du fer ou du soufre.

Les associations courantes et les manifestations des minéraux de valeur et des minéraux de gangue sont des éléments essentiels de la prospection, mais il faut bien se garder de généraliser et de tirer des conclusions hâtives, car on peut aussi trouver des minéraux de valeur dans des associations moins caractéristiques. Ces questions sont étudiées plus en détail aux chapitres IX et XV.

Chimiquement, l'or s'associe difficilement à d'autres éléments, mais il peut s'unir au tellure pour former les minéraux du groupe des tellurures. L'or se présente généralement en disséminations ou en veinules dans le quartz ou sous forme d'inclusions dans la pyrite, la chalcoppyrite et d'autres minéraux du groupe des sulfures. Lorsque les particules d'or sont assez grosses pour être dégagées de la gangue par broyage, on dit que cet or est à l'état libre.

Les particules d'or sont généralement d'une finesse microscopique dans les sulfures ; il faut dans ce cas griller le minerai pour en chasser le soufre et dégager l'or, avant d'entreprendre les opérations de lavage ou de fusion. Il y a presque toujours un peu d'argent allié naturellement à l'or. L'argent est d'ordinaire associé aux sulfures de plomb et de zinc, et on le trouve assez souvent, sous forme d'argent natif.

Le principal minéral cuprifère est la chalcoppyrite, souvent associée à l'or, aux sulfures de plomb, de zinc et de nickel et à la pyrrhotine. Cette dernière s'associe

dans certains endroits à la pentlandite, un important minéral de nickel. Les platinides s'allient d'ordinaire aux minéraux nickélicifères.

Les minéraux de valeur se présentent sous une forme *massive* ou *disséminée*. Les amas d'un ou de plusieurs minéraux peuvent s'étendre sur un pouce, ou sur cent pieds, ou davantage. Sous forme disséminée, les minéraux de valeur se trouvent dispersés de façon à peu près uniforme dans la gangue, qui peut se composer d'un ou de plusieurs minéraux de gangue ou de roche altérée. La granulométrie des minéraux de valeur peut varier de la grosseur d'un grain de blé à celle de particules microscopiques. Certains gîtes sont composés en partie de minéraux massifs et en partie de minéraux disséminés. Beaucoup combinent à la fois des minéraux exploitables et des rebuts. Dans ce dernier cas, les parties exploitables sont appelées *colonnes minéralisées* et peuvent se trouver en bordure ou au centre d'un gîte, aux endroits où le gîte (ou la roche encaissante) a subi une cassure particulière ou encore aux endroits où la roche encaissante a une nature chimique particulière. Les limites des colonnes minéralisées peuvent être facilement discernées en raison de la forte teneur en minéral ou être au contraire presque invisibles, auquel cas il faut les délimiter par l'analyse précise des échantillons.

#### *Les associations de roches*

On divise les gîtes minéraux en deux catégories fondamentales selon leur structure : les gîtes *concordants* et les gîtes *transgressifs*. Les gîtes concordants sont parallèles aux couches de la roche encaissante, que celle-ci soit homogène ou composée de roches différentes ; ces gîtes sont le plus souvent stratiformes, mais le terme « concordant » a un sens un peu plus général. Le terme « transgressif » s'applique à tous les gîtes dont la direction croise celle des roches encaissantes ou qui remplissent des fractures et autres espaces linéaires d'une roche plutonique. On classe parmi les gîtes transgressifs la plupart des filons, ensembles de veinules, remplissages de brèches et dykes minéralisés, à l'exception des filons et autres gîtes minéralisés à pente et à orientation parallèles aux strates encaissantes.

Les propriétés physiques et chimiques, de même que le type et l'âge des roches encaissantes, peuvent avoir une signification importante dans le cas de régions ou de gîtes bien déterminés. On trouvera la plus grande partie des renseignements sur ces sujets au chapitre xv ou dans les rapports plus détaillés concernant une région ou une mine particulière. On constate toutefois que les fractures ainsi que les filons et autres gisements qui les remplissent se manifestent le plus souvent dans les roches plus dures, plus « compétentes » ou plus cassantes (planche XXXV). Nombre de gîtes renfermant de l'or, du tungstène, de l'étain ou du molybdène se trouvent dans des roches allant du granite à la diorite. Le nickel, le chrome et le platine sont ordinairement associés au gabbro et aux roches ultramafiques.

L'âge des roches sédimentaires, métamorphiques ou ignées dans lesquelles se trouvent les gîtes joue un rôle important dans une zone déterminée, mais on ne peut tirer

que quelques généralisations très vagues dans ce domaine. Les roches précambriennes, qui ne renferment pas de gisements de combustibles minéraux, constituent la principale source de minerais métallifères au Canada. Cela n'a rien d'étonnant quand on sait que l'ère précambrienne représente plus des cinq sixièmes de toute l'histoire géologique de la Terre. En outre, dans plus de la moitié du pays, les roches précambriennes sont recouvertes seulement d'argile, de sable ou de gravier quand elles ne sont pas totalement découvertes. Jusqu'à présent, on n'a trouvé des gîtes métallifères que dans certaines parties des régions des Plaines (chapitre v). Les vastes étendues de roches tertiaires, à l'intérieur de la Colombie-Britannique, sont plus jeunes que la plupart des gîtes métallifères de cette province et, sauf en de très rares endroits, elles se prêtent mal à la prospection.

On a tenté d'attribuer les concentrations de minerais métallifères à des ères géologiques (ou cycles orogéniques) dites « époques de métallogénèse ». Durant le précambrien et plus tard, il a dû y avoir des périodes où la formation de gîtes sédimentaires, comme les gîtes de fer, a été très active et où les orogénèses et leurs roches plutoniques associées ont produit un nombre exceptionnel de gisements métallifères. On le verra au chapitre v. Toutefois, les efforts visant à relier certains métaux à des époques de métallogénèse précises n'ont pas donné jusqu'ici des résultats convaincants.

#### *Ouvrages à consulter*

Lamey, C. A.

*Metallic and industrial mineral deposits*, Toronto, McGraw-Hill, 1961.

Park, C. F. et MacDairmid, R. A.

*Ore deposits*, San Francisco et Londres, Freeman, 1964.

Routhier, P.

*Les gisements métallifères*, 2 vol., Paris, Masson, 1963.

#### ORIGINE DES GÎTES

Notre connaissance imparfaite des phénomènes qui se produisent sous la partie de l'écorce terrestre directement accessible à nos recherches a donné lieu à des théories contradictoires en ce qui concerne les origines et la formation des gîtes minéraux. On sait qu'ils se sont formés de différentes façons, à des profondeurs très diverses par rapport à la surface originelle. Si l'on connaît bien la genèse de certains types de gîtes, on ne connaît qu'imparfaitement l'origine de nombreux autres. Même si l'on peut observer à la surface certains gîtes minéraux en formation, la plupart des gîtes se sont de toute évidence formés et altérés à des profondeurs de plusieurs centaines ou milliers de pieds, voire même de plusieurs milles, au-dessous de la surface originelle. L'érosion les a par la suite mis à nu ou du moins les a rendus accessibles aux opérations de forage et d'extraction. Bien que l'on ait beaucoup appris, par déduction, au sujet des conditions qui prédominent dans les profondeurs de l'écorce terrestre, ces connaissances ne permettent pas encore de déterminer toutes

les caractéristiques génétiques d'un grand nombre de gîtes. Deuxième difficulté : un même gîte appartient parfois à deux types différents et passe graduellement de l'un à l'autre ou bien il a été formé selon deux processus distincts. Troisième difficulté : le vocabulaire est loin d'être uniformisé ; les principaux termes et variantes en usage sont définis ici et dans le lexique.

Sur le plan pratique, les questions de génétique ont une importance primordiale pour ce qui est du choix des régions et des lieux à prospecter et, très souvent, de l'évaluation des exploitations éventuelles ou réelles ainsi que de la recherche de nouveaux filons sur l'emplacement de mines existantes. Bien qu'on ait beaucoup appris sur l'origine des gîtes, le travail de recherche est loin d'être terminé. Dans les cas incertains, il faut encore procéder par généralisations. Le prospecteur traditionnel peut largement se fier aux généralisations sans être obligé d'étudier à fond les principes de la génétique, à condition toutefois d'en comprendre les données et les théories fondamentales. On a recours aux méthodes de prospection avancées lorsque les besoins en minerais se font plus pressants et qu'il faut découvrir des gîtes généralement introuvables par les méthodes ordinaires, ou encore des gîtes recouverts de mort-terrain. Ces méthodes exigent évidemment une connaissance approfondie des théories et des phénomènes génétiques. Cette question sera traitée de façon plus détaillée dans les sections ultérieures consacrées à des gîtes particuliers.

#### Principales données et observations génétiques

On peut grouper comme suit les principales données et observations relatives aux origines de certaines catégories de gîtes minéraux : 1) les matières qui se forment présentement en surface ou les dépôts consolidés manifestement composés de ces mêmes matières, reposent sur une surface géologique ancienne ; 2) corrélation de position avec des masses de roches plutoniques ; 3) relations génétiques évidentes entre certains gîtes et des masses de roches ignées ; 4) nombreuses analyses de roches et de l'eau d'océans, de lacs et de sources permettant d'établir une moyenne relativement exacte de la quantité des éléments divers qui composent les différentes sortes de roches de l'écorce terrestre et qui sont contenus dans les eaux à la surface du globe ; 5) analyses et expériences de laboratoire sur le point de fusion et l'âge des roches et des minéraux, ainsi que sur la formation de minéraux de synthèse, à des températures et à des pressions variées, elles se pratiquent sur des échantillons prélevés au fond des mers, des lacs et des baies : expériences faites avec de l'eau de mer artificielle, *et cetera* ; 6) preuve que certains gîtes ont comblé des espaces vides dans la roche et que certains autres se sont formés par « substitution » aux minéraux ou roches qui existaient auparavant.

*Dépôts observables.* On peut observer quelques types de dépôts en cours de formation, à la surface ou près de la surface de la terre. Les minéraux déposés autour des sources d'eau chaude ou froide constituent l'exemple le

plus répandu. On peut observer aussi les dépôts de sable, de gravier, d'argile, de marne et de tourbe, de même que les dépôts résultant de l'évaporation, dont les constituants sont appelés *évaaporites*, tels le sel et les alcalis. On peut également observer l'action des vagues accumulant des dépôts, ou *placers* ; le long des plages. En construisant des cours d'eau miniature, on a pu vérifier la formation de *placers alluvionnaires*. Certaines formations géologiques anciennes contiennent des gîtes sédimentaires qui, de toute évidence, sont des sédiments ordinaires ou des dépôts d'alluvions consolidés.

Les agents atmosphériques provoquent souvent l'oxydation des parties supérieures de gîtes métallifères, formant ainsi des minéraux secondaires qu'il est possible d'observer. Ils désagrègent aussi certaines roches et forment des dépôts résiduels de fer, d'aluminium et d'autres minéraux, qui restent sur place et qui sont appelés *latérites* dans certains cas. Les produits de l'action atmosphérique transportés et triés par les cours d'eau, les vagues ou le vent forment les concentrations d'or et d'autres minéraux lourds ou durs qui constituent les *placers*.

En comparant certains sédiments marins avec certains gisements de fer consolidés, on constate sans le moindre doute que ces derniers sont des dépôts marins consolidés par sédimentation. Divers indices permettent de penser que l'eau de mer s'est enrichie de fer à proximité d'extrusions de laves sous-marines, lorsque celles-ci se sont produites, ce qui ne modifie pas la nature sédimentaire du dépôt. Certains gîtes de manganèse sont aussi nettement sédimentaires. On sait que l'action bactérienne précipite le cuivre dans l'eau, mais des théories nouvelles ont récemment mis en doute l'origine sédimentaire de certains gîtes stratiformes dans du schiste et d'autres roches cuprifères considérés jusqu'à présent comme des exemples classiques de gîtes de sédimentation.

*Preuve analytique.* Les études géologiques ont prouvé que la formation de tous les gîtes minéraux connus a suivi celle de l'écorce terrestre. On n'a trouvé aucune trace de cette écorce originelle dans le Bouclier canadien : tous les gisements du Bouclier et des formations plus récentes se trouvent dans des roches typiquement sédimentaires ou volcaniques, ou dans des roches altérées qui en dérivent, ou encore dans les plutons qu'elles renferment. Il est donc admis que tous les gisements minéraux se sont concentrés à partir de roches dont on peut actuellement étudier la nature, ou à partir de matières ajoutées, issues du manteau, ou encore qu'ils résultent, dans une faible mesure, de la chute de météorites et de poussières interstellaires.

L'analyse de nombreux échantillons de roches, y compris celles d'origine volcanique qui révèlent la composition de certains magmas, permet de déterminer la proportion des divers éléments présents. Plusieurs tables fournissent ce genre de renseignements ; bien qu'elles présentent quelques différences de détail, elles sont comparables dans l'ensemble. Les calculs basés sur ces données et sur la teneur en minerais typiques fournissent le degré approximatif de concentration des métaux dans les gisements mé-

tallifères. Le tableau ci-après fournit des renseignements sur quelques-uns des principaux métaux.

*Concentration des métaux dans les minerais ordinaires*

Métal	% moyen dans les roches ignées	% moyen dans les minerais	Multiples de la concentration
Molybdène	0,00015	0,1-0,4	667-2 667
Uranium	0,00027	0,1-0,3	370-1 111
Plomb	0,00125	2,5-10	2 000-8 000
Zinc	0,007	4,5-10	643-1 429
Nickel	0,0075	0,8-3,5	107-467
Cuivre	0,0055	0,5-3,0	91-545
Fer	5,63	20-60	4-11

<sup>1</sup> Y compris les minerais actuels concentrables.

*Dépôt par les roches ignées.* Certains dépôts résultant d'une activité volcanique ont pu être observés en cours de formation ou immédiatement après ; d'autre part, il est si manifeste que certains gisements contenus dans des roches plutoniques se sont produits pendant la formation de ces roches qu'on ne peut plus avoir de doutes sur leur origine.

En étudiant soigneusement les gaz qui se dégagent des volcans en activité et les minéraux qui se déposent à l'origine des fumerolles, on constate l'émission, en grandes quantités, de vapeur d'eau, d'acide chlorhydrique, d'acide fluorhydrique et d'hydrogène sulfuré. D'importants dépôts de magnétite et de soufre se forment à l'orifice de certaines fumerolles où l'on a également observé la présence de sulfures de zinc, de cuivre et de plomb en quantités plus réduites. Ces dépôts en surface, sans valeur commerciale, revêtent un grand intérêt sur le plan documentaire, car ils fournissent une explication possible de l'origine d'autres gisements.

Certains gîtes contenus dans des roches mafiques et ultramafiques se sont si manifestement concentrés par sédimentation du magma d'où est issue la roche cristallisée principale, qu'on les a classés sans hésitation comme *ségrégations magmatiques*. Les indices notés dans d'autres gisements associés donnent à croire qu'ils ont été injectés dans la roche au cours du processus magmatique. Certaines roches mafiques et ultramafiques sont considérées comme du magma provenant du manteau. Les recherches ont établi que du fer et du titane ont pu se déposer pendant le processus magmatique dans des zones mafiques ou siliceuses, mais que le chrome, le nickel et le platine se sont concentrés dans les parties les plus fortement ferromagnésiennes.

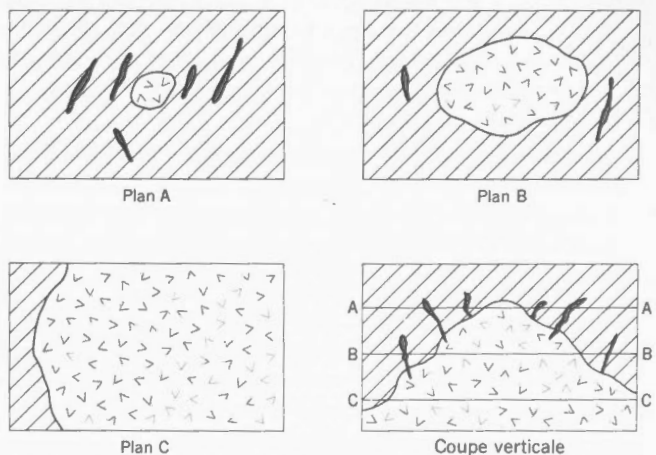
De nombreux gîtes de pegmatite dans des roches plutoniques ou dans leur voisinage semblent, de toute évidence, avoir effectué leur propre ségrégation pendant la formation de ces roches. On associe le plus souvent les pegmatites aux roches siliceuses comme le granite, mais on en trouve aussi dans des roches mafiques. La genèse d'autres gîtes pegmatitiques dans des roches plutoniques et autres est plus complexe. Pour les débutants, le terme « pegma-

tite » peut prêter à confusion parce qu'il désigne une roche, dans certains cas, et un type de gîte minéral, dans d'autres. Dans la deuxième éventualité il désigne un gîte de roche pegmatitique dont l'intérêt réside dans un ou plusieurs de ses constituants essentiels ou accessoires.

*Relations spatiales avec les roches ignées.* Bien des gîtes, aussi divers par leurs formes que par leurs types minéraux se trouvent dans les parties supérieures de stocks et de batholites ou dans les roches pénétrées qui les entourent (figures 7 et 8). On les remarque plus aisément dans les régions montagneuses, en Colombie-Britannique notamment, où les vallées profondes permettent à l'observateur de les observer en trois dimensions. Au Mexique, il nous a été personnellement donné de voir de la roche plutonique et un gîte métasomatique au fond d'une gorge profonde. Au-dessus de ce gîte se trouve une « cheminée » dans le calcaire contenant de l'argent, de la galène, de la sphalérite et, au sommet, des minéraux oxydés.

On a relevé de nombreux exemples de relations spatiales entre gisements et plutons dans le Bouclier canadien où, en raison du relief peu accentué, on est en général obligé de comparer les données recueillies en surface dans une zone déterminée avec celles d'autres zones ayant des niveaux d'érosion relativement différents. Ces relations sont également apparentes dans certaines mines où l'on peut suivre les gisements dans des roches sédimentaires, volcaniques ou métamorphiques jusqu'à la roche plutonique.

On a recueilli, dans divers pays, un si grand nombre de données prouvant la relation spatiale entre certains gîtes et les roches plutoniques, que l'existence d'une certaine forme d'association ne peut plus être mise en doute. Cette théorie générale ne prouve pas que les éléments constituant ces gîtes proviennent obligatoirement des mag-



Le batholite est représenté par les traits en V; les roches envahies, par les lignes obliques; et les gîtes minéraux, par les étendues entièrement noires. Les plans A, B et C, ainsi que les niveaux correspondants AA, BB et CC de la coupe verticale, représentent trois stades de l'érosion. Au stade C, l'érosion a fait disparaître tous les gîtes.

Figure 7. Relations spatiales entre des gîtes minéraux et un batholite, à des niveaux d'érosion successifs.



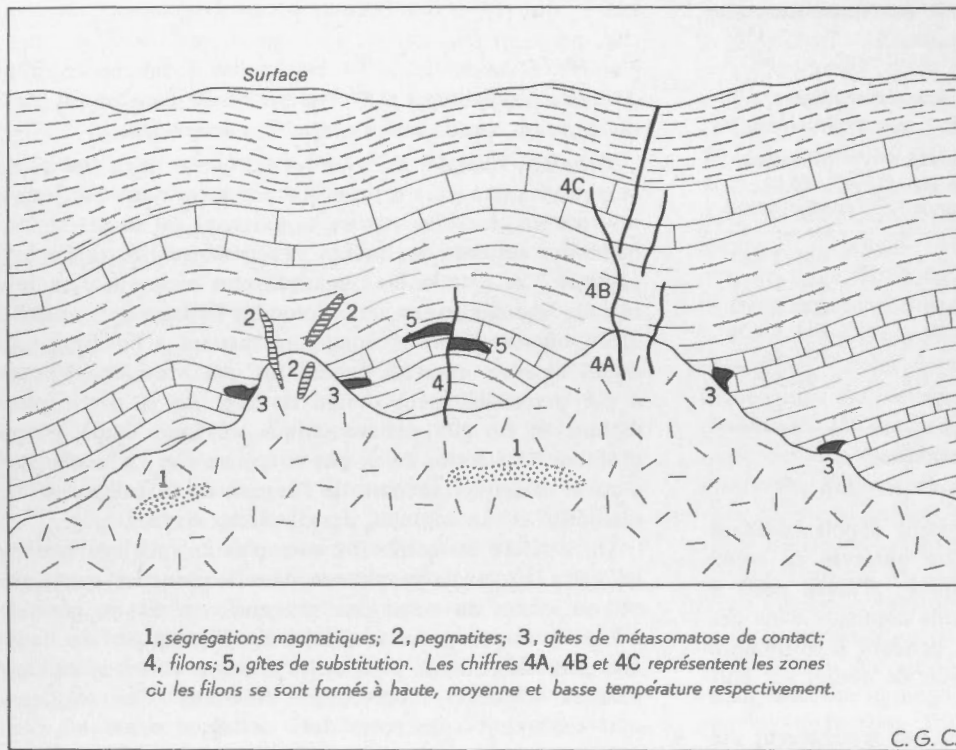


Figure 8  
Relations spatiales et probablement génétiques entre diverses formes de gîtes et un grand pluton.

mas générateurs de plutons. Elle n'indique pas non plus que tous les gîtes de même nature ont une formation commune. Appliquée avec discernement, cette théorie a permis de choisir les endroits à prospecter et de résoudre des problèmes de prospection et d'exploitation, sans que l'on connaisse à fond la genèse des gîtes.

On trouve souvent des gîtes concordants ou transgressifs dans d'épaisses successions de strates sédimentaires, volcaniques ou métamorphiques, sans relations visibles avec des plutons. Le nombre des exemples et des connaissances géochimiques concernant les gîtes et leurs roches favorables augmente en proportion des gîtes et des régions minières que l'on étudie en détail.

**Expériences.** La recherche a fourni de nombreux renseignements sur la température, la pression et autres conditions dans lesquelles divers minéraux se forment ou sont transformés en d'autres minéraux; les travaux dans ce domaine se poursuivent. Les résultats de ces recherches sont très précis dans le cas des gîtes formés en surface ou près de la surface, mais ils sont plus incertains pour les gîtes formés en profondeur, parce qu'on ne peut déterminer avec exactitude le degré d'érosion qui a révélé les gîtes ou connaître les conditions qui règnent à diverses profondeurs.

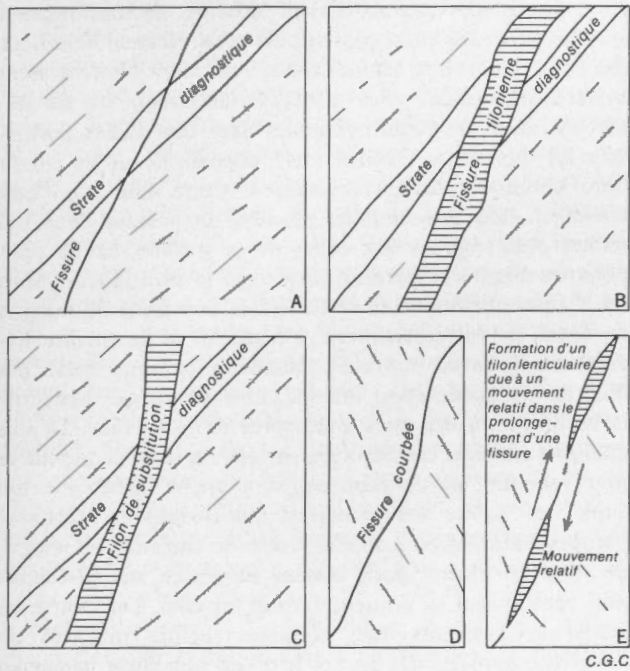
Des expériences ont démontré que le cuivre peut se déposer sous l'effet de bactéries agissant sur de l'eau de mer artificielle. D'ailleurs, on attribue à la présence de bactéries dans des gîtes secondaires la formation de dépôts de certains minéraux.

**Remplissages et substitutions.** De toute évidence, certains minéraux se sont déposés dans des cavités primitives telles

que les vacuoles dans la lave et les espaces non cimentés dans le grès et le conglomérat. D'autres se sont déposés dans des cavités créées par l'infiltration d'eau dans des roches solubles, comme le calcaire. Bien des filons occupent des fissures. Quand le dépôt s'est formé, ces fissures étaient ouvertes ou fermées, mais soumises à une faible pression. Ainsi, les fluides pourraient en écarter les parois et former un filon ou des cristallisations dans l'écorce. (Le mot « fluide » désigne ici un liquide, ou un gaz, ou un composé des deux.) La figure 9 offre deux exemples de filons de rupture. Si une fissure traversant une strate ou toute autre formation caractéristique (schéma A), est ouverte ou si ses faces sont écartées de force, il y aura décalage de la strate au point d'intersection (schéma B). Les relations de ce genre, souvent observées dans les affleurements et les mines en exploitation, prouvent qu'un dépôt est venu remplir un espace déjà ouvert ou « dilatable » (c'est-à-dire une fissure dont les faces peuvent s'écarter). Le schéma C montre un filon de substitution, qui ne déplace pas les strates. Les schémas D et E montrent comment le mouvement le long d'une cassure curviligne peut provoquer la formation d'espaces lenticulaires, de zones de pression plus faible, où le fluide en circulation peut déposer des minéraux. Les genèses de quelques autres configurations de rupture sont tout aussi plausibles que celles-ci, mais il n'est pas nécessaire de s'y attarder.

Il est clair que d'autres types de gîtes ont été formés par substitution. C'est-à-dire que les minéraux présents dans la roche ont été dissous et emportés par un fluide qui les a remplacés par un autre minéral. Cet échange résulte des réactions chimiques provoquées par la présence

## Principales théories génétiques



C.G.C.

Figure 9. Différences entre une fissure filonienne (A et B), un filon de substitution (C) et une formation lenticulaire (D et E). La fissure A ouverte peut contenir le filon B mais non le filon C.

du fluide envahisseur, le minéral de substitution étant plus stable dans les nouvelles conditions. Les géologues acceptent sans hésitation les signes de substitution aperçus en affleurement ou dans des échantillons recueillis au hasard, tels les restes « fantômes » de la roche ou du minéral originel. Des indices peuvent apparaître au microscope, cependant que les expériences en laboratoire éclaireront d'autres processus. Toutefois, dans le cas de nombreux gîtes, les indices ne sont pas très clairs, et la théorie de la genèse par substitution ne doit être considérée que comme une hypothèse. Certains gîtes que les premiers rapports considéraient comme des substitutions sont considérés maintenant comme le résultat d'un autre processus, où la substitution n'a joué qu'un rôle infime.

**Altération de la roche encaissante.** Certains gîtes sont flanqués ou entourés en partie ou totalement par des zones de roche altérée, dont la largeur peut varier de quelques pouces à plusieurs pieds. Ces zones peuvent contenir des minéraux qui se manifestent en quantités variables dans le gîte lui-même. La couleur et la teneur en minéral de ces zones changent graduellement du centre vers les bords, en se fondant progressivement dans la roche non modifiée. Cette modification est généralement due à la présence de silice, de mica blanc, de carbonate, de minéraux argileux, de chlorite ou d'hématite — ou d'un mélange de ces matières — qui produisent des couleurs grises, vertes ou brun-rouge. Les roches de couleur sombre deviennent généralement moins foncées et tournent d'ordinaire au gris pâle ou au vert.

Vers la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, des savants européens dont les observations ont marqué les débuts de la géologie moderne se sont trouvés en désaccord sur la genèse des roches et de leurs gîtes minéraux associés. Les uns étaient d'avis que toutes les roches, y compris le granite, s'étaient déposées dans un océan originel enveloppant la terre et que les filons étaient des sédiments qui avaient rempli des fissures au fond de cet océan. D'autres affirmaient que les roches ignées et les gîtes minéraux s'étaient cristallisés sous l'effet de l'intrusion de magma issu de matières en fusion sous l'écorce terrestre. Ces deux théories forment encore l'essentiel des thèses actuelles sur les nombreux types de gîtes dont l'origine n'est pas clairement établie. Les tenants d'une origine sédimentaire commune à tous les gîtes avaient raison en ce qui a trait aux gîtes sédimentaires simples, dans leur forme originelle ou durcie. Les modifications du concept de la sédimentation sont à la base des théories de la « sécrétion latérale » et d'autres dont il sera question plus loin. Les tenants de l'origine ignée avaient eux aussi raison, du moins en ce qui concerne les ségrégations magmatiques, y compris certaines pegmatites. Ils peuvent aussi avoir eu raison en ce qui a trait à la formation de nombreux filons et autres remplissages d'espaces libres et substitutions. En revanche, leurs opinions sur la source du magma et la façon de se cristalliser sont considérées comme simplistes par la plupart des géologues actuels.

On précise, dans la partie du chapitre II qui traite de la genèse des roches plutoniques, que de nombreux plutons portent les signes d'une transformation à partir de roches sédimentaires, selon des processus groupés sous le terme de « granitisation » et considérés comme les phases intrusives d'un métamorphisme local. Vraisemblablement, ces phases étaient accompagnées de certains mouvements et d'un transport d'éléments à l'intérieur des roches en question. Certains géologues sont d'avis que ces phénomènes font partie d'un cycle qui aurait pour effet, s'il s'accomplissait jusqu'au bout, de former des roches typiquement métamorphiques à des profondeurs moyennes sous la surface existante, ou dans des zones soumises à des contraintes tectoniques modérées. Il se peut que la granitisation se soit produite au-dessous de la zone de métamorphisme typique ou dans des zones soumises à des contraintes tectoniques plus grandes. Ils estiment aussi qu'à des profondeurs encore plus grandes, les roches de l'écorce peuvent être en état de fusion et former du magma. Il y a lieu de croire que tous ces phénomènes sont reliés à l'accumulation progressive de couches sédimentaires et volcaniques dans des géosynclinaux et à leur soulèvement sous forme de montagnes. Ces efforts de plissement ou d'écrasement auraient provoqué des fissures dans les roches et créé des zones de moindre pression où les roches chauffées auraient pu se liquéfier pour former du magma ; les fluides issus de ce magma auraient eu tendance à remplir les fissures ou à se substituer à la roche. Selon ces théories, le magma ne serait pas de la matière injectée, en prove-

nance du manteau. Il se peut toutefois que certains magmas se soient formés de l'une de ces façons et que d'autres l'aient été autrement. Il se peut aussi que des matières soient venues s'ajouter au magma résultant en partie d'un phénomène de recyclage, par des diffusions ou des injections en provenance du manteau. Certaines théories actuelles affirment que les éléments du manteau peuvent être transformés en d'autres éléments notamment par des processus comme la désintégration radioactive, génératrice de chaleur, et qu'un phénomène de convection pousse la matière vers l'écorce, où elle forme le magma dont provient la totalité ou une partie des minerais.

Vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la genèse des gîtes sédimentaires simples et des ségrégations magmatiques était bien connue, et l'on commençait à comprendre le phénomène de la substitution. Dès le début du XX<sup>e</sup> siècle, on connaissait déjà la différence fondamentale entre les gîtes *syngénétiques*, formés en même temps que les roches encaissantes, et les gîtes *épigénétiques*, formés postérieurement. Ces termes sont encore en usage de nos jours mais on ne peut les appliquer strictement dans tous les cas. On peut considérer, par exemple, qu'un gîte présente des indices nombreux d'une origine essentiellement syngénétique et que sa formation est postérieure à la roche qui l'encaisse ou encore qu'il présente des phases épigénétiques. Les relations spatiales entre les plutons et de nombreux gîtes étant de plus en plus apparentes, on estime que la formation des gîtes *métasomatiques* (p. 60), est liée aux phénomènes ignés, et à la théorie dite *hydrothermale* sur l'origine des filons, des autres remplissages et des substitutions. La théorie hydrothermale expliquait le dépôt de ces filons par la montée de fluides chauds chargés de métaux et d'autres éléments en provenance d'un magma aux derniers stades de refroidissement et de solidification. Quant à savoir si les fluides eux-mêmes étaient expulsés par le magma, ou étaient formés d'eau souterraine qui s'était infiltrée à une profondeur suffisante pour devenir chaude et se charger d'éléments du magma, ou encore s'ils provenaient de ces deux sources à la fois, l'incertitude demeurait. Les variantes de la théorie hydrothermale rendaient compte d'un si grand nombre de relations spatiales avec les plutons et éclairaient de si nombreuses observations au sujet des zones — notamment, les relations, d'une part, entre les gisements d'or et les roches granitiques et, d'autre part, entre les gisements de cuivre et autres métaux et les roches plus mafiques — que cette théorie s'est largement répandue, notamment en Amérique du Nord. Ainsi, entre 1900 et 1925, nombre de géologues considéraient que les filons, substitutions et gîtes stratiformes trouvés dans des terrains sans masses de roches plutoniques apparentes, constituent la preuve que des corps sous-jacents n'avaient pas encore été dégagés par l'érosion.

Malgré l'intérêt de la théorie hydrothermale, on lui opposa le principe de la « sécrétion latérale » et d'autres théories connexes visant à expliquer la présence de gîtes sédimentaires (sans doute modifiés alors qu'ils étaient entraînés à l'intérieur de l'écorce terrestre) et de gîtes de substitution (associés à du calcaire et à d'autres roches),

dans des zones où l'on n'avait observé aucune relation spatiale avec des amas plutoniques plus récents. Selon ces théories, des eaux souterraines circulant latéralement avaient dissous des gîtes minéraux antérieurs ou de faibles quantités de métal contenues dans des roches normales : les métaux se seraient alors déposés là où les conditions chimiques étaient favorables. Cette eau a pu être chauffée, dans une certaine mesure, en passant dans des roches plus chaudes que celles de la surface, car la température augmente normalement avec la profondeur. Mais on n'a pas attribué cette chaleur à la proximité de magma en cours de refroidissement. Le succès de la théorie hydrothermale avait entraîné l'abandon presque total des théories de la sécrétion latérale, sauf en ce qui concerne la modification des gîtes situés près de la surface. Depuis quelques années, ces théories ont été reprises et modifiées pour aboutir au concept de la « roche mère » selon lequel les roches sédimentaires, volcaniques et métamorphiques auraient pu contenir assez de métaux, de soufre, de silice, *et cetera*, pour donner naissance aux gisements plus récents qui se seraient formés en elles. On trouve ce genre de gisements dans certaines régions minières où l'analyse chimique des roches a révélé une forte teneur en minéraux. Quelques-uns de ces gisements ont pu être concentrés par les eaux de fond et d'autres ont pu « suinter » des roches par métamorphisme ou diffusion. On a proposé le terme « lithogène » pour désigner les gisements ainsi formés.

Si l'origine sédimentaire d'un grand nombre de gîtes non métallifères et de quelques gîtes métallifères (surtout certaines formations ferrifères) ne fait aucun doute, celle d'autres gîtes stratiformes demeure encore obscure. Certains présentent des signes de déplacement et de substitution, ce qui donne à penser que des accumulations d'origine sédimentaire ont pu être altérées par quelque espèce de sécrétion latérale. D'autres gîtes, qui semblent renfermer plus de métal que n'en déposerait probablement une eau de mer normale, ont pu se former dans une eau de mer enrichie par des fluides hydrothermaux provenant de sources ou par des matières dégagées des coulées de lave sous-marines. D'autres gîtes ont pu être déposés directement par des émanations de laves, emprisonnées peut-être sous des coulées ou des sédiments. Le fait que nombre de gîtes, y compris quelques-uns des plus importants du Bouclier canadien, se trouvent dans des zones de roches sédimentaires ou volcaniques (ou une combinaison des deux) sans être manifestement dérivés de magmas, a donné lieu récemment à l'expression « gîtes de couches homogènes ». Ceux-ci comprennent les gîtes stratiformes, filoniens, de substitution et autres, aussi longtemps qu'ils se trouvent entièrement à l'intérieur d'une « pile » de strates, non tributaires de structures plus récentes. L'expression « gîte de couches homogènes » ne signifie pas nécessairement que les éléments du gîte se soient concentrés à partir de la pile, même si la plupart de ceux qui l'emploient semblent lui donner ce sens.

Il conviendrait de préciser les théories énoncées précédemment, eu égard à leurs applications immédiates et

générales. Les chercheurs sont naturellement enclins à prendre parti. Ils ont aussi tendance à se laisser influencer par les indices relevés dans les régions où ils ont travaillé. Si l'on tient compte de la complexité et de la lenteur des processus géologiques en général, il est vraisemblable que l'origine, encore incertaine, de certains gîtes puisse s'expliquer selon l'une ou l'autre, ou encore une combinaison des diverses théories en présence. Certaines divergences d'opinion n'ont trait sans doute qu'à la position d'un gîte pendant un cycle d'orogénèse ou un cycle de granitisation. Ces questions sont progressivement élucidées grâce aux études géochimiques, microscopiques et isotopiques et à la connaissance des associations de nombreux gîtes avec des géosynclinaux, des orogénèses et leurs effets tectoniques. On a espoir que les études entreprises à l'échelle internationale sur les roches mafiques et ultramafiques permettront de déterminer la relation de ces roches et des gîtes minéraux qui leur sont associés, avec le manteau. En revanche, l'origine d'autres roches plutoniques siliceuses et des gîtes qui leur sont associés n'est pas encore près d'être éclaircie.

*Métamorphisme des gîtes.* Nous avons déjà indiqué qu'un métamorphisme intense a pu entraîner la formation ou une transformation de certains gîtes par granitisation ou à la suite d'un phénomène analogue. En outre, certains gîtes ont subi en même temps que leur roche encaissante un métamorphisme atténué, sans perdre leurs caractéristiques essentielles. Ce genre de métamorphisme peut entraîner des changements dans la cristallisation et la texture des minéraux du gîte, ou provoquer des déplacements ou de nouvelles combinaisons d'éléments pour produire des minéraux nouveaux. On trouve des exemples typiques de ce genre de phénomènes dans les gisements de fer du Québec, du Labrador et de l'Ontario, où le métamorphisme influe nettement sur les techniques de concassage et de broyage.

*Gîtes hypogènes et supergènes.* On peut trouver comme, à certains égards, de diviser les gîtes en deux catégories : *hypogènes* (primaires) et *supergènes* (secondaires). En général, un gîte est dit primaire quand il n'a subi aucune altération depuis sa formation et secondaire quand il résulte de l'altération d'un gîte primaire par l'action chimique des eaux d'infiltration, sans qu'il y ait transport de

la matière loin de son lieu d'origine. Cette distinction est souvent utile, mais l'emploi de ces termes a besoin d'être précisé. Selon les théories actuelles sur la formation des roches ignées et des gîtes minéraux, les éléments métalliques ou autres peuvent avoir connu plusieurs cycles de transformation au sein de l'écorce terrestre. Les gîtes renfermant ces éléments demeurent « primaires » au sens où on l'entend ici. En revanche, certains gîtes primaires ont été métamorphisés ; ils ont donc subi un changement après la formation du dépôt, mais ils ne peuvent être dits « secondaires » dans le présent contexte. C'est pour cette raison que les termes « hypogène » et « supergène » sont plus précis. Le mot « hypogène » a d'abord été employé pour désigner l'ensemble des roches plutoniques et métamorphiques, puis on l'a appliqué aux phénomènes géologiques qui se déroulent dans les profondeurs de la Terre. Il désignait les gîtes minéraux que l'on croyait déposés par des fluides ascendants. En raison de son sens géologique plus étendu, il semble qu'on puisse l'utiliser à présent pour désigner n'importe quel gîte formé à grande profondeur et qui n'est pas supergène.

*Classification génétique.* La classification exposée ci-haut est de nature descriptive et non théorique. Dans certains cas, il est préférable d'employer une classification basée sur l'origine des gîtes, surtout pour choisir les endroits à prospecter en vue de découvrir des gîtes d'une origine déterminée, ou encore pour évaluer un gisement, ou pour résoudre des problèmes d'extraction. La préparation et l'emploi de la classification génétique présentent de nombreuses difficultés. En premier lieu, on ne comprend pas encore tout à fait la genèse d'un grand nombre de gîtes de diverses catégories ; en second lieu, les indices relevés dans un grand nombre de gîtes peuvent appartenir à plusieurs catégories au sein d'une même classification. Enfin, c'est lors de la découverte d'un gîte et de son exploration que la classification se révèle le plus utile, car les indices sont encore rares à ce stade. La classification génétique est cependant très utile à la prospection ; elle permet de donner la description des gîtes et d'indiquer l'orientation future de la recherche. Divers systèmes ont été proposés ; la plupart d'entre eux sont assez compliqués mais plus détaillés que le tableau abrégé ci-après.

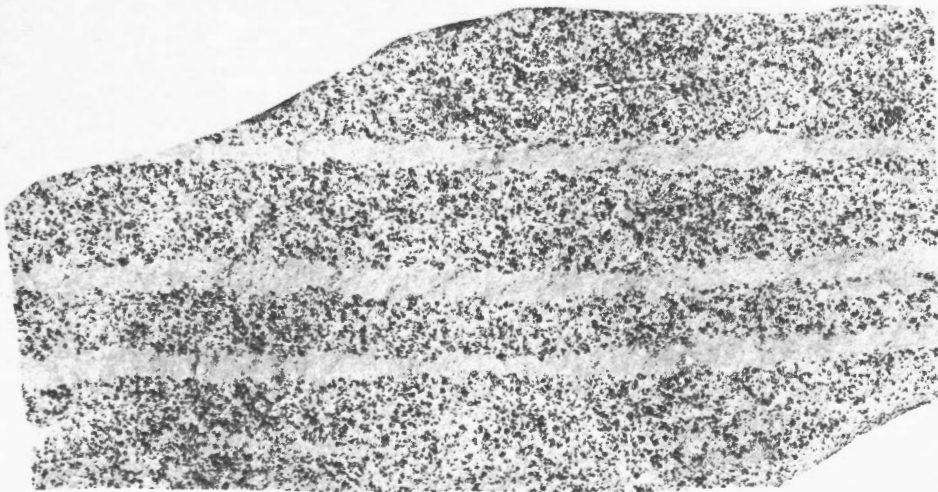


Planche XXXIII

Spécimen provenant d'un gîte de ségrégation magmatique probable. Bandes stratiformes tabulaires contenant de la chromite (noire) dans de la dunite. Estrie (Québec).

## CLASSIFICATION ABRÉGÉE DES GÎTES MINÉRAUX

1. *Gîtes formés à une grande profondeur (gîtes hypogènes)*
  - A. Gîtes cristallisés directement à partir du magma
    - i. Ségrégations typiquement magmatiques (*syn.*)\*
    - ii. Ségrégations magmatiques du dernier stade, y compris quelques pegmatites (*syn.*)
  - B. Gîtes formés par métamorphisme, par circulation de fluides ou par diffusion
    - i. Gîtes métasomatiques (*épi.*)†
    - ii. Gîtes habituellement formés à une température et à une pression moins élevées
      - a) complements de failles vides (*épi.*)
      - b) substitutions (*épi.*)
2. *Gîtes (non supergènes) formés en surface*
  - A. Gîtes sédimentaires et autres gîtes associés
    - i. Sédiments normaux (*syn.*)
    - ii. Évaporites (*syn.*)
    - iii. Placers (*syn.*)
  - B. Autres gîtes
    - i. Latérites (*épi.*)
    - ii. Autres gîtes résiduels non transportés (*épi.*)
    - iii. Gîtes volcaniques (*syn.*)
    - iv. Gîtes de source (*épi.*)
3. Gîtes supergènes

### Ouvrages à consulter

- Boldt, J. R.  
*The winning of nickel, its geology, mining and extractive metallurgy*, Toronto, Longmans, 1967.
- Boyle, R. W.  
*Diffusion in vein genesis*, dans *Symposium on problems of postmagmatic ore deposition*, vol. I, Prague, 1963.
- Davidson, C. F.  
 « The origin of some strata-bound sulphide ore deposits », *Econ. Geol.*, vol. LVII, 1962, pp. 265 à 274.
- Gill, J. E.  
 « Orogenesis and ore deposits », *Canadian Mineralogist*, vol. VII, pt. 3, 1963, pp. 378 à 389.
- Gilmour, P.  
 « The origin of the massive sulphide mineralization in the Noranda District, Northwestern Quebec », *Proc. Geol. Assoc. Can.*, vol. XVI, 1965, pp. 63 à 81.
- Goodwin, A. M. (*rédacteur*)  
 Precambrian symposium on the relationship of mineralization to Precambrian stratigraphy in certain mining areas of Ontario and Quebec, *Geol. Assoc. Can.*, doc. spécial n° 3, 1966.
- Graton, L. C.  
*Lindgren's ore classification, after fifty years*, dans *Ore deposits in United States 1933-67*, Am. Inst. Min. Eng., vol. Graton-Sales, 1968.
- Hawley, J. E.  
 « The magmatic vs. metamorphic source of ores », *Trans. Soc. Roy. du Canada*, vol. L, sér. III, sec. 4, 1965, pp. 1 à 18.
- Heinrich, E. W.  
*The geology of carbonatites*, Rand McNally, 1966.
- Hewitt, D. F.  
*Pegmatite mineral resources of Ontario*, Industrial Mineral Report 21, ministère des Mines de l'Ontario, 1967.
- Lovering, T. S.  
 « Epigenetic, diplotenic, syngenetic and lithogene deposits », *Econ. Geol.*, vol. LVIII, n° 3, 1963, pp. 315 à 331.

Mendelsson, F.

« Classification of ore deposits », *South African Min. Eng. J.*, 11 août 1967, pp. 1894 à 1900.

Pekar, E. L. (*coprésident*)

« Symposium on strata-bound sulphides », *Trans. Can. Inst. Min. Met.*, vol. LXVIII, 1965, pp. 279 à 285.

Sullivan, C. J.

« Magmatic and non-magmatic ores », *Trans. Can. Inst. Min. Met.*, vol. LXV, 1962, pp. 423 à 425.

Titley, S. R. et Hicks, C. L.

*Geology of the porphyry copper deposits, south-western North America*, Tucson, Univ. of Arizona Press, 1966.

Tulle, O. F. et Gittins, J., (*rédacteurs*)

« Carbonatites », *Interscience*, New York, 1966.

Wilson, H. D. B. (*rédacteur*)

« Volcanism and ore deposits in the Canadian archaean », *Geol. Assoc. Can.*, vol. XVIII, 1967, pp. 11 à 31.

Wilson, H. D. B. (*rédacteur*)

*Magmatic ore deposits, A Symposium*, Mt. Pleasant (Mich.), Economic Geology Publisher, 1969.

\*Gîtes d'origine essentiellement ou communément syngénétique  
 †Gîtes d'origine essentiellement ou communément épigénétique



T. L. Tanton 96628

Planche XXXIV Amas de pegmatite (blanche) contenant des cristaux de mica phlogopite (noir).

Les renseignements qui suivent concernent divers types de gîtes et sont tirés surtout d'exemples canadiens. Dans la mesure du possible, nous nous sommes efforcés de suivre la classification donnée précédemment. Plusieurs parmi les principaux types génétiques canadiens ne correspondent pas exactement à la classification, ce qui illustre assez bien les difficultés sur le plan et les imperfections de la classification génétique. Quelques-uns des exemples exposés brièvement dans ce chapitre, de même que certains autres exemples, sont traités de façon plus détaillée au chapitre xv.

### Gîtes de ségrégation magmatique

Les roches plutoniques engendrent parfois des concentrations de minéraux accessoires, comme la magnétite et la chromite, qui forment des gîtes découverts dans des batholites, des stocks et des filons-couches (figure 8). Quelques-unes de ces concentrations ont été formées au moment de la cristallisation de la masse rocheuse principale, apparemment par dépôt de cristaux de minéraux métalliques, aux premiers stades de l'action du magma. De tels gîtes sont sans aucun doute syngénétiques. Les concentrations de magma résiduel, produites et déposées pendant les derniers stades de la formation d'un corps plutonique, forment des gîtes magmatiques du dernier stade, essentiellement syngénétiques. D'autres gîtes montrant des signes de substitution ou de veinure sont considérés comme intermédiaires entre les origines syngénétiques et épigénétiques.

Nombre de ségrégations magmatiques sont des gîtes stratiformes tabulaires plats ou légèrement plissés. D'autres ont une forme irrégulière. Les minéraux métalliques se présentent sous forme d'amas dans certains gîtes et de disséminations dans d'autres.

Les ségrégations magmatiques dans le granite et les roches connexes contiennent de la magnétite, de la magnétite titanifère, de l'ilménite, de l'hématite, de la cassitérite, du zircon ou de la monazite. Des ségrégations de magnétite, d'ilménite et d'hématite ont été observées dans des roches neutres. Dans les roches mafiques, les ségrégations renferment de la chromite, de l'ilménite, de la magnétite ou du platine. Au Canada, citons à titre d'exemple les concentrations de fer-titane dans de l'anorthosite et du gabbro (Québec et Ontario) ; les concentrations de chromite dans du gabbro (Manitoba) ; les roches ultramafiques serpentinisées (Québec) ; l'intrusion ultramafique Muskox (Territoires du Nord-Ouest), qui renferme des concentrations de chromite, de pyrrhotine et de chalcopryrite et qui contient du nickel et du platine ; enfin, les minéraux de nickel-sulfure, à la base de filons-couches de gabbro dans les régions de Thunder Bay et de Rankin Inlet. Les minerais de nickel-cuivre de la région de Sudbury furent d'abord considérés comme des exemples typiques de ségrégations magmatiques produites par du magma mafique ; par la suite, des études ont révélé une origine plus complexe, comme nous le verrons au chapitre xv.

Le nom de « carbonatite » désigne en particulier un groupe assez inhabituel de gîtes, à peu près circulaires, contenant de la calcite et d'autres minéraux associés à des roches alcalines comme la syénite néphélinique. Ils renferment communément diverses sortes de roches et de fénites alcalines ou carbonatées, en formation concentrique. Certains de ces gîtes semblent être des « bouchons » volcaniques ; d'autres semblent être associés à des structures circulaires d'affaissement ou de pression. Des gîtes n'ayant pas une structure circulaire renferment des roches semblables à celles des carbonatites typiques. Bien que les carbonatites et autres gîtes connexes aient fait l'objet d'études poussées, leur origine demeure toujours obscure. Il peut s'agir de gîtes magmatiques, auquel cas les composés carbonatés seraient probablement le produit d'une « assimilation » du calcaire ou de toute autre roche carbonatée envahie par le magma. Par ailleurs, il se pourrait aussi qu'ils soient d'origine métasomatique ou hydrothermale.

La présence de niobium dans la plupart des carbonatites et autres gîtes connexes et les petites quantités d'uranium trouvées dans certains cas expliquent le fait que ces gîtes aient retenu l'attention jusqu'ici.

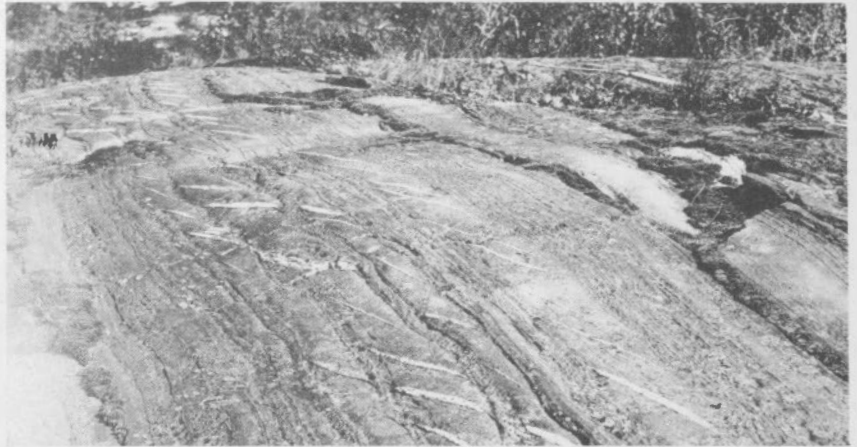
Plusieurs gîtes canadiens contiennent du pyrochlore et d'autres minéraux. Tout un ensemble, près d'Oka (Québec), semble lié aux intrusions montréalaises. On en a trouvé plusieurs dans le Bouclier canadien, en Ontario, et il en existe quelques-uns en Colombie-Britannique. En raison de leur forme particulière, plusieurs gîtes circulaires, remarquables sur des cartes ou des photographies aériennes, ont fait l'objet d'explorations ; on a ainsi découvert plusieurs gîtes de carbonatite. Dans les autres cas, les gîtes étaient des formations en dôme ou des formations similaires, où l'on n'a pu déceler la présence d'aucun minéral ou roche de genre carbonatite.

### Gîtes de pegmatites

Les pegmatites ont été brièvement mentionnées au chapitre III, parce qu'elles représentent un type de roche. Elles seront étudiées de façon plus approfondie au présent chapitre, car elles constituent en outre l'une des catégories de gîtes minéraux les plus répandues. Certaines pegmatites sont des ségrégations magmatiques de dernier stade tandis que d'autres semblent être le produit d'un métamorphisme ou d'autres phénomènes connexes qui ont entraîné une redistribution (et peut-être un transport) de quelques-uns des éléments contenus auparavant dans la roche.

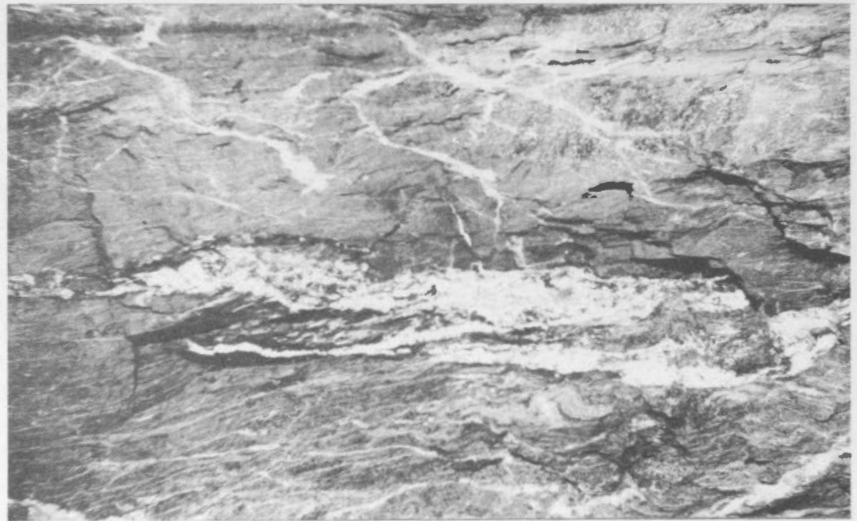
Lors de la cristallisation de nombreux stocks et batholites, il semble que certains éléments et corps composés comme l'eau, le fluor et l'acide carbonique, certains matériaux lithogènes ordinaires, et parfois aussi des métaux et des éléments rares, se soient concentrés dans la partie non encore cristallisée. Cette dernière semble avoir pénétré dans la masse principale d'intrusion après la cristallisation de celle-ci et la formation de fissures. La partie non encore cristallisée forme des pegmatites dans la masse plutonique, dans la roche envahie, ou dans les deux. Au lieu

Planche XXXV  
 Veinules de retrait de quartz dans du quartzite cassant, mais absentes des couches de roches argileuses plus plastiques. Les filons de quartz, visibles ici dans des couches de roches compétentes, sont de dimensions bien plus considérables.



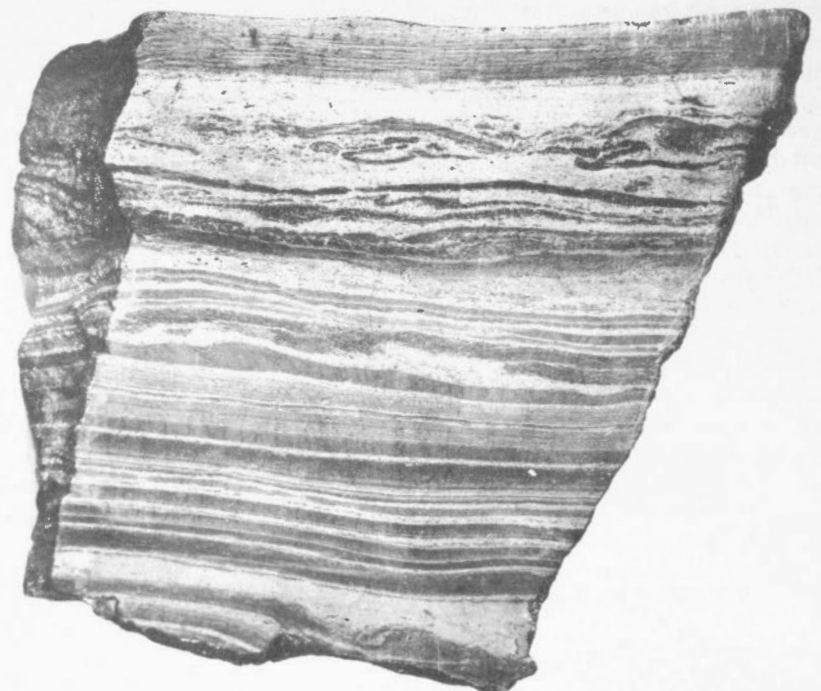
Unknown

Planche XXXVI  
 Quartz filonien (blanc) qui s'est substitué à du schiste chloriteux.



V. Dolmage 64070

Planche XXXVII  
 Des strates de galène, de sphalérite et d'autres minéraux sulfurés (variant du blanc au gris) ont remplacé certains lits de la roche sédimentaire (la roche non remplacée est gris sombre ou noire). Représentation à peu près réelle du spécimen. Mine Sullivan (C.-B.).



Unknown

de remplir les fissures ouvertes, nombre de pegmatites sont venues remplacer des parties de roches plutoniques ou envahies. Certaines pegmatites sont si intimement associées aux roches plutoniques qu'on peut les considérer comme syngénétiques ou quasi syngénétiques. D'autres sont des gîtes épigénétiques formés à une température et à une pression élevées. La présence d'eau, de fluor et de certains autres éléments semble avoir favorisé cette cristallisation à gros grains, si caractéristique des pegmatites types (dont quelques-unes renferment des cristaux de plusieurs pieds). Le porphyre et la pegmatite diffèrent en ce que le premier contient de gros cristaux dispersés dans une gangue à grain relativement fin tandis que la seconde, dans la plupart des cas, est formée entièrement ou en grande partie de matière à gros grain contenant très peu de plages à grain fin, sinon aucune. En outre, les gros éléments minéraux du porphyre sont toujours des cristaux aux contours bien définis, tandis que ceux des pegmatites peuvent avoir des formes cristallines ou irrégulières.

Les pegmatites sont le plus souvent associées au granite et se composent surtout de feldspath et de quartz mêlés à une quantité moindre de minéraux accessoires comme le mica, l'apatite, le zircon, *et cetera*, tous caractéristiques du granite dans ce cas. On les appelle, alors, à juste titre « pegmatites granitiques ». Les autres sortes moins répandues de pegmatites, comme la « pegmatite syénitique », la « pegmatite dioritique » et autres, possèdent les caractéristiques des roches auxquelles elles sont associées. Ainsi, la pegmatite syénitique ne renferme pas de quartz en quantité appréciable et la pegmatite dioritique renferme les feldspaths et les minéraux ferromagnésiens propres à la diorite. Quelques publications désignent par « granite pegmatitique » et « syénite pegmatitique » certaines pegmatites dont le grain est trop fin pour qu'elles puissent être considérées comme de vraies pegmatites, mais ces expressions peuvent aussi désigner du granite ou de la syénite contenant de petites masses de vraie pegmatite.

Les masses de pegmatite varient beaucoup par leur forme et leurs dimensions, depuis les masses courtes d'un pouce de largeur jusqu'aux masses de plusieurs centaines de pieds ; la plupart sont toutefois assez petites. Bon nombre constituent en réalité des dykes, bien qu'elles aient rarement une forme aussi régulière que celle des dykes composés d'autres sortes de roches. Elles s'amincissent généralement vers les bords pour former des lentilles de grosseur variable. D'autres ont la forme de filons-couches et de masses à contour irrégulier. D'autres encore se présentent en couches étroites, plus ou moins parallèles, entremêlées de couches de schiste ou de gneiss, et forment de la migmatite et du gneiss *lit-par-lit*. La pegmatite « simple » contient peu d'espèces minérales — surtout du feldspath et du quartz, et quelques minéraux accessoires comme le mica — et elle n'est pas zonée. La pegmatite « complexe » contient toute une variété de minéraux et comprend généralement des zones qui se distinguent par la grosseur des cristaux ou la teneur minérale, ou par les deux. Nombre de pegmatites ont des faces bien nettes ;

d'autres se fondent avec la roche encaissante comme s'il y avait eu réaction de la matière pegmatitique avec la roche encaissante, ou substitution de celle-ci. Les venues de pegmatite se manifestent souvent en groupes, de sorte que si l'on en découvre une, il est probable qu'il y en ait d'autres dans la même région. Les pegmatites se trouvent généralement dans des roches plutoniques ou métamorphiques et n'affleurent que dans les régions profondément érodées. Les pegmatites se manifestent souvent en groupes ou en « faisceaux ».

Les pegmatites sont très répandues au Canada, mais très peu d'entre elles constituent vraiment des gîtes de valeur commerciale. Certaines ont de la valeur parce qu'en raison de leurs cristaux grossiers elles forment une source de minéraux non métallifères, comme le feldspath, le quartz et le mica ; d'autres, parce qu'elles renferment des quantités exploitables de minéraux plus rares contenant du lithium, du béryllium, du nobium, du tantale, du molybdène, de l'étain et d'autres éléments. Ces minéraux constituent, dans le meilleur des cas, une partie négligeable des pegmatites, et seules quelques venues renferment des quantités dont l'extraction se révélera profitable. Bien des pegmatites contiennent des minéraux renfermant de l'uranium ou du thorium, mais rarement en quantités exploitables. On trouve dans certaines pegmatites de petites quantités d'or et de minéraux sulfurés comme la pyrite et la pyrrotine, mais les pegmatites ne sont pas des sources importantes de ces minéraux.

La plupart des gîtes pegmatitiques sont relativement petits et, même lorsqu'on en extrait un ou plusieurs composants de valeur, les quantités sont en général limitées. L'exploitation se fait habituellement en surface au moyen d'un outillage mobile qu'on peut transporter ailleurs quand une venue est épuisée. L'importance de ces gîtes est due surtout à la présence de métaux comme le béryllium et le lithium qu'il semble impossible de trouver dans d'autres genres de gîtes plus gros et plus uniformes. En outre, on a exploité quelques rares gîtes de pegmatite pour en extraire de l'uranium. Les prospecteurs à la recherche de pegmatites contenant ces métaux doivent se rappeler qu'il est relativement facile de trouver, à l'occasion, une pegmatite ayant un amas ou un cristal d'un minéral contenant le métal recherché, mais qu'il est plus difficile de trouver un gîte qui renferme ce métal en quantité commerciale. Même si on ne trouve qu'une petite quantité de métal dans une pegmatite, il est permis d'espérer qu'en explorant la région on parviendra à découvrir un gîte intéressant ou un groupe de gîtes suffisamment rapprochés pour être exploités ensemble. Dans certains pays, les pegmatites sont d'importantes sources de pierres précieuses dont l'émeraude, le saphir et la topaze. Les pegmatites sont très nombreuses au Canada, mais aucun gîte important de pierres précieuses n'a été découvert à ce jour.

On a étudié et exploré à fond les gîtes de pegmatite dans la région comprise entre la baie Géorgienne et Val-d'Or (Québec), dans le sud-est du Manitoba et dans la région à l'ouest de Yellowknife. Un vaste gîte de lithium est exploité dans l'ouest du Québec. Des gîtes de granite



et de syénite pegmatitiques contenant de l'uranium ont été mis en exploitation, sur une assez grande échelle, près de Bancroft (Ontario). On a extrait du feldspath et du mica dans plusieurs petits gîtes de pegmatite du sud-est de l'Ontario et du sud-ouest du Québec, dont un près de Mattawa (Ontario) qui renfermait des cristaux de muscovite d'une grosseur et d'une valeur peu communes.

### Gîtes métasomatiques

On trouve des gîtes qui renferment des minéraux formés à des températures et à des pressions élevées aux points de jonction entre plutons et roches envahies ou bien dans les roches envahies, à proximité d'un contact plutonique. Certains de ces gîtes semblent être dus au seul métamorphisme, mais nombre d'entre eux contiennent des éléments qui semblent avoir été introduits par l'injection de fluides en provenance de la masse plutonique. Certains auteurs ont qualifié de « métamorphiques », « métasomatiques », « métamorphiques de contact » ou « pyrométasomatiques », *et cetera*, les gîtes appartenant à cette grande catégorie. Nous avons retenu, pour notre part, le qualificatif « métasomatique » pour différentes raisons : il est le plus court, nombre de géologues réservent l'usage du mot « métamorphisme » aux altérations qui ont eu lieu sans apport de matière supplémentaire, nombre de gîtes appartenant à l'espèce qui nous intéresse ici se trouvent à proximité des contacts plutôt qu'aux contacts eux-mêmes.

Pendant la formation des gîtes métasomatiques, on estime que des quantités d'eau, de silice, de soufre, de fer, de magnésium et d'autres composés, ou d'autres éléments de la masse intrusive, ont pénétré dans les pores ou fissures de la roche envahie et ont fourni, par réaction avec elle, des minéraux comme le grenat, le diopside et l'épidote. Il s'est produit des *skarns* lorsqu'il y a eu formation de chaux et de silicate. D'autres gîtes dépourvus de ces minéraux possèdent quelques-unes des caractéristiques du *skarn*. Les compositions respectives des roches intrusives et des roches envahies ont une influence importante sur la nature et l'étendue de l'altération. La pierre calcaire et la dolomie, par exemple, sont particulièrement sujettes à des altérations de ce genre, le plus souvent causées par des masses d'intrusion granitiques. En général, les gîtes métasomatiques présentent des contours irréguliers parce que l'altération s'est propagée plus loin, dans les couches favorables ou les zones de fissure, tandis que l'altération a été plus légère dans les parties composées de roches résistantes. Les gradations entre les types métasomatique et pegmatitique sont fréquentes, même au sein d'un même gîte. On trouve un type spécial de gîte métasomatique dans les fénites ordinairement associées aux roches ignées alcalines et au carbonatites.

On trouve dans les gîtes métasomatiques de certains pays suffisamment de minéraux contenant du fer, du cuivre, du zinc, du plomb, de l'or, de l'étain, du tungstène, du molybdène ou du manganèse pour former des amas de minerais. En général, ils sont peu importants et difficiles à exploiter en raison de leur contour irrégulier et de la

répartition inégale du minerai qu'ils renferment. Au Canada, on a exploité et l'on exploite encore des gîtes de magnétite dans du *skarn* en Colombie-Britannique, en Ontario et au Québec. Les gîtes de syénite néphélinique près des contacts entre granite et calcaire, et ceux de talc dans le calcaire dolomitique près d'une masse de granite, appartiennent probablement à la catégorie des gîtes métasomatiques de contact. Tous se trouvent dans le sud-est de l'Ontario. Les gîtes de pegmatite où l'on extrait de l'uranium, près de Bancroft (Ontario), ont des phases métasomatiques. Pendant des années, on a extrait de l'or des gîtes trouvés dans du *skarn* à Hedley (Colombie-Britannique). Il existe en Gaspésie (Québec) un important gisement de cuivre renfermant de la chalcopirite et de la molybdénite dans une zone de *skarn* située dans du schiste et du calcaire.

### Comblements de vides

On trouve, dans plusieurs régions du Canada, un grand nombre de filons très divers par leur importance et leur forme, composés de plusieurs minéraux. Particulièrement nombreux sont les filons, lentilles et veinules, formés uniquement de quartz, pour la plupart, ou ne contenant qu'une très faible quantité d'autres minéraux. En revanche, d'autres sont formés exclusivement de minerais ou contiennent des colonnes minéralisées. Presque tous ont de la valeur à cause de leur teneur en or libre ou en sulfures aurifères, mais certains sont exploités, en tout ou en partie, parce qu'on y trouve de l'argent, du plomb, du cuivre, de l'uranium et d'autres métaux, ou des minéraux comme la fluorine. Nombreux sont les remplissages de brèches ayant certaines caractéristiques des filons, notamment la forme tabulaire. D'autres constituent des colonnes, des cheminées ou des amas de forme moins précise. Quelques disséminations liées à des fissures très petites présentent quelques-unes des caractéristiques de remplissages.

L'important gisement aurifère de Nouvelle-Écosse, exploité depuis très longtemps, renferme de nombreux filons de quartz, surtout le long des strates sédimentaires, sous forme de « gîtes en selle » sur le sommet d'anticlinaux et de dômes notamment. Les filons de quartz aurifère et autres gîtes de la catégorie générale des filons abondent dans d'autres régions du Canada. Une part importante de notre production d'or en provient.

À Cobalt (Ontario) des filons de calcite contenant divers minéraux constituent une importante source d'argent. En Colombie-Britannique et au Yukon, des filons et autres gîtes transgressifs de diverses sortes ont été exploités à fond. Des filons et des remplissages de brèches, situés dans des failles, ont formé le riche minerai de radium-uranium exploité au Grand Lac de l'Ours.

### Gîtes de substitution

De nombreux gîtes, classés parmi les gîtes de substitution en raison de certaines caractéristiques, pourraient tout aussi bien être le résultat du remplissage

de cavités, de fissures ou de cassures dilatables, rendues invisibles par suite de la minéralisation. La plupart des experts considèrent l'important gisement de plomb-zinc de Sullivan comme un exemple classique de substitution. Le minerai rubané et contourné, illustré à la planche XXXVII, apparaît surtout entre les couches interstratifiées d'argilite et de siltstone. Les minéraux métallifères, les plus abondants dans ce cas sont la galène, la sphalérite, la pyrrhotine et la pyrite. Les riches gisements minéralisés de Rossland (Colombie-Britannique) sont des filons de substitution formés le long de fissures et contenant de l'or, de la chalcopryrite et d'autres sulfures dans une gangue composée de quartz, de calcite et de roche encaissante altérée.

### Gîtes de plomb-zinc dans les roches carbonatées

Les gîtes concordants, stratiformes et bréchiques de galène et de sphalérite, formés dans du calcaire et d'autres roches carbonatées, constituent les principales réserves de plomb et de zinc du monde. Les plus importants sont les gisements du « Mississippi » ou « Tri-State » aux États-Unis, dont plusieurs sont classés comme gîtes de substitution. Malgré les longues recherches entreprises jusqu'à présent, certains experts estiment que ces gîtes sont d'origine essentiellement syngénétique et qu'ils résultent d'un métamorphisme ou d'une circulation d'eaux souterraines, tandis que d'autres leur attribuent une origine épigénétique en partie rattachée à une activité plutonique.

Les principaux gisements de ce genre au Canada sont ceux de la région de Pine Point, au sud du Grand Lac des Esclaves. Ici, des disséminations, des croûtes et des remplissages de géodes se trouvent dans de la dolomie dévonienne ayant remplacé peut-être, un récif de corail calcaire. Plusieurs théories sur la formation de ces gîtes ont été avancées : dépôt de sédiments syngénétiques ; concentrations provenant de petites quantités de plomb et de zinc contenues dans les sédiments et rassemblées par la circulation d'eaux de fond froides, par le lessivage de roches sous-jacentes dû à la remontée artésienne d'eaux chaudes ou encore par des solutions expulsées d'un magma profond. Une de ces théories veut que la précipitation des métaux ait été favorisée par des phénomènes apparentés à la formation du pétrole.

### Gîtes de zone de cisaillement

Dans plusieurs régions du Canada, on exploite de grandes zones de cisaillement contenant des gîtes de sulfure ou du quartz aurifère massif ou disséminé. Les gîtes de Britannia (Colombie-Britannique) sont des amas de grande étendue, lenticulaires et lamellaires, contenant du quartz, de la pyrite et un peu de sphalérite, bréchiformes et imprégnés de chalcopryrite. À Chibougamau (Québec), plusieurs gisements de quartz-carbonate, situés dans des zones de cisaillement produisent de la chalcopryrite et de l'or. Les gîtes aurifères de Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest) se composent surtout de quartz dans les zones de cisaillement chloriteuses, parfois larges de 200 pieds.

### Gîtes de sulfure massifs

On associe généralement les gîtes de sulfure concordants, formés de couches homogènes, aux roches volcaniques ou aux successions volcaniques et sédimentaires. La plupart des gîtes de ce genre contiennent de la pyrite ou de la pyrrhotine, seules ou avec de rares minéraux métallifères. Bon nombre, cependant, contiennent assez de sphalérite, de chalcopryrite et, d'une manière générale, d'autres minéraux pour qu'on les classe parmi les plus importants minerais du Canada. La plupart de ces amas minéralisés sont de structure massive ou passablement massive, mais il y en a qui renferment des parties disséminées. En outre, dans certaines mines où l'on exploite plus d'un amas minéralisé, quelques-uns sont massifs et d'autres sont disséminés. Dans certains gîtes, les indices révèlent que des minéraux ont pris la place de la roche ou d'autres minéraux, mais on ne peut préciser l'importance relative du remplissage ou de la substitution dans leur formation.

La plupart des gîtes de ce genre ont été découverts dans des régions où l'on trouve à la fois des roches plutoniques et des roches stratifiées. Jusqu'à tout récemment, on pensait que leur origine était liée à l'activité plutonique qui a suivi la formation des principaux plissements et failles de la région. Toutefois, les études entreprises depuis quelques années ont amené nombre de géologues à penser que ces gîtes sont des concentrations de métaux apportés par des coulées de lave, formées à peu près au moment du phénomène de volcanisme. Plusieurs exemples de gîtes de ce genre contenant du cuivre, du zinc et d'autres métaux, dans les régions de Timmins, Noranda et Matagami, se trouvent le long de contacts entre de la rhyolite et des roches connexes, recouvertes d'andésite et de roches associées (figure 10). Les caractères structuraux de certains de

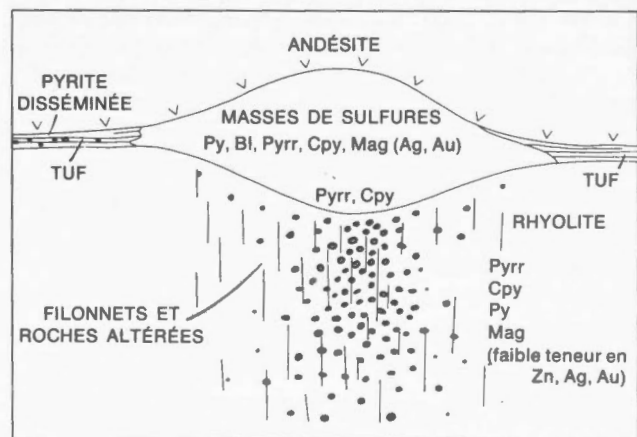


Figure 10. Exemple d'un gîte minéral dont l'origine est apparemment liée aux roches volcaniques qui l'encaissent. C'est un genre de relation spatiale assez répandu dans le Bouclier canadien. Les zones sont ici désignées par les symboles suivants : py (pyrite), pyrr (pyrrhotite), cpy (chalcopryrite), sph (sphalérite), mag (magnétite), Ag (argent), Au (or), Zn (zinc). D'après un dessin de S. M. Roscoe.

ces gîtes (difficiles à comprendre lorsqu'on supposait que la formation de leurs minerais était postérieure aux principales dislocations structurales) s'expliquent mieux si l'on imagine que les gîtes ont été formés horizontalement d'abord pour être ensuite inclinés par des plissements.

#### Gîtes disséminés dans des roches siliceuses

Si, aujourd'hui, on porte un grand intérêt aux gîtes de minéraux de sulfure disséminés dans des stocks composés de roches saliques, comme le granite et la granodiorite, c'est qu'on y exploite aussi des gisements de minerai plus pauvres. Les gîtes de chalcopryrite de ce type sont particulièrement remarquables. On trouve aussi des disséminations de molybdénite et d'autres sulfures.

On désigne généralement sous le nom de minerais de cuivre porphyrique les disséminations de chalcopryrite et d'autres minéraux qui constituent de vastes amas minéralisés pauvres, dans le sud-ouest des États-Unis. Cette appellation s'est imposée même si on les trouve dans des plutons saliques porphyriques ou non porphyriques — et quelquefois dans les roches avoisinantes — et qui tous sont habituellement fracturés ou altérés. La plupart des disséminations semblent liées à des remplissages de fissures, mais on relève par endroits des signes de substitution et de métasomatisme. La partie supérieure des gîtes contenait des gisements supergènes plus riches. L'expression « cuivre porphyrique » est passée dans le langage du génie minier et désigne les gîtes de cuivre pauvres, uniformément disséminés dans des roches de diverses sortes.

On connaît l'existence, dans différentes régions du Canada, de gîtes appartenant à la catégorie générale des minerais de cuivre porphyrique. Le gîte de Copper Mountain (dans le sud de la Colombie-Britannique) contient de la bornite disséminée dans un stock formé de zones dont la composition varie du gabbro à la pegmatite syénitique. Plus au nord, le gîte de Bethlehem renferme de la chalcopryrite, de la bornite et de la molybdénite dans du granite bréchiforme, dont une partie est partiellement porphyrique. Les forages au diamant effectués à la mine d'or McIntyre de Timmins (Ontario) ont révélé la présence d'un corps minéralisé composé de chalcopryrite disséminée avec un peu de tennantite et de molybdénite, compris dans un massif de porphyre et de feldspath quartzifère.

On trouve en Gaspésie un vaste gisement de pyrite-chalcopryrite-molybdénite partiellement disséminé dans du granite et partiellement en skarn.

#### Gîtes sédimentaires

##### *Dépôts normaux*

Les gîtes sédimentaires simples sont des accumulations syngénétiques formées en même temps que les couches de roches sédimentaires qui y sont intercalées. Des expériences de laboratoire et l'examen d'échantillons prélevés au fond des mers ont permis de conclure avec certitude que les « formations ferrifères » sédimentaires types et certains gîtes de manganèse sont des dépôts marins consolidés,

quoique d'autres sortes de formations ferrifères aient pu être le résultat de substitutions ou de métamorphismes. Certains gîtes de métaux non ferreux, dont un vaste gisement de cuivre, de plomb et de zinc en Europe, ont été généralement considérés comme étant purement sédimentaires, mais on leur attribue à présent d'autres origines. D'après l'une des théories sur la formation de ces gîtes et d'autres gîtes plus ou moins semblables, les métaux auraient été dissous dans les dépôts avoisinants par des saumures chauffées pendant leur passage dans des couches plus chaudes et déposés là où les conditions chimiques étaient favorables. Lorsque ce phénomène s'est produit après la consolidation des dépôts en roche, il en est résulté des gîtes épigénétiques. S'il s'est produit dans des gîtes non consolidés, on peut considérer qu'il est intervenu dans le processus sédimentaire entraînant la formation de gîtes syngénétiques. Selon une autre théorie, la teneur en métaux de l'eau de mer aurait été augmentée par des sources hydrothermales.

Certains auteurs appellent les dépôts sédimentaires « sédiments stratifiés » cependant que d'autres emploient cette appellation pour désigner tous les gîtes stratiformes, que leur origine soit sédimentaire ou de substitution. D'autres encore réservent le qualificatif « stratifié » aux dépôts sédimentaires qui sont eux-mêmes formés de couches. Pour éviter toute confusion, nous utilisons, dans le présent ouvrage, le terme « stratiforme » pour désigner les gîtes qui ont l'aspect de strates, qu'ils soient formés par sédimentation ou par substitution.

##### *Argile et marne*

L'argile est une matière dite colloïdale, à particules très fines, produite par l'érosion de roches contenant beaucoup d'aluminium et du silicium transportés en suspension dans l'eau et déposés au fond des rivières, des lacs et des mers. Imprégnée d'eau, l'argile est plastique; exposée au feu, elle devient très dure. Les gîtes d'argile sont nombreux au Canada. Ils ont été déposés dans le fond des lacs glaciaires vers la fin du pléistocène.

La marne est une forme terreuse de carbonate de calcium. On la trouve au fond des lacs où elle s'est déposée par suite de l'action de certaines plantes aquatiques. La marne n'est pas une matière de valeur, mais elle est parfois utilisée sur place pour amender les sols. Il y a plusieurs années, un gîte de marne avait été exploité en Alberta pour fabriquer du ciment.

##### *Évaporites*

L'évaporation de l'eau de mer et des lacs salés forme des gîtes de valeur d'une catégorie particulière où l'on trouve le sel ordinaire, la potasse (sylvite), le gypse et l'anhydrite. L'évaporation de l'eau de mer est particulièrement active dans les baies peu profondes et les dépressions formées dans les hauts fonds à marée, surtout dans les régions chaudes. Dans certains endroits, des mélanges de sels se déposent soit ensemble, soit par couches successives de compositions différentes, alternant parfois avec des sédiments ordinaires. Dans nombre de localités à l'étranger,



R. W. Boyle

- A. Chapeau de fer sur un gisement sulfuré fortement incliné, à Bathurst (N.-B.). Le matériau supergène brunâtre est en partie le résidu d'une altération qui s'est probablement produite pendant le tertiaire. Le tout est recouvert de till cimenté et coloré par les minéraux de fer déposés par l'eau circulant à travers le gîte. La bande parallèle à la surface de l'eau n'est qu'une coloration plus accentuée due aux variations du niveau de l'eau.

Planche XXXVIII



- B. Cet échantillon fournit un exemple de coloration due à des minéraux secondaires d'uranium provenant de l'altération de minéraux primitifs tels que l'uraninite. On voit ici du granite pegmatitique teinté en jaune par de minces couches d'uranophane. Le minéral noir est de la biotite. Échelle :  $\frac{1}{50}$  de la grandeur réelle.

H. R. Steacy

on recueille certains sels non consolidés, aussitôt après l'évaporation de l'eau. D'autres gîtes, dont on trouve plusieurs exemples au Canada, se sont formés à des époques géologiques reculées et se sont incorporés aux formations sédimentaires. Certains de ces gîtes sont exploités par extraction souterraine, d'autres par dissolution.

#### *Gîtes alluvionnaires non consolidés*

Les gîtes alluvionnaires ou placers sont des concentrations de minéraux métallifères ou de pierres gemmes mélangées à du sable ou à du gravier. Ils sont étudiés en détail au chapitre XVI, pour le bénéfice des lecteurs que le sujet intéresse de façon particulière. L'exposé qui suit reste par conséquent dans le domaine des généralités.

Le mot « placer » semble dériver d'un ancien mot espagnol signifiant dépôt ou désignant un endroit où un dépôt est exploité par lavage. Les minéraux que contiennent les placers sont en général des minéraux lourds, qui se décomposent ou se dissolvent difficilement ou si durs qu'ils résistent à l'usure ou à la division en fragments de plus en plus petits. Citons parmi les plus importants minéraux de placer l'or, le platine, la cassitérite, l'ilménite, le diamant et le rubis. La magnétite qui était à l'origine un minéral accessoire dans les roches ignées forme parfois de vastes concentrations de « sable noir ». Toutefois, les placers de ce genre sont rarement assez importants ou assez riches pour constituer une source de fer intéressante. On trouve couramment dans les placers des grenats que l'on confond facilement avec des rubis.

La formation et la conservation des placers ne sont possible qu'à plusieurs conditions. En premier lieu, il faut que des minéraux de valeur aient été disséminés dans la roche de fond ou qu'ils soient contenus en quantités suffisantes dans des gîtes minéralisés. En second lieu, il faut que l'altération atmosphérique ait exercé son action pendant très longtemps ; en troisième lieu, il faut que la topographie ait favorisé la concentration, ce qui suppose habituellement une région de collines ou de montagnes pourvue de cours d'eau assez rapides pour entraîner les produits légers de l'érosion. Les régions les plus favorables sont celles où une longue érosion a presque nivelé la surface terrestre qui a été ensuite soulevée puis découpée par des cours d'eau qui ont concentré les minéraux résiduels reposant sur l'ancienne surface. Enfin, les placers doivent avoir été conservés. Nombre de placers ont sans doute été détruits par une érosion ultérieure, y compris la glaciation. Cela expliquerait en partie le fait qu'on n'ait pas découvert de placers exploitables dans le Bouclier canadien, même si les roches de ce dernier contiennent de nombreux gîtes aurifères primaires que l'intempérisme a pu transformer en placers. Les glaces les auraient détruits par la suite. La présence de placers dans la région de la Cordillère, pourtant soumise à la glaciation s'explique par le relief très accidenté de cette région. Là, les glaciers n'ont pu dénuder uniformément la surface.

Certains placers, qui en sont aux premiers stades de leur formation, prennent naissance sur les pentes, en contrebas des affleurements de gîtes minéraux. On y trouve ra-

rement de fortes concentrations car les minéraux sont vite entraînés dans les cours d'eau. D'autres se forment le long des plages où les vagues érodent les roches ou reprennent et concentrent les sables ou graviers glaciaires contenant de faibles quantités de minéraux de valeur. Toutefois, la plupart des placers se trouvent dans les graviers des cours d'eau, dans les anciens lits plutôt que dans les lits des cours d'eau actuels. Les minéraux de valeur se concentrent habituellement à la surface de la roche de fond ou à proximité de celle-ci, dans le fond du lit, et peuvent se loger dans des fissures de la roche de fond. Dans certains placers, les concentrations de métaux peuvent se trouver dans le gravier, à quelque distance au-dessus de la roche de fond. Les minéraux les plus précieux des placers se présentent en grains assez petits en général et, dans le cas de l'or, on peut parfois trouver des pépites. La presque totalité des placers canadiens exploitables sont ou ont été des placers aurifères situés dans le Yukon et en Colombie-Britannique (nous disons « ont été » parce que la plupart des placers connus, de quelque importance, sont épuisés). La majorité des placers dataient ou datent des périodes interglaciaire et postglaciaire, mais certains de l'époque tertiaire. Quelques rares placers ont été découverts dans des graviers tertiaires enfouis sous des roches volcaniques. De nombreux placers étaient ou sont encore recouverts de matériaux de transport glaciaire, ce qui a rendu leur découverte et leur exploitation plus difficiles.

#### *Gîtes sédimentaires consolidés*

Les placers qui se sont formés au cours de périodes géologiques reculées et qui ont échappé à la destruction par l'érosion finissent par se consolider en couches de conglomérats ou de grès contenant des gîtes détritiques de magnétite, d'or ou d'autres minéraux. C'est sans doute ainsi que certains gisements se sont formés. D'autres gisements importants ont probablement la même origine, mais aucun indice concluant n'a pu être obtenu jusqu'ici. On a longtemps cru que les minerais aurifères des conglomérats précambriens de l'Afrique du Sud, qui constituent la principale source d'or du monde, étaient des placers consolidés. On a récemment découvert qu'au moins une partie de l'or et des autres minéraux métallifères qui l'accompagnent ont pu être déposés après la consolidation de la roche. On comprend aisément que l'importance de ces gîtes ait entraîné des recherches très poussées. Mais les efforts des nombreux experts n'ont pas encore permis d'établir avec certitude si les minéraux ont été apportés par action hydrothermale, pour former des gîtes n'ayant qu'une ressemblance fortuite avec les placers, ou si l'or, après avoir passé par le stade du placer, ne s'est pas ensuite dissous puis légèrement redistribué.

Le même problème se pose quand on cherche à expliquer l'origine d'autres gisements d'or, d'uranium et autres métaux, y compris les vastes gisements d'uranium d'Elliot Lake (Ontario). On distingue sans trop de peine ceux dont l'origine détritique est certaine, si les minéraux de valeur qu'ils renferment ne sont pas fins et dispersés au point

qu'on ne puisse les voir au microscope. En effet, les grains détritiques sont arrondis par suite de leur transport dans l'eau, ou se présentent en fragments anguleux, tandis que les minéraux déposés par des solutions présentent certaines caractéristiques visibles au microscope : structure cristalline entrelacée ou autres textures. D'autre part, un gîte né d'un placer, qui est passé par une phase de recristallisation et dont les minéraux constituants peuvent avoir été transportés sur une faible distance, serait difficile sinon impossible à distinguer d'un autre dont les minéraux de valeur proviendraient de fluides infiltrés à travers le gravier.

### Latérites et autres gîtes résiduels

#### *Les latérites*

Gîtes résiduels non consolidés de fer et d'aluminium, les *latérites* se forment par suite d'une désagrégation causée par les agents atmosphériques et du transport de quelques éléments constituants, ce qui entraîne la concentration de certains autres éléments, parfois plus recherchés. Cela s'est produit surtout dans les pays tropicaux et subtropicaux, où l'action atmosphérique a été forte et prolongée. Au Canada, les gîtes de ce genre sont plutôt rares parce que le climat ne s'y prête pas et probablement parce que la plupart de ceux qui ont pu s'y former ont été détruits par l'érosion glaciaire.

#### *Autres gîtes résiduels*

Au Canada, les gîtes résiduels consolidés de minéraux de fer sont très importants. Près de Londonderry (Nouvelle-Écosse) on extrayait autrefois du fer des gisements de goethite et d'hématite qui formaient des poches de minéraux résiduels dues à une action atmosphérique profonde sur des roches anciennes. Les minerais d'hématite-goethite que l'on exploite actuellement près de Steep Rock Lake (Ontario) auraient été formés par l'accumulation d'oxydes de fer sur une surface d'érosion précambrienne.

### Gîtes supergènes

Des distinctions entre minéraux primaires et secondaires ont été établies au chapitre III, et nous avons vu au début du présent chapitre comment il fallait appliquer ces termes dans le cas des divers gîtes. Pour éviter toute confusion avec d'autres gîtes que l'on pourrait considérer aussi comme secondaires, on a jugé que le qualificatif *supergène* conviendrait mieux aux gîtes altérés par oxydation ou par d'autres effets superficiels, sans que la partie altérée du gîte ait été détruite. Par conséquent, seule la partie supérieure d'un gîte peut être « supergène » alors que la partie inférieure peut être qualifiée de « primaire » ou d'*hypogène*. Certains experts n'appliquent le qualificatif « hypogène » qu'aux parties des gîtes dont la teneur en métal a été augmentée par la concentration supergène de métaux de valeur ou par la dissolution et l'enlèvement de constituants de valeur moindre. Nous ne tenons pas compte ici de cette distinction.

Presque tous les minéraux métallifères qui se trouvent en surface ou près de celle-ci sont altérés par l'eau de ruissellement qui les attaque et les transforme en minéraux nouveaux, généralement en oxydes (composés d'un métal et d'oxygène) ou en hydroxydes (composés d'un métal, d'oxygène et d'hydrogène). Certains minéraux contenant des métaux comme le cuivre, le fer et l'uranium sont facilement altérés par les eaux de ruissellement. D'autres le sont moins et d'autres encore, comme l'or et le platine, sont si résistants qu'ils s'opposent aux réactions de ce genre. Les gîtes contenant des minéraux de fer supergènes présentent une couleur rouillée caractéristique et sont désignés *chapeaux de fer*.

La plupart des gîtes supergènes au Canada n'ont que de petites quantités de minéraux tels la limonite, la malachite, les fleurs de cobalt, et les minéraux supergènes d'uranium, qui s'étendent à quelques pouces ou à quelques pieds au-dessous de la surface. Toutefois, dans certaines régions du Yukon qui n'ont pas, ou peu, subi d'érosion glaciaire, on a trouvé des minéraux supergènes dans des mines, à 100 pieds de profondeur et plus. Près d'Uranium City, dans la mine Gunnar où la porosité de la roche permet à l'eau d'un lac voisin d'y circuler, on a extrait un minéral appelé uranophane jusqu'à une profondeur d'environ 1 000 pieds. Au gisement Brenda (Colombie-Britannique), on a signalé l'existence, à plus de 20 pieds de profondeur, de formation dont la teneur en cuivre, trompeusement faible, résultait d'un lessivage. En règle générale, les parties altérées des gîtes canadiens contiennent à la fois des minéraux supergènes et une partie des minéraux primitifs. La teneur totale en métal n'est pas tout à fait la même que dans les parties inaltérées du gîte, mais la différence n'est pas très grande en général. Par conséquent, dans la plupart des gîtes canadiens, les transformations supergènes influent très peu sur la valeur du gîte. Cette règle a quand même connu certaines exceptions ; aussi les géologues ont-ils appris à se méfier, surtout dans le cas des gîtes pauvres. Jusqu'à présent, les minéraux supergènes ont retenu l'attention au Canada parce qu'ils offraient souvent des indices révélateurs aux prospecteurs à la recherche de gîtes primaires. En effet, une faible quantité de minéraux supergènes peut colorer une étendue assez vaste et faciliter ainsi la découverte des gîtes, car certains de ces minéraux ont des couleurs très vives. À ce sujet, il convient de retenir trois points. Premièrement, les minéraux supergènes peuvent se manifester à une faible distance du gîte inaltéré et non pas nécessairement au-dessus. Deuxièmement, de nombreux minéraux supergènes sont solubles dans l'eau et peuvent avoir été enlevés d'un affleurement par la pluie ou par toute autre forme d'humidité ; pour les découvrir, il faut par conséquent piocher l'affleurement ou le spécimen, car ils peuvent y être conservés sous forme de remplissage dans des fissures ou des cavités étroites. Troisièmement, il est possible qu'un gîte de petites dimensions ou qu'un gîte plus étendu ayant une faible teneur en métal, révèle un éventail impressionnant de minéraux supergènes. Par conséquent, un chapeau de fer ou tout autre gîte supergène très apparent n'indique

pas nécessairement la présence d'un gîte primaire important.

### Gîtes industriels

Les gîtes non métalliques et les matériaux de construction sont généralement appelés gîtes ou minéraux industriels, parce qu'ils sont utilisés par les industries dans leur état minéral naturel au lieu d'être exploités pour un ou plusieurs des éléments constitutifs du minéral, comme c'est le cas des minéraux métalliques. Le terme « industriel » a cependant un sens très large, car on extrait de certains minéraux non métalliques des éléments comme le chlore et le fluor. La pyrite est elle aussi classée comme minéral industriel quand elle sert à produire du soufre.

Les gîtes industriels ont représenté près de 20 p. 100 de la production minérale canadienne, en 1967. La production de matériaux de construction (produits argileux, ciment, chaux, sable, gravier et pierre) a atteint une valeur de \$ 469 000 000. La valeur des non-métalliques a été de \$ 414 000 000, dont 163 pour l'amiante, 77 pour la potasse et 76 pour le soufre.

Il existe une différence fondamentale entre la prospection et l'évaluation des gîtes industriels, d'une part, et les gîtes métalliques, d'autre part; en effet, les gîtes industriels sont recherchés pour leurs propriétés physiques plutôt que pour leurs propriétés chimiques. Étant donné que l'on accorde la plus grande importance à leurs propriétés physiques, on veut avant tout connaître leurs caractéristiques et leurs dimensions. Dans le cas des minéraux métalliques, ce sont les analyses chimiques et l'importance du gisement qui priment. Les spécifications sont habituellement rigoureuses, même pour des matériaux aussi ordinaires que le sable et le gravier. En outre, la plupart des matériaux non métalliques ayant un prix unitaire bien inférieur à celui des métaux, les gîtes commerciaux doivent se trouver à proximité des moyens de transport et des marchés. C'est ainsi que des géologues, des ingénieurs ou des prospecteurs ordinaires recherchent les gîtes non métallifères pour le compte d'une entreprise qui désire trouver un certain matériau conforme à certaines spécifications, dans une région déterminée. Il n'en reste pas moins que quelques prospecteurs indépendants ont su acquérir une bonne connaissance des gîtes industriels ou non métalliques, et il n'y a aucune raison pour que d'autres n'en fassent pas autant. Le prospecteur qui se spécialise dans la recherche des gîtes métalliques ne devrait pas perdre de vue qu'il peut aussi découvrir des gîtes industriels intéressants. Il peut se faire une idée de leurs possibilités en lisant les paragraphes qui leur sont consacrés au chapitre xv.

Les matériaux de construction sont des roches et des dépôts non consolidés appartenant à l'une des catégories décrites au chapitre II mais possédant des qualités particulièrement recherchées. Les gîtes non métalliques sont des concentrations appartenant à quelques-unes des classes décrites au début du présent chapitre. La plupart sont concordants, mais de nombreux minéraux, comme l'amiante, la barytine et le fluor, sont extraits de filons et autres gîtes transgressifs.

### Ouvrages à consulter

Bates, R. L.

*Geology of the industrial rocks and minerals*, New York, Harper, 1960.

Gillson, J. L. et coll., (rédacteurs)

« Industrial minerals and rocks », *Am. Inst. Min. Met. Engrs.*, vol. série Mudd, 1960.

Goudge, M. F., Haw, V. A., Hewitt, D. F., (rédacteurs)

*The geology of Canadian industrial mineral deposits; 6th Commonwealth Min. and Met. Congress*, Can. Inst. Mining Met., 1957.

Ouvrage très détaillé traitant surtout de géologie.

Reeves, J. E.

*Factors of particular significance to the economics of industrial minerals*, Direction des Mines, Circ. d'inf. 202, 1968.

## LES COMBUSTIBLES MINÉRAUX

Les *combustibles minéraux* (dits fossiles), sont la houille, le pétrole et le gaz naturel. On les appelle ainsi parce qu'ils sont extraits de formations rocheuses même si ce ne sont pas des minéraux selon la définition qui figure au chapitre III.

En 1967, la houille, le pétrole et le gaz naturel ont représenté quelque 30 p. 100 de la valeur totale de la production minérale du Canada. La production de houille a atteint près de \$ 84 000 000; celle du pétrole \$ 886 000 000 et celle du gaz naturel, \$ 198 000 000. Malgré leur importance, nous n'accordons, dans le présent ouvrage, à ces produits qu'une place restreinte, le marché ne favorisant pas la recherche de nouvelles houillères. D'autre part, la prospection du pétrole et du gaz naturel est un domaine si spécialisé qu'il dépasse le cadre du présent ouvrage. Aussi les paragraphes qui suivent ne sont-ils que de brefs exposés d'ordre général.

### La houille

La houille est formée de l'accumulation de matières végétales. On retrace dans la nature toutes les étapes de sa formation: tourbe, lignite, houille grasse et anthracite. On y décèle parfois l'empreinte de feuilles, de fougères et d'autres espèces végétales. Croissant dans des marais d'eau douce ou saumâtre, cette végétation s'est déposée au fond des bassins ou est restée à la surface, formant des concentrations de matières tourbeuses. Ensevelies par la suite sous le sable et la boue, les couches végétales ont été préservées jusqu'à ce qu'elles se trouvent emprisonnées entre les roches sédimentaires où elles se sont transformées graduellement en charbon sous l'effet de la pression et de la chaleur.

En raison de son origine, la houille se présente en couches, ou lits, encaissées dans des roches sédimentaires, comme les schistes tendres et les grès qui se sont déposés dans les eaux douces ou saumâtres. Les roches sédimentaires du carbonifère et du crétacé renferment les plus importants gisements d'anthracite du monde, tandis que les couches de l'ère tertiaire fournissent la majeure partie du lignite utilisé dans le monde.

Il existe trois principaux types de houille, possédant chacun ses caractéristiques propres :

**Le lignite** : couleur noir-brunâtre ; structure végétale et ligneuse généralement apparente ; haute teneur en humidité qui entraîne la désagrégation au séchage.

**La houille grasse** : noire, cassante, avec alternance de couches mates et brillantes ; ses nombreux plans de séparation font qu'elle se brise en cubes ou en morceaux rectangulaires ; en brûlant, elle dégage une flamme jaune et fumeuse.

**L'anhracite** : charbon noir, dur, cassant, avec fracture conchoïdale luisante ; s'allume difficilement et brûle en donnant une flamme bleue sans fumée.

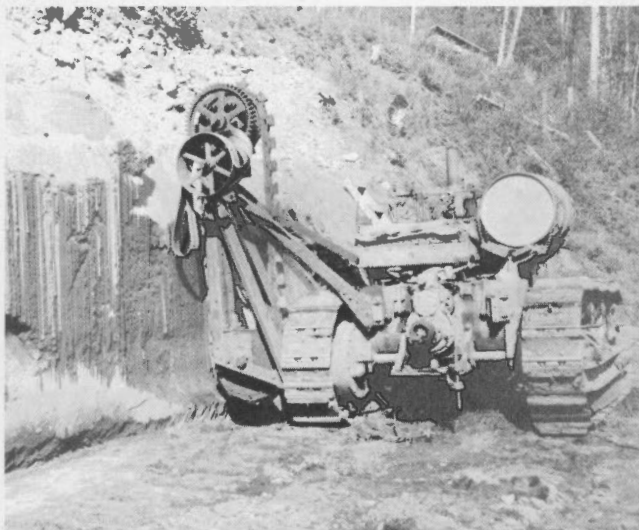
Il existe plusieurs houilles intermédiaires dites semi-bitumineuses et semi-anhracites. Du point de vue chimique, le passage du lignite à l'anhracite se caractérise par une augmentation de la teneur en carbone et une baisse correspondante de la teneur en éléments volatils et en humidité. La houille de formation géologique ancienne a probablement subi la pression et la chaleur pendant une période de temps suffisamment prolongée pour se transformer en charbon à haute teneur en carbone ou même devenir du graphite. Les pressions et les températures particulièrement élevées qui accompagnent les plissements accentués jouent un rôle important dans le passage du lignite à l'anhracite.

Le plissement des couches de houille augmente leurs possibilités d'affleurement. Toutefois, l'exploitation des couches fortement faillées ou plissées se révèle habituellement plus onéreuse que celle des gisements sans faille, à faible inclinaison.

La nature des roches entre lesquelles les couches de houille sont disposées peut influencer sur le coût de l'extraction. Un toit de schiste faible peut exiger davantage de soutènement, cependant que le grès dur peut ne pas se prêter à certains procédés d'extraction souterraine. Par ailleurs, la nature du toit est très importante dans les exploitations à ciel ouvert.

La plus grande partie du charbon extrait au Canada est bitumineux. Il sert surtout au chauffage et à la production de vapeur et, dans une mesure moindre, à la fabrication du coke et du gaz de ville. Certaines qualités de coke sont largement utilisées pour transformer le minerai de fer en fonte ou en acier. Les principaux gisements houillers du Canada sont situés dans l'est et l'ouest du pays. On exploite des gisements houillers considérables dans les formations carbonifères de la Nouvelle-Écosse et dans les formations mésozoïques de la Colombie-Britannique et de l'Alberta. On extrait aussi des houilles tertiaires dans l'ouest du Canada.

Bien que le Canada possède un grand nombre de mines de charbon en exploitation et de vastes réserves connues de houille, l'industrie houillère est cependant aux prises avec certaines difficultés. En premier lieu, il faut considérer la concurrence du mazout et du gaz naturel, qui ont la préférence pour certains usages. En fait, certains spécialistes estiment qu'à longue échéance le charbon sera plus



C. S. Lord 86059

Planche XXXIX Sable bitumineux, Fort McMurray (Alberta) et appareil d'extraction de caractère expérimental.

employé comme source de produits chimiques que comme combustible. En second lieu, la plupart des entreprises qui utilisent du charbon ou du coke sont situées à l'intérieur du pays, loin des principales mines de charbon de l'est et de l'ouest du Canada. Ce marché intérieur est en grande partie approvisionné en charbon par les États-Unis. Par ailleurs, certaines centrales thermiques utilisent toujours du charbon, et il existe une demande de charbon cokéifiable dans certaines régions. Des contrats conclus avec le Japon ont beaucoup amélioré les perspectives d'avenir des gisements de l'Ouest.

En raison des circonstances que nous venons de mentionner, il est peu probable que la prospection générale dans le domaine du charbon se révèle rentable au Canada avant quelques années, bien que certains experts envisagent l'avenir avec optimisme. Il y a sans doute des cas spéciaux, notamment celui de l'entreprise d'exploitation houillère qui, connaissant les besoins en houille d'un certain genre dans une région donnée, y dépêche un prospecteur compétent. Quoi qu'il en soit, le prospecteur à la recherche d'autres minéraux dans des régions houillères en puissance devrait prendre note de toutes les venues de houille qu'il découvre, au cas où elles seraient jugées intéressantes. S'il sait que la houille est en demande dans un endroit où affleurent des formations propices à l'existence de charbon, il se mettra à la recherche de gisements.

#### *Ouvrages à consulter*

*Coal in Canada et Coke in Canada*, revues annuelles du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.

Williamson, I. A.

*Coal mining geology*, Oxford Univ. Press, 1967.



## Le pétrole et le gaz naturel

Le pétrole est appelé couramment « huile brute » ou « huile ». Par ailleurs, on fait la distinction entre le « gaz naturel » et les autres gaz. Pour les fins de notre exposé, convenons que le mot « gaz » désignera le gaz combustible d'origine naturelle. Le pétrole et le gaz sont indispensables à notre mode de vie actuel, en raison surtout de notre énorme besoin d'essence. Le Canada a l'avantage d'en posséder d'immenses réserves, principalement dans la région des Grandes Plaines. À la fin de 1966, on estimait à 9 milliards de barils les réserves d'hydrocarbures liquides récupérables au Canada (sans compter les sables bitumineux de l'Athabasca) et à quelque 44 trillions de pieds cubes les réserves confirmées de gaz naturel. En 1968, la production canadienne d'hydrocarbures liquides a été d'environ 1 190 000 barils par jour. La production d'huile brute couvrait 58 p. 100 de la demande des raffineries canadiennes. La production de gaz naturel atteignait 4,45 milliards de pieds cubes par jour. On a construit un immense réseau de pipe-lines pour transporter le pétrole et le gaz vers l'ouest jusqu'à la côte du Pacifique, vers le sud jusqu'aux États-Unis, vers l'est jusqu'en Ontario pour le pétrole, et jusqu'au Québec pour le gaz. On en construira certainement d'autres, mais en raison des énormes distances à franchir certaines régions continueront d'importer du pétrole même si la production canadienne venait à s'accroître. D'autre part, il ne serait guère rentable d'installer des conduites de gaz pour desservir toutes les agglomérations.

### *Origine du pétrole et du gaz*

Le pétrole et le gaz naturel sont des produits apparentés, d'origine organique, qui se sont accumulés dans des conditions particulières, dans certaines couches poreuses de l'écorce terrestre. Au cours d'époques géologiques révolues, des matières organiques se sont déposées au fond de masses d'eau avec du sable, du limon, de la boue, comme ceux des sédiments ordinaires que les rivières charrient de nos jours jusqu'à la mer. On n'a jamais découvert de pétrole ni de gaz dans les roches de la période précambrienne, probablement à cause de l'absence d'organismes vivants à cette époque.

Les matières organiques se décomposent lorsqu'elles sont longtemps soumises à l'action de l'air ou de l'eau, mais l'eau salée retarde ce processus. Si la sédimentation s'effectue assez vite, la matière organique se trouve alors emprisonnée dans les sédiments. On pense que les bactéries qui vivent dans ces sédiments contribuent à libérer les cires et les graisses de la matière organique, et cette action est particulièrement efficace dans l'eau salée. Voilà qui explique en partie pourquoi le pétrole et le gaz se rencontrent dans les formations sédimentaires marines plutôt que dans les formations d'eau douce. Les sables et les graviers peuvent être pauvres en matières organiques mais les fines particules d'argile ont à peu près le même poids que les particules de matières organiques ;

ainsi les schistes foncés — particulièrement ceux d'origine marine — sont considérés comme le point d'origine idéal du pétrole et du gaz. Certains calcaires renferment parfois des substances organiques en grande quantité, surtout ceux qui se sont formés dans les mers relativement chaudes. Les substances organiques emprisonnées dans les schistes et les calcaires subissent l'action de la chaleur et de la pression et sont transformées progressivement en gaz et en petits globules d'huile. Tout d'abord épars, ces globules ne peuvent constituer des gisements de valeur que s'ils sont ensuite concentrés dans ce qu'on appelle des « roches-magasins ».

### *Porosité et perméabilité*

Presque toutes les roches renferment des espaces libres entre les grains qui les composent. Si ces « pores » sont rapprochés et s'ils communiquent entre eux, la roche est dite perméable : elle permet aux liquides et aux gaz de la traverser lentement. Les roches les plus perméables sont les grès, certains calcaires coralliens et diverses dolomies, notamment celles qui sont issues de calcaires où une partie de la chaux a été remplacée par de la magnésie, avec baisse concomitante de volume accompagnée de quelques fractures. Même les schistes les moins perméables des roches sédimentaires ont de très petits pores où les liquides s'infiltreront par capillarité. Quand le pétrole et le gaz pénètrent dans des roches suffisamment poreuses, faillées ou rompues, ils remontent lentement jusqu'à la surface ou jusqu'à ce qu'une roche moins perméable les arrête ou les retienne.

### *Pièges*

Toute une variété de pièges structuraux et autres peuvent retenir le pétrole. Les plus simples sont les anticlinaux et les dômes, représentés dans la figure 11 (A et B). Dans des conditions idéales et en raison de sa légèreté, le gaz afflue vers les couches poreuses au sommet de l'anticlinal, puis il est flanqué de nappes sous-jacentes de pétrole, lui-même plus léger que l'eau qui, à son tour, va remplir les interstices dans la partie inférieure de la structure. Ces divers éléments ne sont pas toujours disposés ainsi, même dans les anticlinaux simples. En effet, le gaz naturel se déplaçant beaucoup plus facilement que le pétrole certaines formations ne contiennent, par conséquent, que du gaz. Même dans les régions pétrolières, les anticlinaux ne renferment pas toujours du gaz ou du pétrole, car la circulation de l'eau dans les couches poreuses suffit parfois à vider un anticlinal du gaz et du pétrole qu'il contient et à chasser ces derniers dans une autre structure où l'effet de l'eau est moins fort. D'autres pièges se sont formés quand, à la suite d'une faille, une couche poreuse a fait contact avec une couche imperméable ou quand des lentilles de roches poreuses se sont intercalées dans des couches imperméables (figure 11 C) ; ou encore, quand il y a eu formation de terrasses (figure 11 D) et de gros récifs coralliens.

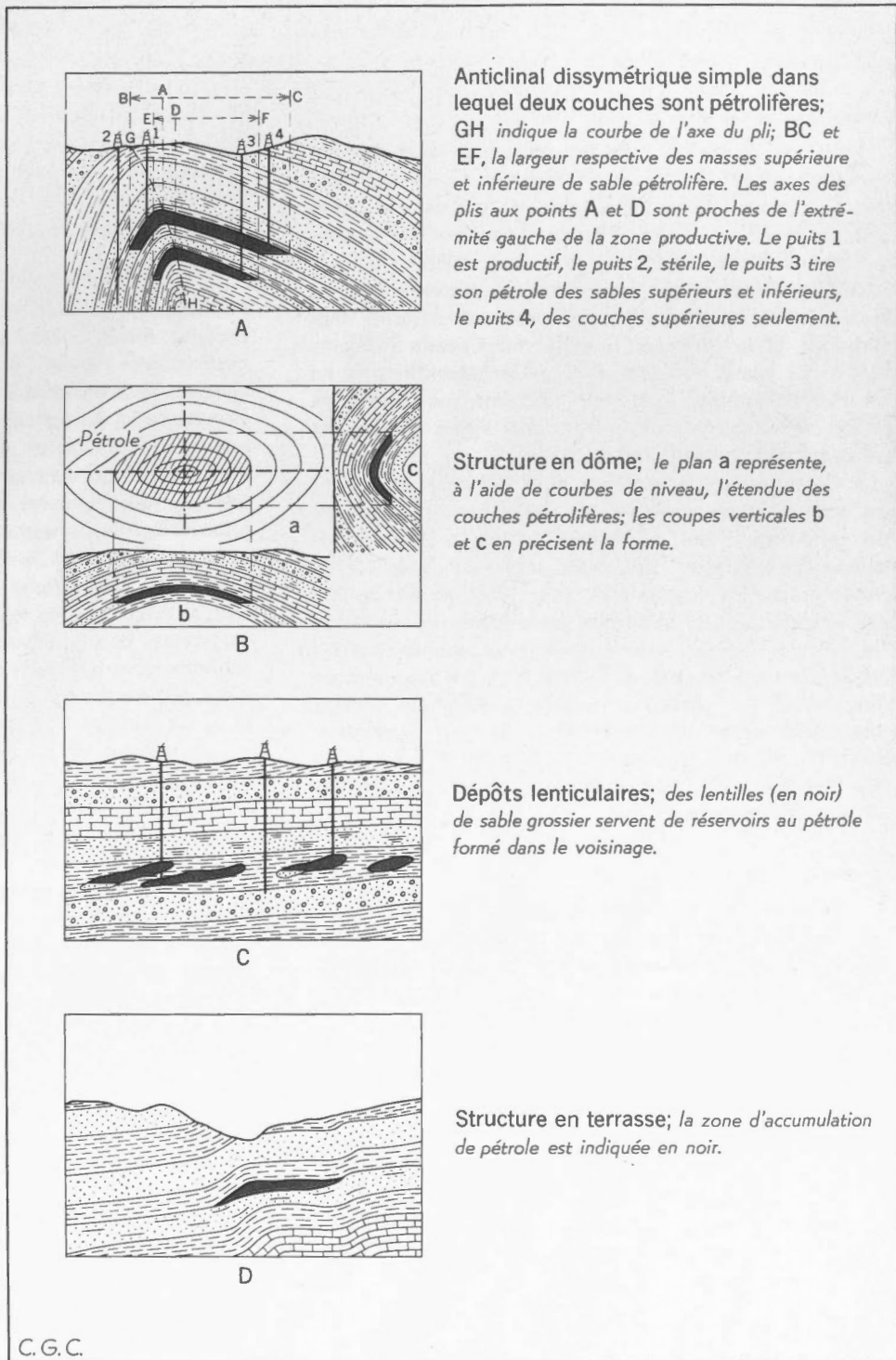


Figure 11  
Schéma de structures pétrolifères  
(A, B et C d'après L. C. Uren).

L'accumulation du pétrole et du gaz naturel dépend par conséquent de plusieurs facteurs : présence de roches mères (schiste et calcaire pétrolifères, par exemple) ; de bancs poreux pouvant constituer un réservoir ; d'une structure géologique propice à l'accumulation et d'une calotte imperméable, comme le schiste, pour arrêter l'ascension et empêcher toute perte. Les roches mères n'affleurent pas toujours ; elles gisent parfois à quelque distance des

structures d'accumulation, mais l'étude attentive des couches de toute une région montrera parfois que ces roches mères existent au-dessous d'une formation favorable. Des cartes stratigraphiques et structurales dressées avec soin et des sondages géophysiques permettent de déceler les structures géologiques favorables. Parfois, des suintements de pétrole à la surface du sol trahissent sa présence, mais on n'acquiert la certitude quant à l'existence de gaz ou de

pétrole qu'en forant des puits coûteux qui atteignent souvent plusieurs milliers de pieds de profondeur.

### *Schistes et sables pétrolières*

Les affleurements de schiste contenant des hydrocarbures organiques sont assez répandus. Dans certains pays, l'extraction de ces schistes s'effectue dans des mines ou des carrières et le pétrole en est séparé par distillation. Les hydrocarbures contenus dans ces roches sont des résidus, les éléments les plus volatils du pétrole ayant été chassés depuis longtemps par des processus naturels dont la chaleur et la pression. Il existe au Canada plusieurs gîtes de ce genre, notamment dans les Maritimes et en Colombie-Britannique, mais ils ne sont pas considérés comme exploitables ; toutefois, les plus riches d'entre eux pourraient le devenir un jour.

Le Canada possède aussi un gîte dont les caractéristiques sont uniques, couvrant un vaste territoire, près de Fort McMurray (au nord de l'Alberta). Il s'agit de matières bitumineuses contenues dans du sable de la période crétacée (planche XXXIX), reposant sur du calcaire dévonien. Cette substance bitumineuse est le résidu d'un pétrole dont les éléments les plus volatils ont été chassés par certains processus naturels. On n'a pas encore déterminé si le pétrole se trouvait à l'origine dans le calcaire sous-jacent ou dans les sables. Il s'agit d'un vaste gisement dont on a commencé à extraire du pétrole en 1967. Ses réserves récupérables sont estimées à quelque 300 milliards de barils.

### *Perspectives de la prospection*

La recherche du pétrole et du gaz est une tâche aussi ardue que complexe. Parfois, des suintements de pétrole conduisent à de fructueuses découvertes, mais la plupart du temps la prospection repose sur l'étude approfondie des roches et des structures visibles dans des régions géologiquement favorables, sur l'analyse détaillée des boues de forage et des carottes de roche extraites de puits déjà forés dans ces régions et sur des levés géophysiques spéciaux qui permettent de mieux comprendre les structures souterraines profondes. Les emplacements favorables sont explorés par le forage de puits, entreprise fort coûteuse. En Alberta, plusieurs puits ont été forés à environ deux milles de profondeur et chaque puits a

coûté près de \$ 1 000 000. D'autres puits, moins profonds, ont coûté chacun plus de \$ 100 000. Malgré les études préliminaires les plus poussées, beaucoup de ces forages demeurent stériles soit parce que le pétrole ou le gaz n'existent pas dans cette formation ou ne s'y trouvent pas en quantité exploitable, soit parce que le puits n'est pas foré exactement à l'endroit voulu, soit encore parce que la structure du terrain varie avec la profondeur.

La recherche du pétrole et du gaz est une entreprise hautement spécialisée, qui dépasse les possibilités du prospecteur moyen. Des géologues ou des géophysiciens expérimentés tentent parfois l'expérience à leur propre compte mais, en général, les travaux de prospection sont effectués par des spécialistes de ces deux disciplines pour le compte de sociétés pétrolières. Il existe à ce sujet une abondante documentation bien connue de tous les intéressés. Nous pouvons donc nous dispenser de nous y attarder dans le présent ouvrage.

Le prospecteur à la recherche de métaux ou de minéraux dans des régions qui renferment des roches sédimentaires d'origine marine doit pouvoir repérer tout suintement de pétrole ou de gaz ou les venues de schistes bitumineux et de sables pétrolières. Il ne doit pas oublier que ce qui semble être un suintement n'est parfois qu'une pellicule iridescente à la surface de l'eau, due à la présence de composés ferrugineux ou à la décomposition de matières végétales. Souvent la présence de bulles fait croire à une émanation alors que ces bulles proviennent du gaz de houille ou du gaz des marais et non du gaz apparenté au pétrole.

Dans certaines régions, le droit d'exploiter les gisements de pétrole et de gaz fait partie des droits de propriété, tandis qu'il est réservé ailleurs à la Couronne. On ne jalone pas les concessions de pétrole ou de gaz mais on peut obtenir un bail soit du propriétaire foncier, soit du gouvernement territorial ou du gouvernement provincial.

### *Ouvrages à consulter*

Moss, A. E.

« Great Canadian oil sands project » ; *Can. Min. J.*, mai 1966, pp. 45 à 50.

*Oil and gas in Ontario*, ministère de l'Énergie et des Ressources de l'Ontario, 1967 : Management.



## esquisse de la géologie du Canada

Le territoire canadien, d'une superficie de quatre millions de milles carrés, recouvre en partie les principales régions géologiques de l'Amérique du Nord. L'étude des terrains et formations révèle l'existence de roches et de structures de types et d'âges très variés. Les ressources minérales et les formes topographiques y sont donc multiples et fort diversifiées. Les variations géologiques et climatiques expliquent aussi la répartition des ressources forestières et agricoles, la vocation des terres ainsi que les concentrations démographiques. Le pays se divise en grandes régions géologiques comportant, dans la plupart des cas, des sous-régions d'importance et d'étendues diverses. Cette classification, bien sûr, est de caractère général. Il faut noter par ailleurs la complexité des caractéristiques géologiques et la diversité des ressources minérales propres à chaque région. Même si les principales régions et certaines de leurs subdivisions les plus importantes sont délimitées depuis plusieurs années, les auteurs ne les désignent pas tous de la même façon. En outre, d'autres subdivisions restent à établir.

Le présent chapitre décrit brièvement la géologie du Canada ; le lecteur comprendra qu'il ne nous était guère possible d'offrir, dans le cadre de cet ouvrage, autre chose qu'une esquisse des principales régions et subdivisions et une rapide description de leurs caractéristiques géologiques et tectoniques. Nous y signalons aussi les principaux gîtes minéraux connus et virtuels. À ceux qui souhaiteraient approfondir ce très vaste sujet nous suggérons la lecture d'un ouvrage excellent, riche en illustrations et en références, intitulé *Géologie et ressources minérales du Canada*.

Géologiquement, le Canada comprend un *bouclier*, quatre plates-formes, trois *orogènes* et trois *plateaux continentaux*, comme l'indique la figure 12. Le *Bouclier canadien* occupe à peu près la moitié du pays ; il emprunte vaguement la forme d'un bouclier et présente un ensemble de roches précambriennes, affleurantes ou non. Cette région, assez stable depuis le précambrien, est en quelque sorte le noyau du continent. Les plates-formes, entourant une grande partie du Bouclier, recouvrent des strates paléozoïques horizontales et des couches

plus récentes reposant sur des socles précambriens constitués de roches généralement identiques à celles du Bouclier. Les orogènes sont de grandes zones allongées qui, à diverses époques du paléozoïque, du mésozoïque et au début du tertiaire, ont été le siège de mouvements orogéniques (formation des montagnes), accompagnés d'éruptions volcaniques et de métamorphisme. La formation, à époques diverses, de séries de géosynclinaux dans certaines parties des orogènes, a donné naissance à d'épaisses accumulations de strates sédimentaires, volcaniques, ou des deux. De nombreuses masses de roches plutoniques se sont formées à certains endroits. Les trois orogènes comprennent les Appalaches dans l'est du Canada, l'Inuitien dans l'Arctique et la Cordillère dans l'ouest canadien. Les roches qui s'y sont formées ont subi, au cours du processus orogénique, des plissements, des failles et des surrections à diverses époques, souvent plusieurs fois en un même endroit.

L'érosion des roches exhaussées explique en partie les formes actuelles des monts Appalaches, la chaîne Inuitienne et la Cordillère, exception faite de certains phénomènes glaciaires. Les plaines côtières longent les zones littorales de l'Arctique et du Pacifique, tandis que les plateaux continentaux se prolongent sous les océans Atlantique, Arctique et Pacifique.

Il y a environ 10 000 ans, au cours du pléistocène, le Canada était presque entièrement recouvert de glaciers. Ces glaciers ont strié et entraîné une grande partie des sols résiduels et des dépôts alluviaux formés à l'époque tertiaire ; ils ont érodé une partie de la roche de fond affleurante, laissant des surfaces striées, d'autres polies, et de grandes accumulations de sable, de gravier et d'argile déposées par les glaciers mêmes ou par leurs eaux de ruissellement, à mesure que le climat devenait plus tempéré. Il est difficile d'établir avec certitude les zones d'affleurement et de recouvrement pour l'ensemble du pays, vu les différences qui existent entre les grandes zones d'affleurement dans les hautes régions montagneuses et les plaines, presque entièrement recouvertes de dépôts. Une autre difficulté tient au fait que, dans plusieurs régions, les affleurements rocheux sont couverts de mousse ou dissimulés par le feuillage des arbres, de sorte qu'il est impossible de faire une estimation à partir de photographies aériennes. L'expérience a cependant démontré que la roche de fond est probablement recouverte de morts-terrains sur plus de 95 p. 100 de la superficie totale du Canada.

### Ouvrages à consulter

- Douglas R. J. W. (*rédacteur*)  
*Geology and Economic Minerals of Canada*, Comm. géol. Canada, Sér. de la géol. écon. n° 1, 5<sup>e</sup> éd., 1970.
- Douglas, R. J. W. et Tremblay L.-P. (*rédacteurs*)  
*Géologie et ressources minérales du Canada*, partie A (la partie B est sous presse), Comm. géol. Canada, Sér. de la géol. écon., n° 1, 5<sup>e</sup> éd., 1972. (Version française de l'ouvrage précédent.)

Cet ouvrage est complet et à jour. Il est destiné aux lecteurs déjà initiés aux principes de la géologie. Ceux qui ont



Figure 12  
Le Canada et ses principales régions géologiques.

étudié les chapitres II à V du présent ouvrage devraient trouver cette publication utile et facile d'accès. Elle est accompagnée de cartes géologiques, tectoniques, glaciaires, magnétiques et gravimétriques du Canada ainsi que d'une carte des gîtes minéraux.

### LE BOUCLIER CANADIEN

Le Bouclier canadien, comme nous le disions, englobe la moitié du pays. Composé de roches précambriennes affleurantes ou non, il se prolonge aux États-Unis pour former une grande zone au sud du lac Supérieur et la zone plus petite des Adirondacks dans l'État de New York. Des roches à peu près de même type et du même âge que celles du Bouclier descendent en pente douce sous les strates plus récentes qui flanquent ce dernier; elles affleurent sous forme d'« enclaves » dans l'ouest de l'Arctique, au sud de la baie d'Hudson et dans l'île de Terre-Neuve.

La région du Bouclier recèle d'énormes ressources et constitue la plus importante source de métaux au Canada. On y extrait une grande variété de minéraux industriels; les possibilités de découverte d'autres gîtes minéraux

exploitables y sont immenses, à cause de son étendue et de ses nombreux secteurs géologiquement favorables. Les ressources forestières y sont abondantes et les nombreuses rivières y sont des sources d'énergie hydro-électrique. Sa topographie, son paysage et son climat tempéré, conditionnés par la géologie, en font aussi une région touristique très recherchée.

La surface rocheuse du Bouclier est ancienne et ondulée, l'érosion y ayant découpé des vallées plus récentes. Elle descend vers la baie d'Hudson et son élévation générale est d'environ 1 000 pieds au-dessus du niveau de la mer, le long de sa marge occidentale dans la Saskatchewan et les Territoires du Nord-Ouest. La topographie se hérissé davantage dans les hautes terres d'Haliburton et des Laurentides, ainsi que le long du golfe Saint-Laurent; certaines montagnes s'élèvent à 5 500 pieds au Labrador et à 8 500 pieds dans l'île Baffin. Le Bouclier est demeuré relativement stable depuis la fin du précambrien; vers la fin du tertiaire, une surrection a relevé la surface de 300 à 700 pieds et les cours d'eau rajeunis ont entaillé les vallées. La période postérieure à la glaciation du pléistocène a aussi été témoin de change-



C. S. Lord

Planche XL A. Une partie du Bouclier canadien, au nord de la limite boisée, dans la partie méridionale du district de Kewatin (Territoires du Nord-Ouest).



A. H. Lang

Planche XL C. Relief accidenté de la partie méridionale du Bouclier canadien, au lac Walker (Qué.), au nord de l'embouchure du Saint-Laurent.



A. H. Lang

Planche XL B. Vue du Bouclier canadien, dans le nord de la Saskatchewan.

ments d'élévation alors que des failles se sont produites le long de la bordure méridionale et près de la péninsule de Boothia, à différentes époques depuis la fin du précambrien.

Les roches du Bouclier représentent au moins les cinq sixièmes des temps géologiques. Les roches les plus anciennes se sont formées durant l'archéen et les plus récentes durant le protérozoïque (p. 29). Une surface d'érosion marquée et très étendue (discordance) qui remonte, croit-on, à 2 390 millions d'années, sépare les roches archéennes de celles du protérozoïque. Des roches sédimentaires, volcaniques et plutoniques se constituèrent à diverses époques, le volcanisme ayant été particulièrement actif durant l'archéen. Dans nombre de secteurs du Bouclier, les roches ont été déformées par des périodes d'orogénèse survenues à des époques dif-

férentes selon les régions et donnant lieu à de multiples plissements et failles, au métamorphisme et à la granitisation. Les roches d'autres parties du Bouclier ont sans doute subi des transformations de même nature à diverses époques, mais seuls les effets de l'orogénèse la plus récente sont visibles en certaines régions. Dans beaucoup de secteurs, les roches archéennes ont été tellement altérées par le métamorphisme et la granitisation qu'il est impossible de reconnaître les types et structures primitives. Ailleurs, par contre, on peut identifier les strates métamorphiques, volcaniques et sédimentaires de l'archéen et les retracer dans des zones de plissements dont certaines représentent probablement des géosynclinaux très anciens. Les strates protérozoïques n'ont pas, en général, subi un métamorphisme aussi intense que celles des âges archéens. Dans plusieurs parties du Bouclier, d'épaisses accumulations de strates, remontant au protérozoïque, se sont déposées en géosynclinaux et, plus tard, en longues zones de plissements. Ailleurs, des nappes relativement minces de strates protérozoïques, horizontales ou légèrement inclinées, recouvrent des roches plus anciennes.

On a maintenant cartographié, au moins par reconnaissance, presque tout le Bouclier. Les interprétations géologiques des roches plus récentes y sont plus difficiles étant donné le degré de métamorphisme et l'absence de fossiles. La corrélation avec des strates postérieures au précambrien en devient impossible. On a néanmoins réalisé de grands progrès au cours des dernières années, grâce à de minutieuses études géologiques, appuyées par des levés géophysiques et des datations isotopiques. Ces datations indiquent les périodes de métamorphisme et d'orogénèse plutôt que celles de la formation originelle des roches. Toutefois, les schémas d'évolution qui s'en dégagent présentent une telle cohérence que la crédibilité des interprétations orogéniques et tectoniques s'en trouve

renforcée. Nous en traitons sommairement ci-après. (figure 13). Certains termes employés dans ces paragraphes ont été adoptés récemment par la Commission géologique du Canada. Nous avons cru bon de les employer pour qu'ils deviennent familiers à ceux qui auront à utiliser les nouvelles cartes ou à prendre connaissance de rapports récents. Le métier de la prospection est de plus en plus complexe et exigeant. Ceux qu'attire le potentiel immense du Bouclier auront avantage à puiser à même les ressources de la science et de la technique moderne. Dans les pages qui suivent nous tenterons de leur indiquer la voie.

### Analyse du Bouclier canadien

Les premiers géologues considéraient les roches précambriennes de l'Europe et de l'Amérique du Nord comme un « complexe d'assises » dont on ne pouvait déchiffrer la stratigraphie, en raison du métamorphisme et de l'absence de fossiles qui auraient permis d'en établir la corrélation. Des études plus poussées du Bouclier canadien furent entreprises il y a plus d'un siècle. D'autres pays ont largement contribué à la définition des principes fondamentaux de la géologie précambrienne. Mais les géologues canadiens ont eux-même relevé le défi que leur présentait le Bouclier.

Les premières études du Bouclier ont porté sur les régions au nord des lacs Huron et Supérieur et à proximité de la rivière Outaouais. La découverte des camps miniers de Sudbury et de Cobalt, vers 1900, a donné le signal d'examen plus poussés. Ainsi, la région qui s'étend depuis la tête des Grands Lacs jusqu'au lac Témiscamingue, vers l'est, fut bientôt reconnue comme le prototype de tout le Bouclier. On devait se rendre compte plus tard qu'il s'agissait là d'une généralisation trop hâtive et que le terme « région classique » collait davantage à la réalité. Elle renferme un groupe de roches très métamorphisées, notamment du marbre, appelé série de Grenville, que plusieurs géologues tiennent pour le groupe le plus ancien, à cause de son intense métamorphisme. On y trouve aussi des successions de strates volcaniques et sédimentaires très plissées et métamorphisées, de type archéen ; des formations où prédominent les roches volcaniques « groupe ou série Keewatin » et d'autres qui contiennent surtout des roches sédimentaires « groupe ou série Témiscamingue ». Ailleurs une discordance marquée a recoupé les roches volcaniques et sédimentaires altérées, ainsi que les roches plutoniques apparentées, d'un groupe de sédiments moins déformés et moins plissés auxquels on a donné le nom d'Huronien. Ces derniers remontent, croit-on, au début du protérozoïque. Ces sédiments ont été envahis par des intrusions granitiques plus récentes. Les sédiments horizontaux de la région de Port-Arthur s'appellent « série animikéenne » ; on les fait remonter à la fin du protérozoïque. Quelques lits de diabase plus récents, semblables à des filons-couches, s'appellent « keweenawiens » et datent de la toute fin du protérozoïque. On désigna sous le nom de « série Cobalt » le conglomérat plat de la

région du même nom, pour découvrir plus tard qu'il s'agissait d'équivalents non plissés des strates huroniennes. Les filons-couches et dykes de diabase qui recoupent les sédiments de Cobalt ont été jugés équivalents à ceux du Keweenawien. Un « front », caractérisé par un métamorphisme et une granitisation ignés, sépare les roches des types huronien et Grenville, comme l'ont indiqué W. H. Collins et d'autres géologues. Dans le même esprit, M. E. Wilson, désignait « sous-province de Grenville » la région qui recèle des roches du type Grenville, et « sous-province du Lac Supérieur » la partie nord-ouest qui renferme des roches moins déformées. Ce dernier tenait le Bouclier tout entier pour une province géologique. La plupart des géologues modernes sont d'avis contraire, estimant le Bouclier trop vaste pour constituer une province unique. À mesure qu'on s'éloignait de la région classique, les corrélations avec les ordres chronologiques déjà établis posaient des difficultés grandissantes. On devait peu à peu reconnaître que diverses parties du Bouclier avaient connu à des époques différentes la même évolution géologique et que les corrélations établies n'étaient pas valables. Certains géologues ont employé des expressions comme « type Témiscamingue » pour désigner des formations douteuses. Au fur et à mesure des recherches, ces désignations sont remplacées par des noms stratigraphiques adaptés à chacune des grandes régions. Ce foisonnement d'appellations rend confuse la description géologique détaillée du Bouclier. Heureusement, celle des régions renfermant des formations plus récentes s'appuie sur une terminologie mieux normalisée et qui se rattache à des superficies plus grandes.

Les divisions temporelles de l'archéen et du protérozoïque ont été désignées diversement. La confusion que cela entraîne ne facilite pas la compréhension de la géologie du Bouclier canadien. Des termes aussi vagues que protérozoïque ancien et récent ont été retenus faute de pouvoir établir — en raison de l'absence ou de la rareté des fossiles — les ères et périodes avec autant de précision que dans le cas des ères du paléozoïque, du mésozoïque et du tertiaire. Les termes Huronien, Keewatin et Témiscamingue réservés d'ordinaire à certaines séries de strates du précambrien ont été appliqués, dans des régions fort dispersées, à des strates et structures d'apparence identique mais qui peuvent fort bien s'être formées à des époques différentes.

Le nombre croissant de datations isotopiques dont on dispose et les réalités tectoniques et lithologiques auxquelles elles correspondent ont amené C. H. Stockwell à proposer, en 1965, des divisions précises pour le protérozoïque. Ces divisions, adoptées par la Commission géologique du Canada, sont les suivantes : l'archéen et le protérozoïque s'appellent âges et non ères, comme les avait nommés certains auteurs. Le protérozoïque se divise en trois ères appelées l'aphébie (la plus ancienne), l'hélikien et l'hadrymien. L'hélikien se subdivise à son tour en deux sous-ères, la plus ancienne s'appelant le paléohélikien et la plus récente, le néohélikien.



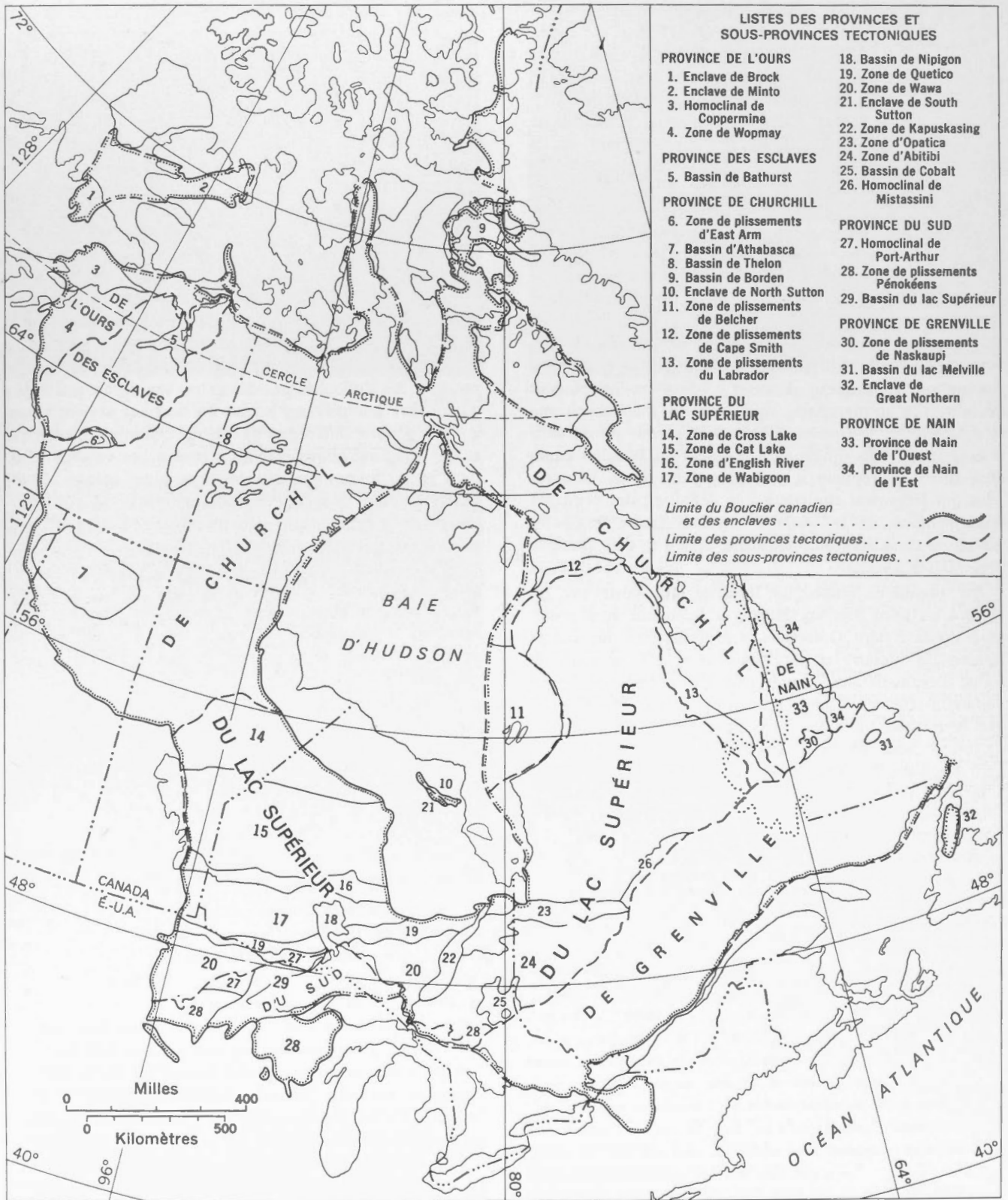


Figure 13. Provinces et sous-provinces tectoniques du Bouclier canadien (par C. H. Stockwell).

## Province du lac Supérieur

Il est maintenant admis que le Bouclier peut et doit être divisé en *provinces* principales et en sous-provinces. Les premières correspondent à des territoires tectoniques plutôt que géologiques. C'est que des roches de types identiques ont pu s'y former à différentes époques et que la datation isotopique indique la période d'orogénèse et de métamorphisme plutôt que celle de la formation originelle. Le Bouclier est donc divisé maintenant en sept provinces (figure 13). Elles portent les noms de lac Supérieur, des Esclaves, de Churchill, de l'Ours, du Sud, de Nain et de Grenville, et se distinguent principalement par les grandes différences directionnelles de leur structure interne et par les types de plissements. La démarcation s'établit lorsqu'une direction est coupée par un mouvement plus récent, soit le long des discordances principales, soit le long des « fronts orogéniques », c'est-à-dire là où des zones délimitent la région d'influence d'une période ancienne d'orogénèse. Les datations isotopiques coïncident avec ces principales différenciations, ce qui ajoute à leur crédibilité.

Plusieurs géologues ont proposé l'établissement de diverses sous-provinces. Stockwell, pour sa part, a indiqué récemment ses choix relativement aux noms et aux délimitations proposées, ajoutant des précisions nouvelles. Certains secteurs importants des provinces restent cependant à définir. La plupart d'entre elles, qui ont été définies, sont indiquées à la figure 13 et dans le texte. Les sous-provinces qui renferment des strates archéennes et protérozoïques plissées sont appelées « zones de plissements » ou « zones » ; celles qui contiennent des strates archéennes ayant généralement subi un plissement plus intense. On appelle « homoclinaux » les sous-provinces caractérisées par des strates légèrement inclinées dans une même direction, et « bassins » celles qui le sont par des couches planes. Les homoclinaux et les bassins datent, pour la plupart, du protérozoïque et recouvrent des roches précambriennes.

M. Stockwell a aussi défini quatre orogènes principaux au sein du Bouclier. Toutefois, le degré d'incertitude et d'erreur dans les datations isotopiques nous empêche d'établir une chronologie rigoureuse des cycles orogéniques. Les définitions ne se fondent donc en définitive que sur la présence de certaines roches dans des zones types servant de critères. Le processus orogénique s'est probablement répété à plusieurs époques distinctes dans les mêmes parties du Bouclier. Les déformations plus récentes empêchent de reconnaître les orogénèses antérieures. Les quatre orogènes — dont l'âge approximatif est exprimé en millions d'années — sont établis d'après la moyenne des datations isotopiques. Ce sont les suivants : le kéno-réen (2 490 m.a.) représente le dernier plissement généralisé ainsi que l'activité métamorphique et plutonique de la province du lac Supérieur ; l'HUDSONIEN (1 735 m.a.) dans la province de Churchill ; l'ELSONIEN (1 370 m.a.) dans la province de Nain, et le GRENVILLIEN (945 m.a.) dans la province de Grenville.

Cette province, la plus vaste des provinces structurales, comprend des strates volcaniques et sédimentaires altérées et de grandes étendues de roche granitique et gneissique. Elle renferme des roches volcaniques du type Keewatin, des sédiments du type Témiscamingue et des couches qui leur sont apparentées. Les roches volcaniques y sont diverses et abondantes. La plupart ont été transformées en chlorite et autres minéraux verts, d'où leur nom de *roches vertes*. Beaucoup de roches vertes contiennent des *coussins* arrondis, témoignant des coulées de lave qui se sont produites au fond d'une mer ou d'un lac.

Les structures générales s'orientent surtout vers l'est. La partie sud-est de la province comprend le vaste complexe de la sous-province d'Abitibi, constituée d'une large zone géosynclinale plissée s'étendant de Timmins à Chibougamau. Elle recèle des couches volcaniques et sédimentaires ainsi que des gîtes d'anorthosite dans les secteurs de Matagami et de Chibougamau. La partie occidentale de la province comprend les zones de plissements volcaniques et sédimentaires de Cross Lake, de la rivière English et de Quetico. Des couches de recouvrement, légèrement ou non plissées, forment les bassins de Cobalt ainsi que l'homoclinal de Mistassini.

La province du lac Supérieur, et particulièrement la sous-province d'Abitibi, est l'une des plus importantes sources de métaux au Canada, sinon la plus importante. Les gîtes de cuivre, de zinc et d'or y abondent et on y trouve également des quantités considérables de fer, de molybdène et d'autres métaux. Le bassin de Cobalt a fourni les importants minerais d'argent du camp de Cobalt, dont l'exploitation se poursuit encore. Un relevé des mines qui ont été mises en exploitation entre 1956 et 1966 indique que près du tiers se trouvent dans la province du lac Supérieur, notamment la quasi-totalité des mines de fer, de zinc, d'argent et d'or. Ajoutons que la moitié des mines de cette province produisent surtout du cuivre.

## Province du Sud

Les parties de la province du Sud rattachées au territoire canadien englobent une vaste étendue du lac Supérieur, l'homoclinal Port-Arthur et la zone de plissements péno-kéens au nord du lac Huron. La province se prolonge au sud sous une partie des États du Michigan, du Wisconsin et du Minnesota où l'on extrait de grandes quantités de minerai de fer.

C'est dans la zone de plissements péno-kéens, formée de strates huroniennes classiques, que l'on trouve deux des plus importantes régions minières du monde : celle de Sudbury (nickel-cuivre), et celle d'Elliot Lake (uranium). On exploite, dans le bassin du lac Supérieur, au nord de Sault-Sainte-Marie, un type particulier de gisement de cuivre-chalcocite natif, identique à ceux qu'on trouve dans le nord de l'État du Michigan.

## Province des Esclaves

La plupart des roches de la province des Esclaves ressemblent à celles de l'âge archéen de la province du lac Supérieur. La structure directionnelle des roches de cette province, quoique incurvée, porte surtout vers le nord. Elle repose principalement sur des roches granitiques et gneissiques et renferme des couches sédimentaires métamorphisées et des moindres quantités de roches vertes du groupe Yellowknife. On exploite d'importants gisements aurifères à Yellowknife; ceux des autres parties de la province sont moins importants. On trouve aussi dans cette province de nombreuses zones susceptibles de contenir de l'or et quelques autres du béryl, du lithium et du nobium.

## Province de Churchill

La partie occidentale de la province de Churchill s'étend entre les provinces du lac Supérieur et des Esclaves et se caractérise par des zones incurvées de roches sédimentaires, volcaniques et gneissiques qui forment aussi une partie de la plate-forme d'Hudson et de l'enclave de Sutton, au sud de la baie d'Hudson. Elles remontent ensuite vers le nord, traversent les îles Belcher pour donner les zones de plissements de Cape Smith et du Labrador. Les frontières entre les provinces de Churchill, du lac Supérieur et des Esclaves sont parfois des discordances marquées et parfois des fronts orogéniques. À l'intérieur de la province, des roches plissées recouvertes de couches plates ou légèrement inclinées forment les bassins d'Athabasca, de Borden et de Thelon.

La partie nord-ouest de la province de Churchill, au Grand Lac des Esclaves, renferme la zone de plissements d'East Arm formée de couches protérozoïques. C'est dans cette zone que l'on a découvert des venues de cuivre, de plomb, de zinc, d'uranium, de nickel, de cobalt et de tungstène. Une zone à orientation nord — dite zone de Taltson ou de Nonacho\* — dans la partie de la province qui s'étend entre le Grand Lac des Esclaves et le lac Athabasca, contient plusieurs gîtes probables de minéraux sulfurés et des venues d'uranium. Au nord du lac Athabasca, des roches sédimentaires et volcaniques du protérozoïque recouvrent une zone plus ancienne de strates métamorphisées. On y trouve quantité de gîtes probables d'uranium et plusieurs mines d'uranium déjà en exploitation. Cette zone, que l'on appelle Athabasca-Rankin\* dans certaines publications, se prolonge de façon discontinue vers la baie d'Hudson où l'on a exploité une mine de nickel à Rankin Inlet. Aucune venue d'uranium n'a été repérée dans la partie orientale de la zone. Au sud du lac Athabasca, une grande nappe de grès protérozoïque et autres sédiments forme le bassin d'Athabasca. Entre ce bassin et la province du lac Supérieur, se déploie l'un des plus importants secteurs métallifères du Bouclier. Il comprend les gîtes de zinc-cuivre de Flin-Flon et des environs, les gîtes de nickel-cuivre de Thompson et de

\* Ces zones ne sont pas comprises dans le schéma de la figure 13.

Lynn Lake et les mines d'or à l'est de Flin-Flon. Les secteurs orientaux de la province renferment les gîtes de fer du Québec et du Labrador, et ceux des îles Belcher; on y trouve aussi des gîtes de plomb-zinc au golfe Richmond et plusieurs types de gîtes dans la zone de Cape Smith.

## Province de l'Ours

Séparées des roches de la province des Esclaves par une discordance, les couches sédimentaires et volcaniques plus récentes de la province de l'Ours s'étendent sur une vaste zone plissée et inclinée dessinant une vaste région triangulaire entre le Grand Lac des Esclaves et le Grand Lac de l'Ours. Les roches plus anciennes de la province de l'Ours sont recouvertes en discordance par des strates légèrement inclinées, à prépondérance basaltique, dans l'homoclinal de Coppermine. Au nord, des roches apparentées à celles de la province de l'Ours forment les enclaves de Brock et de Minto, entourées de roches postérieures au précambrien. Elles ne peuvent donc être considérées comme faisant partie intégrante du Bouclier proprement dit.

Les roches de la province de l'Ours renferment les gisements d'uranium d'Eldorado et de Rayrock, ainsi qu'un gisement de cuivre en exploitation à Port-Radium. Les gisements de cuivre de l'homoclinal de Coppermine font présentement l'objet d'analyses intensives. Leur attrait s'est accru depuis le développement des moyens de transport dans les régions septentrionales et l'accroissement de la demande. Ces gisements, dont certains sont connus depuis nombre d'années, ont des traits communs avec ceux du Michigan et de la région au nord de Sault-Sainte-Marie. Bien que la chalcocite y soit le principal minéral cuprifère, certains filons amygdaloïdes et certains dépôts de brèche contiennent du cuivre natif, de la bornite ou de la chalcopyrite.

## Province de Nain

On ne possède pas de carte géologique précise de la province de Nain. Mentionnons toutefois qu'elle s'étend depuis la partie orientale de la province de Churchill jusqu'à la côte du Labrador. Elle renferme des roches métamorphiques semblables à certaines roches de la province de Grenville, et d'importantes masses d'anorthosite. Un front orogénique constituerait la frontière entre cette province et celle de Churchill. On a provisoirement divisé la province en deux parties, orientale et occidentale, à cause des différences qui existent dans les datations isotopiques. Peu de gîtes minéraux y ont été découverts à ce jour. Plusieurs gîtes probables d'uranium, près de Makkovik sur la côte du Labrador, sont à proximité de la frontière provisoire de Grenville. Pour le moment on les rattache à la province de Nain.

## Province de Grenville

La province de Grenville, qui forme la partie sud-est du Bouclier entre le lac Huron et le sud du Labrador, est

séparée des provinces du lac Supérieur méridional, de Churchill oriental et de Nain par un front orogénique dénommé front de Grenville. Ce front s'étend en direction nord-est sur une distance d'environ 1 000 milles, recoupant les orientations des autres provinces. Sa frontière est en partie marquée par une discordance où les couches de la zone de plissements de Naskaupi reposent sur les roches de la partie occidentale de la province de Nain. Sur l'île de Terre-Neuve, une enclave entourée de failles renferme des roches semblables à certaines que l'on trouve dans la province de Grenville.

La roche type de Grenville est constituée de calcaires cristallins et de roches calcaires impures — surtout dans la partie sud-ouest de la province — ainsi que de gneiss et de schistes à grenat et d'autres minéraux typiques du métamorphisme intense des roches calciques et argileuses. On y trouve aussi des stocks et des batholites de roches plutoniques saliques et mafiques, de même que de l'anorthosite et d'innombrables masses de pegmatite et de roches apparentées. On a proposé de constituer en sous-provinces certaines parties de la province de Grenville. Une étude détaillée des divers secteurs étant en cours, nous n'avons pas cru opportun d'en faire état ici, ni de les indiquer sur la carte de la figure 13.

La province de Grenville est renommée pour ses venues pegmatitiques et métasomatiques de minéraux. Celles-ci renferment de nombreux gîtes de magnétite métasomatique et de pegmatite à teneur de mica, de feldspath, d'apatite et d'autres minéraux, ainsi que les gîtes d'uranium de la région de Bancroft. On y exploite aussi d'importants gisements de fer constitués de roches qui sont l'équivalent métamorphisé de celles qu'on trouve dans la zone du Labrador. Au nord de Havre-Saint-Pierre, de vastes gisements de titane sont exploités. Des filons renfermant des sulfures de zinc et de plomb ont été exploités aux mines New Calumet et Tétreault, près de la frontière méridionale de la province, mais on y a rarement découvert de vastes gîtes de sulfure massifs ou disséminés.

#### Ouvrages à consulter

- Campbell, F. A. et Charlesworth, H. A. K.  
« On the distribution of ore deposits within the Canadian Shield », *Proc. Geol. Assoc. Can.*, vol. XVI, juin 1965, pp. 31 à 84.
- Goodwin, A. M.  
« Evolution of the Canadian Shield », *Proc. Geol. Assoc. Can.*, vol. XIX, avril 1968, pp. 1 à 14.
- Lumbers, S. B.  
*Relation entre les gîtes minéraux et les roches intrusives et le métamorphisme dans la partie de la province de Grenville située au sud-est de l'Ontario*, min. des Mines de l'Ontario, Rapport prélim. 1964-1965.
- Stockwell, C. H.  
*Tectonic map of the Canadian Shield*; Comm. géol. Canada, Carte 4-1965, 1965.  
« Geochronology of stratified rocks of the Canadian Shield », *Can. J. Earth Sci.*, vol. V, n° 3, pt. 2, 1968, pp. 693 à 698.
- Thomson, J. E.  
*The Grenville problem*, Soc. Roy. Can., Publ. spéc. n° 1, 1956.

Wilson, M. E.

*The Precambrian of Canada: the Canadian Shield*, dans *The Precambrian*, vol. II, New York, Interscience, 1965, pp. 263 à 415.

Wynne-Edwards, H. R.

« The Grenville Province and its tectonic significance », *Proc. Geol. Assoc. Can.*, vol. XV, pt. 2, 1964, pp. 53 à 67.

## PLATES-FORMES

### Plate-forme de l'Intérieur

La plate-forme de l'Intérieur s'étend sur une vaste superficie généralement appelée Plaine intérieure ou Grande plaine. Cette région se déploie vers le nord, depuis le centre des États-Unis, pour constituer la partie continentale du Canada entre le Bouclier canadien et la Cordillère. Des strates sédimentaires non disloquées, ou légèrement infléchies, atteignant par endroits jusqu'à 10 000 pieds de profondeur, reposent sur un socle de roches précambriennes légèrement inclinées vers l'ouest, à raison de 15 pieds au mille. Des levés géophysiques et des forages de puits de pétrole et de gaz (nombre de ces forages ont percé de quelques pieds la roche précambrienne) ont permis de réunir quantité de données sur les roches de recouvrement et sur la position de la surface sous-jacente dans la partie méridionale de la région. Des renseignements de même nature ont été recueillis à propos des zones septentrionales. À une époque, les couches de couverture s'étendaient sur presque tout le Bouclier. Elles ont par la suite été érodées. L'érosion a tronqué les strates chevauchantes, de sorte que les formations anciennes affleurent en bandes relativement étroites, encerclant une bonne partie du Bouclier (carte géologique du Canada, notamment la région entre Winnipeg et le Grand Lac de l'Ours). Des couches plus récentes, occupant de plus vastes étendues à l'ouest, recouvrent les prolongements de strates paléozoïques et mésozoïques anciennes. Les strates paléozoïques de la partie centrale du Manitoba se composent de dépôts marins de calcaires; de grès et de schistes de l'ordovicien, du silurien et du dévonien; de dépôts de sel, d'anhydrite et de dolomie formés par évaporation dans les bassins partiellement isolés du reste de la mer. Plus au nord, les strates paléozoïques exposées remontent surtout au dévonien. Les formations paléozoïques sont recouvertes de couches d'origine marine du début du mésozoïque, à leur tour recouvertes par les formations crétacées déposées soit dans la mer, soit dans l'eau douce. Ces derniers forment les couches supérieures d'une grande partie de la Saskatchewan et de l'Alberta. À Turtle Mountain (Manitoba) et dans les collines du Cyprès (Saskatchewan), des vestiges de formations du tertiaire ancien recouvrent ces couches.

Les sols riches de la partie méridionale de la plate-forme, ceux de la plaine du Manitoba en particulier, sont le résultat de l'altération des couches sous-jacentes et des gîtes non consolidés formés par la glaciation. La majeure partie des ressources pétrolières et gazières du Canada sont contenues dans des strates paléozoïques et mésozoï-

ques, surtout en Alberta, mais aussi en Saskatchewan, au Manitoba et au nord-est de la Colombie-Britannique. L'âge des couches productives se situe entre le dévonien et le crétacé. Nombre de roches réservoirs sont des calcaires récifaux très poreux. Certains autres « pièges stratigraphiques », tels les lentilles de grès poreux et de dolomie dans du schiste ou de l'anhydrite non poreux, ont aussi leur importance. Récemment, on a étendu à presque toutes les plaines, y compris celles de l'archipel Arctique, la recherche de pétrole et de gaz. Les sables bitumineux de l'Athabasca, qui longent la rivière Athabasca sur plus de 100 milles, au nord de l'Alberta, sont des accumulations de pétrole lourd dans du sable du crétacé inférieur. Entre 100 000 et 300 000 millions de barils y seraient enfouis ; ce qui dépasse toutes les autres réserves connues dans le monde. On produit, ou on a produit, du charbon en plusieurs endroits. La plate-forme de l'Intérieur contient aussi de la potasse, du sel, du gypse, du calcaire et d'autres produits non métallifères. L'extraction de la potasse constitue depuis quelques années l'une des principales industries de la Saskatchewan. Les seuls gîtes métallifères connus sont le zinc et le plomb renfermés dans de la dolomie dévonienne, juste au sud du Grand Lac des Esclaves. Un centre minier important y a été établi récemment, plus précisément à Pine Point.

#### Plate-forme de l'Arctique

La plate-forme de l'Arctique s'étend sous une grande partie de l'archipel Arctique, entre l'orogène de la région Inuitienne et la partie exposée du Bouclier. Il s'agit de couches plates constituées surtout de calcaire, de dolomie et de dolomie schisteuse de l'ordovicien et du silurien, aussi, à certains endroits, de strates cambriennes, dévoniennes et tertiaires dont quelques-unes contiennent de la houille. Les possibilités de venues de pétrole et de gaz dans certaines couches soulèvent un vif intérêt.

#### Plate-forme du Saint-Laurent

La plate-forme du Saint-Laurent flanque la partie méridionale du Bouclier, depuis le lac Huron jusqu'à la ville de Québec, à l'exception d'une petite région du Bouclier appelée axe de Frontenac. La partie de la plate-forme située au sud-ouest de l'axe porte le nom de basses-terres des Grands Lacs ; celle au nord-est s'appelle basses-terres du Saint-Laurent. Elles recouvrent des couches légèrement inclinées de calcaire, de dolomie, de grès et de schiste du cambrien, de l'ordovicien, du silurien, du dévonien et du mississipien. Les couches à l'ouest de l'axe ont une puissance totale de 5 877 pieds. Aucune région ne recouvre cependant la succession complète des strates, celles-ci décrivant une légère pente en direction sud-ouest. Aucun forage n'a dépassé 4 727 pieds. À l'est de l'axe, les formations du Québec atteignent une épaisseur totale de 10 000 pieds. Les strates ordoviciennes et siluriennes affleurent sur l'île d'Anticosti.

Le premier champ de pétrole découvert au Canada se trouvait dans la région au nord du lac Erié d'où l'on extrait encore du gaz naturel et un peu de pétrole. Presque tout le pétrole a été tiré de couches dévoniennes ; le gaz, de couches siluriennes, en grande partie. La plate-forme du Saint-Laurent, source importante de sel et de matériaux de construction, ne contient cependant qu'un nombre restreint de venues métallifères. Le gîte de fer de Marmor est enfoui dans des roches précambriennes qui portent un mince recouvrement de strates paléozoïques ; il se trouve donc, techniquement parlant, dans les basses-terres.

Les collines montérégiennes aux environs de Montréal, dont le Mont-Royal est un exemple bien connu, sont les vestiges de petites intrusions alcalines ignées plus résistantes à l'érosion que les couches environnantes, datant probablement du crétacé. Les gîtes de niobium d'Oka (Québec) sont associés, croit-on, à l'activité montérégienne ignée.

#### Plate-forme d'Hudson

La plate-forme d'Hudson se déploie sous la majeure partie de la baie d'Hudson et des basses-terres de la baie d'Hudson, entre Churchill et Moosonee. Elle recouvre des strates ordoviciennes, siluriennes et dévoniennes composées essentiellement de calcaire et de dolomie ; également un petit nombre de strates jurassiques ou crétacées. On n'a pu établir avec précision l'épaisseur de cet assemblage de roches sédimentaires. Les affleurements y sont rares et l'on y a effectué qu'un petit nombre de forages. D'importants gisements de gypse dans la succession dévonienne et de vastes gîtes de lignite dans les couches du mésozoïque y ont toutefois été découverts. On y cherche présentement du pétrole ou du gaz.

#### Ouvrages à consulter

- Douglas, R. J. W. et coll.  
*Geology and petroleum potentialities of northern Canada*,  
 Comm. géol. Canada, Document 63-31, 1963.
- Nelson, S. J. et Johnson, R. D.  
 « Geology of Hudson Bay basin » ; *Bull. Can., Petrol. Geol.*, vol. XIV, n° 4, 1966, pp. 520 à 578.
- Sandford, B. V. et coll.  
*Hudson Bay Lowlands*, Comm. géol., Canada, Document 67-60, et carte 17-1967, 1967.

### OROGÈNE DES APPALACHES

Prolongement vers le nord-est d'une chaîne située en grande partie aux États-Unis, l'orogène des Appalaches comprend toute la partie du Québec qui s'étend au sud du Saint-Laurent et à l'est d'une ligne reliant Québec au lac Champlain. En outre, elle englobe tout le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse, l'île du Prince-Édouard et l'île de Terre-Neuve. Cette région se caractérise par des structures géologiques à orientation nord-est, formées durant le paléozoïque et contrastant avec les orogènes plus récents de la Cordillère. La topographie des Appalaches reflète généralement ces directions structurales,

étant formée d'un ancien plateau incliné vers le sud-est où les cours d'eau et l'érosion ont taillé des vallées et des collines. À l'intérieur de la Gaspésie, les monts Shickshocks s'élèvent à plus de 4 200 pieds au-dessus du niveau de la mer.

Une longue faille arquée, s'étendant en direction nord-est à partir du lac Champlain, constitue la limite entre les couches paléozoïques très disloquées de l'orogène des Appalaches et les couches horizontales du même âge de la plate-forme du Saint-Laurent. Cette faille explique la courbe prononcée décrite par la rive sud du bas Saint-Laurent. Elle aurait été provoquée, estime-t-on, par des poussées survenues durant l'ordovicien et le dévonien; d'autres déplacements ont pu cependant survenir à d'autres époques.

Affleurant dans une enclave de la partie occidentale de l'île de Terre-Neuve, les roches précambriennes, datant de l'hélikien ou d'une époque antérieure, ressemblent à celles de la province de Grenville. Elles sont séparées du Bouclier canadien par des couches paléozoïques. La partie septentrionale de l'orogène des Appalaches, formée surtout entre la fin de l'hadrynien et du permien, renferme des sédiments d'évaporite du mississipien et de « roches rouges » ferrugineuses du trias. En plusieurs endroits de l'orogène, des dépôts se sont formés dans divers auges et bassins locaux; d'où la variété des roches et des fossiles contenus dans des strates du même âge. Des roches volcaniques saliques et mafiques se sont aussi déposées à diverses époques. Les strates du silurien moyen les plus profondes en Amérique du Nord affleurent près de la baie des Chaleurs. Les roches sédimentaires y atteignent 8 427 pieds et les roches volcaniques 4 626 pieds.

Des gisements orogéniques — surtout le taconique (ordovicien) et l'acadien (dévonien) — ont entraîné le

métamorphisme, la formation de roches plutoniques et la minéralisation des couches déposées. À la fin du carbonifère, des plissements et des failles ont de nouveau modifié certaines parties de la région à la suite des mouvements orogéniques qui se sont manifestés de façon plus marquée dans les Appalaches américaines. Durant l'orogénie acadienne, survenue aux trois époques du dévonien, on assiste à la formation de divers massifs granitiques et de roches



D. M. Baird

Planche XLII A. Montagnes dentelées formées de couches sédimentaires au lac Peyto, Parc national de Banff, Alberta.



D. M. Baird

Planche XLI Chapel Arm, dans la partie est de Terre-Neuve, illustrant une longue baie à direction nord-est flanquée de pointes.



S. Duffell

Planche XLII B. Vue de la chaîne côtière près de Terrace (C.-B.), illustrant les formes arrondies caractéristiques des roches plutoniques érodées.

ignées apparentées. De nombreuses masses de roches ultramafiques apparaissent, par intervalles, dans les zones de plissements à direction nord-est de l'Estrie et de Terre-Neuve. La plupart de celles-ci font intrusion dans les couches cambriennes et ordoviciennes et remontent probablement à l'orogénèse taconique.

L'orogène des Appalaches fournit présentement 9 p. 100 environ de la production canadienne de minéraux, dont les combustibles. Parmi les minéraux industriels les plus importants, on compte l'amiante, apparenté aux roches basiques de l'Estrie, le gypse, la barytine et le sel extrait des couches mississippiennes de la Nouvelle-Écosse. On exploite aussi des gisements de gypse au Nouveau-Brunswick. Presque toute la production canadienne de fluorine provient de filons dans le granite et les roches apparentées de Terre-Neuve. Les couches pennsylvaniennes renferment les gîtes de houille de la Nouvelle-Écosse. D'autre part, on exploite des mines de cuivre, de zinc, de plomb, d'or et d'argent au centre de la Gaspésie et de Terre-Neuve. La plupart des gîtes remontent à l'orogénèse acadienne, comme bon nombre des filons aurifères autrefois mis en valeur en Nouvelle-Écosse. Jusqu'à récemment, on exploitait des gîtes stratiformes de fer dans des sédiments ordoviciens, à Wabana, Terre-Neuve.

#### *Ouvrages à consulter*

Neale, E. R. W. et Williams, H. (rédacteurs)

Collection de documents sur la géologie de la région atlantique ; Assoc. géol. Canada, *Hugh Lilly Memorial Volume*, Document spécial n° 4, 1968.

### OROGÈNE DE LA CORDILLÈRE

La Cordillère canadienne fait partie d'une large zone de hautes montagnes et de plateaux longeant le côté occidental des deux Amériques et se prolongeant dans les îles Aléoutiennes et la côte de l'Asie. Des structures transversales la touchent en quatre parties, dont la plus septentrionale englobe tout le Canada et l'Alaska. En Colombie-Britannique et en Alberta, une vallée extrêmement longue et droite appelée sillon des Rocheuses délimite nettement deux grandes provinces géologiques et tectoniques. S'étendant sur près de 1 000 milles depuis la frontière des États-Unis jusqu'à proximité des limites de la Colombie-Britannique et du Yukon, ce sillon est né de l'érosion d'une zone de failles. La région comprise entre le sillon et le Pacifique recouvre surtout des roches plutoniques, volcaniques et métamorphiques. À l'est du sillon, les montagnes Rocheuses et la zone des Foothills sont presque entièrement formées de strates sédimentaires façonnées en grands plis et en blocs faillés. Le sillon perd son identité à environ 60° de latitude, près de l'endroit où s'arrêtent les Rocheuses. Dans son ensemble, la géologie des parties du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest s'étendant au nord-ouest des Rocheuses s'apparente de très près à celle de la Cordillère occidentale de la Colombie-Britannique. Plus à l'est, dans les Ter-

ritoires du Nord-Ouest, les monts Mackenzie, à l'ouest du fleuve du même nom, s'identifient aux Rocheuses. Les monts Franklin, à l'est du Mackenzie, correspondent sensiblement aux Foothills. La limite entre les Cordillères occidentale et orientale dessine donc un grand arc, portant 60° de latitude, qui longe les limites occidentales des monts Mackenzie et s'oriente ensuite vers l'ouest au-delà du Yukon et se trouve ainsi à appartenir à la Cordillère orientale et aux chaînons Richardson et aux monts Britanniques situés au sud de la côte arctique.

Surtout métallifère, la Cordillère occidentale n'en renferme pas moins des quantités appréciables de minéraux industriels et de houille. La Cordillère orientale, elle, est surtout réputée pour son charbon, son pétrole et ses minéraux industriels.

#### Cordillère occidentale

La partie occidentale de l'orogène de la Cordillère comporte une série de géosynclinaux propices à la formation de sédiments et de roches volcaniques ou plutoniques. Nombre des gisements métallifères de cette région proviennent des orogénèses du jurassique récent et du crétacé. On associe cependant à des orogénèses antérieures nombre d'autres gisements. Dans les trois complexes très métamorphisés de Shuswap, Wolverine et du Yukon, à l'intérieur de la Colombie-Britannique et du Yukon, on trouve certaines roches équivalant à des strates protérozoïques métamorphisées, des roches altérées du paléozoïque, et d'autres d'altération plus récente. À l'ouest, on rencontre le Complexe plutonique côtier, désigné autrefois sous le nom de Batholite de la chaîne côtière. Vu l'importance de sa masse, cette appellation était erronée. Il est séparé de la Cordillère orientale par des plutons de tailles diverses, dispersés dans les complexes métamorphiques ou dans les zones de recouvrement de roches volcaniques et sédimentaires du paléozoïque et du mésozoïque. Au début du tertiaire, après les principaux cycles d'orogénèse et d'érosion, de grandes nappes de sédiments et de lave basaltique ont recouvert des bassins locaux et une grande partie des roches à l'intérieur de la Colombie-Britannique. Postérieures à la minéralisation de la région, elles recouvrent une roche de fond probablement riche en gîtes minéraux.

Au début du tertiaire également, un soulèvement de montagnes érodées du mésozoïque stimule l'activité des cours d'eau qui creusent alors de profondes vallées dans l'ancienne surface, dont les vestiges sont encore apparents lorsque les sommets de montagnes sont assez uniformes. Ils ont aussi coupé, dans de vastes plateaux ondulés, de profondes vallées longitudinales, associées couramment à l'érosion le long des failles. À plusieurs endroits, les coulées de lave du tertiaire, mentionnées plus haut, ont aplani la surface des plateaux. Certains s'étendent sur des milles de distance ; d'autres se découpent en mesas et en buttes.

La Cordillère occidentale, principale source de métaux au Canada jusqu'à ce que le Bouclier la supplante au

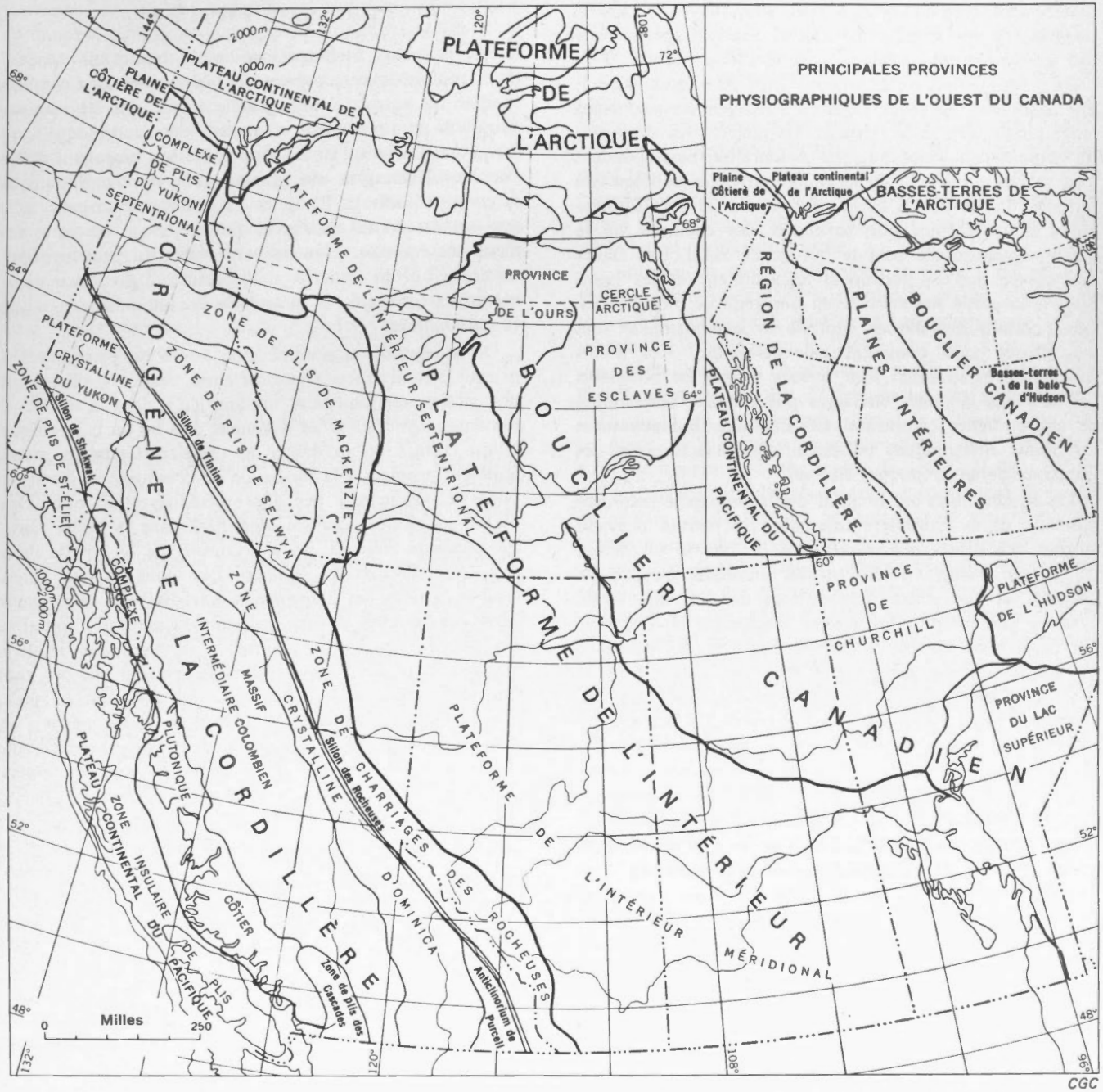


Figure 14. Principaux éléments géologiques de l'Ouest du Canada.

début du siècle, occupe toujours un rang enviable. Ses possibilités sont très grandes. On exploite d'importants gisements de plomb, de zinc et d'argent dans le sud-est de la Colombie-Britannique, des gîtes de cuivre massif et de porphyre en plusieurs endroits, et, au centre de la Colombie-Britannique, un important gîte de molybdène a récemment été mis en production. On a aussi extrait de l'or de nombreux placers et gîtes filoniens, dont certains sont encore en exploitation. La région côtière renferme beaucoup de gîtes de magnétite métasomatique, dont

certaines contiennent du cuivre et du fer. On extrait de l'amiante des gîtes du nord de la Colombie-Britannique et du Yukon et d'autres minéraux industriels dans diverses parties de la Colombie-Britannique.

#### Cordillère orientale

Les montagnes et les Foothills de la Cordillère orientale ont pris naissance à partir de l'érosion des dépôts sédimentaires de plusieurs milliers de pieds interstratifiés en



## OROGÈNE INUITIEN

couche de calcaire, de dolomie, d'argilite, de schistes, de grès, de quartzite et de conglomérats. Déposés dans des géosynclinaux entre le protérozoïque récent et le crétacé (et même à certains endroits au début du tertiaire), ces sédiments ont subi l'effet des orogénèses survenues entre l'hadrynien et le tertiaire. La plupart des structures qu'on peut facilement observer aujourd'hui correspondent à la grande orogénèse du laramide survenue au début du tertiaire. Le dessin en dents de scie des dépôts sédimentaires et les formes plus arrondies des chaînons de la partie septentrionale sont le fait de l'érosion. Des failles de poussée, serrées, recourent les sédiments et les Foothills de la partie méridionale en une série de blocs faillés. Les Foothills des parties centrale et septentrionale sont très plissés mais comptent peu de failles. Les monts Mackenzie et Franklin sont formés surtout de sédiments paléozoïques façonnés en larges plis simples, entrecoupés de plis et failles complexes. Les chaînons Richardson et les monts Britanniques présentent des structures et des directions datant d'époques diverses.

Les combustibles ont toujours été la principale ressource minérale de la Cordillère orientale. Le pétrole provient surtout des strates mississippiennes du champ pétrolifère de Turner Valley, situé dans les Foothills au sud de Calgary, et des strates dévoniennes de Norman Wells, dans la plaine entre les monts Mackenzie et Franklin. On extrait aussi du gaz naturel dans la zone des Foothills. Les parties les plus plissées et faillées de la Cordillère ne favorisent guère la retenue du pétrole ou du gaz qui a pu s'y trouver à une certaine époque. La plupart des mines de charbon, comme les filons houillers d'ailleurs, nichent dans des couches du crétacé dispersées à travers les Rocheuses et les Foothills. L'exploration s'y poursuit toujours, notamment dans la région de Crowsnest Pass.

La Cordillère orientale si l'on s'en fie aux découvertes révèle peu de gîtes métallifères, comparativement à la Cordillère occidentale. On a extrait du zinc, du plomb et de l'argent des gîtes Monarch et Kicking Horse intercalés dans de la dolomie cambrienne, près de Field dans les Rocheuses. Également, des filons de zinc, de plomb, d'or et d'argent ont été exploités à l'est de la partie méridionale du sillon des Rocheuses, mais la géologie de cette région n'est pas typique de celle de la majeure partie des Rocheuses. Un gîte stratiforme de cuivre a été découvert dans des sédiments de l'hadrynien, dans les monts Mackenzie, et des géologues qui y dressaient des cartes pour le compte d'une entreprise pétrolière ont découvert récemment à Snake River, dans les monts Mackenzie, une importante formation ferrière datant de la même époque.

### Ouvrages à consulter

- Bostock, H. S.  
*Physiography of the Canadian Cordillera, with special reference to the area, north of the fifty-fifth parallel*,  
Comm. géol. Canada, Mém. 247, 1948.
- Gunning, H. C. et coll. (rédacteurs)  
*Tectonic history and mineral deposits of the Western Cordillera, Can. Inst. Mining Met.*, vol. spéc. n° 8, 1966.

Bas plateaux, montagnes et crêtes hautes de 10 000 pieds parfois, telle se présente la topographie de l'orogène inuitien. Il recouvre une grande partie des îles Reine-Élizabeth et du nord du Groenland et se prolonge vers le nord-est depuis l'île du Prince-Patrick englobant toute l'île Axel-Heiberg et une grande partie de l'île Ellesmere. À certains endroits, il atteint 200 milles de largeur. Son sous-sol est formé de roches moyennement ou extrêmement plissées dont l'âge probable varie du protérozoïque au crétacé et au tertiaire. Il s'agit surtout de strates sédimentaires auxquelles se mêlent des roches métamorphiques et volcaniques.

On a identifié et nommé cinq zones de plissements à orientations diverses. Dans certaines zones, le plissement des strates est antérieur au silurien ; dans d'autres, il remonte au silurien et au dévonien, à la fin du paléozoïque et du crétacé et au début du tertiaire. Certaines zones semblent propices à la formation de combustibles d'origine minérale, d'autres à des gîtes métallifères ou non. Des roches granitiques ont été identifiées dans la partie nord. En plusieurs endroits, on a découvert de la houille dans des strates de diverses époques. Les filons les plus épais, repérés dans les îles Ellesmere et Axel-Heiberg, se trouvent dans des couches datant vraisemblablement du tertiaire. Les parties les moins déformées de l'orogène inuitien pourraient receler des venues de pétrole et de gaz. Plusieurs compagnies y font des recherches en ce sens. On a signalé la présence de plomb et de zinc dans l'île Little Cornwallis et de magnétite dans l'île Axel-Heiberg. Il y a aussi du gypse à divers endroits, dans des strates déposées durant plusieurs périodes du paléozoïque.

### Ouvrage à consulter

- Fortier, Y. O., McNair, A. H. et Thorsteinsson, R.  
« *Geology and petroleum possibilities in Canadian Arctic Islands* », *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. XXXVIII, n° 10, 1954.

## PLATEAUX CONTINENTAUX

On connaît depuis longtemps, grâce aux sondages, l'existence et les limites approximatives de plateaux continentaux au large des côtes du Pacifique et de l'Atlantique. On devait se rendre compte plus tard qu'ils se prolongent entre les îles de l'Arctique, à leur nord-ouest, ainsi que le long de la côte de l'île Baffin et qu'ils sont bordés par des talus assez escarpés plongeant dans l'Atlantique à des profondeurs de 100 à 200 brasses. Lors d'un congrès tenu récemment à Genève, il a été convenu de considérer ces talus (et non les lignes de rivage actuelles) comme étant les limites continentales du pays.

La présence possible de gîtes minéraux, d'une part, et de gîtes de pétrole et de gaz naturel dans les roches sous-jacentes, d'autre part, suscite un intérêt croissant. On sait aussi que des gîtes minéraux sont à se former à la surface de certains secteurs des plateaux. Contrairement aux zones

terrestres, on n'a pu recueillir qu'un très petit nombre de données géologiques sur la composition des roches sous-jacentes aux plateaux continentaux. Il va sans dire que les difficultés d'observation y sont plus grandes. Les levés géophysiques de diverses natures, les travaux de dragage et d'exploration sous-marine actuellement en cours devraient combler cette lacune. Leurs résultats indiquent déjà l'existence en plusieurs endroits sous les plateaux de conditions semblables à celles que l'on observe dans les zones terrestres avoisinantes. On signalait notamment des prolongements de failles et d'autres structures. Les fjords de la côte du Pacifique, par exemple, sont d'anciennes vallées creusées par les glaciers et noyées par la mer. On étudie présentement les prolongements vers le large de certains de ces fjords.

## EFFETS DE LA GLACIATION

Les glaciers, qui ont recouvert presque tout le Canada durant la période du pléistocène, ont fortement modifié la surface terrestre en emportant le sol résiduel, aplanissant et creusant les affleurements rocheux par l'action abrasive des roches retenues à la base des glaces en mouvement, en déposant des graviers, du sable, de l'argile et d'autres matériaux, soit sur le sol, soit dans les cours d'eau et les lacs nés de la fonte des glaces. C'est par l'étude du mouvement des glaces et des successions des dépôts glaciaires dans diverses régions que l'on a d'abord reconstitué ces phénomènes. Récemment, la datation par le radiocarbone des matériaux organiques contenus dans les dépôts plus récents du pléistocène a permis d'ajouter à nos connaissances en la matière. On a pu établir par exemple que le pléistocène a débuté il y a environ 1 500 000 ans, qu'il y a eu quatre époques principales de glaciation d'une durée de 100 000 ans chacune, séparées par des périodes interglaciaires (probablement plus longues que les époques glaciaires) durant lesquelles le climat était parfois plus chaud qu'il ne l'est présentement. On estime généralement que la période glaciaire s'est terminée il y a quelque 10 000 ans. Cela appelle toutefois des réserves, la glace n'ayant pas fondu en même temps sur toute la surface du pays. En certains endroits de l'Arctique et dans des régions élevées de la Cordillère, les conditions glaciaires existent encore. La plupart des

effets de la glaciation qu'on peut observer aujourd'hui datent de la dernière période. Malgré le froid qui sévissait alors, la glaciation n'a pas atteint la partie du Yukon que le massif de Saint-Élie (sommets les plus élevés du Canada) défendait contre les nuages humides du Pacifique. De même, certaines parties des îles de l'Arctique ont été épargnées ou n'ont été touchées que modérément par la glaciation. Au Yukon, cela a permis la conservation des placers aurifères exceptionnellement riches de la région du Klondike et, par la suite, leur exploitation relativement facile.

L'abrasion exercée sur la roche en place a été relativement minime, sauf dans la Cordillère où les glaciers de vallée ont grandement modifié la topographie des vallées du tertiaire y découpant les formes en « U » caractéristiques de la glaciation. La glaciation continentale a provoqué l'enlèvement de la plus grande partie des sols résiduels qui avaient dû être déposés durant le tertiaire ainsi que le dépôt de matériaux non consolidés dont l'épaisseur varie de quelques pouces à plus de 1 000 pieds. Certains de ces dépôts, appelés moraines, se composent de sable, de gravier et de blocs poussés par le glacier ou entraînés sur ses flancs (planche X A). D'autres sont formés de sable ou d'argile stratifié, déposé dans des cours d'eau ou des lacs qui ont recueilli les eaux de fonte des glaciers.

Le niveau des mers a connu de nombreuses fluctuations pendant et après le pléistocène. Au stade primaire, l'eau s'est retirée des océans pour former la glace; le poids énorme de plusieurs milliers de pieds de glace recouvrant des milliers de milles carrés a entraîné un affaissement relatif du continent. Après la fonte des glaces, consécutive au pléistocène, le sol s'exhaussa comme l'indiquent les plages et les terrasses suspendues le long du littoral et sur les rives des Grands Lacs et des îles de l'Arctique.

### *Ouvrages à consulter*

Prest, V. K. et coll.

*Glacial map of Canada*, Comm. géol. Canada, carte 1253A, 1968.

Prest, V. K.

*Geology of the soils of Canada*, dans *Soils in Canada*, Soc. roy. Canada, Publ. spéc. n° 3, 1961.

*Nomenclature of moraines and ice-floe features as applied to the glacial map of Canada*, Comm. géol. Canada, Document 67-57, 1968.

## la formation professionnelle

La nécessité d'assurer aux prospecteurs canadiens une véritable formation professionnelle s'est imposée il y a longtemps déjà. Nombre de programmes et de cours ont été mis sur pied dans maintes régions du pays. Des prospecteurs reconnaissent qu'ils n'auraient pu autrement faire certaines découvertes importantes. Sans doute les cours de prospection se multiplieront-ils à l'avenir dans les écoles techniques et celles qui dispensent l'enseignement aux adultes. Ci-après, vous trouverez une brève description des cours actuellement offerts et les noms des organismes ou maisons d'enseignement qui les dispensent. À tous ceux qui s'orientent vers la prospection et qui n'entendent pas emprunter la voie universitaire pour se spécialiser dans l'une ou l'autre branche de cette discipline, nous recommandons très fortement de suivre l'un de ces cours. Les renseignements que nous donnons ici sont d'ordre général. La matière d'un cours peut varier selon les années, le programme peut être modifié. En outre, on comprend qu'il nous a été impossible de recenser tous les organismes pendant que nous nous consacrons à la rédaction du présent ouvrage.

Il en est qui seront empêchés par les circonstances d'assister à de tels cours ou même d'en suivre par correspondance. À leur intention, nous offrons quelques suggestions leur permettant d'ajouter par eux-mêmes aux connaissances qu'ils auront puisées ici.

### COURS RÉGULIERS

Un certain nombre d'écoles secondaires et techniques ont inscrit à leur programme régulier des cours de minéralogie ou de géologie élémentaire. Certaines les donnent le soir également. Ces cours ne comprennent habituellement pas l'enseignement de la prospection comme telle. Il existe, en plusieurs endroits, des cours techniques de niveau intermédiaire entre le secondaire et l'universitaire ; mais la situation varie à cet égard selon les années et les organismes. Les renseignements ci-après n'indiquent, il va sans dire, que ceux offerts au moment de la rédaction de cet ouvrage.

En Ontario, au moins trois établissements d'enseignement offrent des cours en certaines disciplines reliées à la

prospection. Ils sont moins élaborés et moins longs que ceux dispensés dans les universités. À l'Institute of Mining d'Haileybury (Ontario), on peut suivre un cours de deux à trois ans en exploitation minière et sujets connexes si l'on détient un diplôme de 12<sup>e</sup> année ou son équivalent en anglais, histoire, mathématiques et sciences. L'Université Lakehead, à Thunder Bay, offre la première année du baccalauréat — sciences (B.Sc.) en géologie et en génie minier, et des cours spéciaux d'arpentage, de cartographie, de prospection au sol et de géologie. Le Cambrian College, à Sault-Sainte-Marie, forme des techniciens en géologie. Le programme s'étend sur deux ans et embrasse la géologie, la minéralogie, la géologie économique, la géophysique, la géochimie, l'arpentage et le dessin.

Au Northern Alberta Institute of Technology d'Edmonton, on enseigne la géologie, la minéralogie, le dessin et diverses autres matières. Le programme est d'une durée de deux ans.

Le College of Trades and Technology, à Saint-Jean (Terre-Neuve), offre un programme d'études en certaines techniques et disciplines : identification des roches et des minéraux, géologie, géophysique et géochimie appliquées.

Le British Columbia Institute of Technology, 3700 Willingdon Ave., Burnaby (2), offre des cours de géologie, d'exploitation minière, de chimie, de prospection géophysique, et d'arpentage.

### COURS ABRÉGÉS

Dans plusieurs provinces, ainsi que dans les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon, on offre chaque année des cours à l'intention des prospecteurs et de ceux qu'intéresse la prospection. Nombreux sont ceux qui les suivent assidûment depuis plusieurs années ; ce qui confirme l'intérêt qu'ils suscitent. Les cours diffèrent d'une province à l'autre et d'une année à l'autre ; règle générale, ils se donnent durant l'hiver et durent quelques semaines. Certains ne se donnent que le soir, d'autres l'après-midi et le soir. Ils sont gratuits dans la plupart des cas. Selon les provinces, ils sont donnés dans une ou plusieurs villes. Il s'agit d'ordinaire de causeries sur la géologie, les méthodes de prospection et divers autres sujets connexes ; on y apprend à reconnaître les principaux minéraux et roches par l'étude de spécimens. Ceux qui souhaitent s'orienter vers la prospection feraient bien de s'y inscrire, même au prix d'un déplacement ou d'un congé d'une semaine ou deux. Voici, en bref, les renseignements dont nous disposons à ce sujet.

#### *Alberta*

À Edmonton, les cours sont organisés conjointement par l'Université de l'Alberta, la Chambre des Mines et Ressources de l'Alberta et du Nord-Ouest (10060, 100<sup>e</sup> rue, Edmonton) et la section locale du Canadian Institute of Mining and Metallurgy. Ils se donnent durant l'hiver.

### Colombie-Britannique

À Vancouver, la Chambre des Mines de la Colombie-Britannique et du Yukon, de concert avec le Service d'éducation des adultes de la Commission scolaire de Vancouver, l'Université de la Colombie-Britannique et le ministère des Mines et des Ressources pétrolières de la Colombie-Britannique, offre depuis nombre d'années des cours en ce domaine. Depuis leur inauguration, en 1918, quelque 7 000 personnes les ont suivis. Au cours des dernières années, ils se donnaient deux soirs par semaine pendant trois mois et demi à partir d'octobre. On y enseigne la géologie, la minéralogie, l'exploitation minière et les techniques de prospection. Le ministère des Mines et des Ressources pétrolières de la province offre également des cours dans d'autres localités, sur demande.

### Manitoba

À Winnipeg, l'institut des cours du soir de l'Université du Manitoba offre un enseignement en des matières reliées à la prospection.

### Nouvelle-Écosse

La Mining Society et le ministère des Mines de la Nouvelle-Écosse ont mis sur pied un cours destiné aux prospecteurs. Il est dispensé dans deux villes de la province pendant six semaines environ. Il consiste en onze leçons où alternent conférences et travaux de laboratoire.

### Ontario

Dès la fin du siècle dernier, l'Ontario instituait des cours de prospection. Depuis quelques années, le ministère des Mines de l'Ontario, seul ou de concert avec certains organismes, en offre à Thunder Bay, Manitowadge et Toronto. À Toronto, ils sont organisés conjointement par le ministère des Mines et par la Prospectors and Developers Association. Ils comportent deux niveaux : initiation et perfectionnement. Des cours d'une semaine sont offerts depuis peu dans le nord-ouest de l'Ontario sous les auspices du ministère provincial des Mines et du ministère fédéral des Affaires indiennes et du Nord canadien. Le ministère des Mines de l'Ontario ajoutait récemment à ses programmes un court stage de prospection sur le terrain.

### Québec

Le ministère des Richesses naturelles du Québec tient, dans plusieurs villes, des classes pour débutants et pour prospecteurs qui ont déjà un certain métier. Les cours se donnent en anglais ou en français, selon la langue maternelle de la majorité des étudiants. Également, chaque printemps, il organise deux cours de prospection d'une durée de 4 à 5 semaines (150 heures) donnés à l'Université Laval de Québec et à l'École Polytechnique de l'Université de Montréal. Celui de l'École Polytechnique comporte l'étude de la minéralogie, de la géologie, de la

législation minière et des techniques de prospection. Durant les périodes de laboratoire, on utilise le français comme l'anglais. Récemment, un cours de sept semaines était inauguré à l'École Polytechnique en vue de former des techniciens pour des travaux de prospection exigeants et complexes.

### Saskatchewan

Un cours de trois semaines environ a été présenté à La Ronge, à l'initiative du ministère des Ressources minérales. Également, il a organisé un cours d'une semaine au pénitencier de Prince-Albert.

### Yukon

Chaque année la Chamber of Mines du Yukon offre un cours à Whitehorse. Au cours des dernières années, il était donné par le géologue résident de la Commission géologique du Canada et des spécialistes invités. On s'y initie aux éléments de la géologie et aux techniques de base de la prospection. En 1968, un cours moins élaboré a été donné à Mayo, par le géologue résident.

## COURS PAR CORRESPONDANCE

Le ministère de l'Éducation de la Colombie-Britannique offre d'excellents cours par correspondance sur la géologie et la prospection à tous ceux, jeunes et adultes, qui ont complété une 10<sup>e</sup> année. Les étudiants du même niveau des autres provinces sont acceptés, sauf si des difficultés devaient gêner l'efficacité de l'enseignement. Le cours comporte une série de vingt monographies très claires et bien illustrées, accompagnées d'épreuves à retourner pour correction. Il ne s'agit pas de la réédition d'un cours de géologie déjà donné, mais d'un cours entièrement nouveau préparé en 1964. Les demandes de renseignements doivent être adressées au Directeur de l'enseignement secondaire par correspondance, 546 Michigan St., Victoria (C.-B.).

La Direction des services de bien-être du ministère des Affaires des anciens combattants, à Ottawa, offre un cours de prospection par correspondance. Il s'agit de brochures qui sont intitulées : *Géologie et Minéralogie*, *Prospection*, *Technique minière pratique*, et *La prospection et l'industrie minière*. Elles ont été établies par les services d'éducation de la Légion canadienne, avec l'aide de la Commission géologique du Canada. Le cours s'adresse aux anciens combattants des Forces canadiennes, aux fonctionnaires fédéraux et aux détenus des pénitenciers.

## ÉTUDES PERSONNELLES

Suivre des cours de prospection n'est pas tout. Les travaux et les recherches personnels sont tout aussi indispensables. Les études personnelles sont d'autant plus nécessaires à ceux qui ne sont inscrits à aucun cours.

Naturellement, tout le monde n'a pas les mêmes aptitudes pour le travail intellectuel. Il existe de bons prospecteurs qui n'ont guère de connaissances livresques. Ils seraient cependant les premiers à reconnaître les mérites de la formation théorique si on l'appuie sur l'expérience, le bon sens et le sens de l'effort. Nous espérons que le présent ouvrage sera un manuel d'initiation utile ; il ne saurait cependant contenir tout ce qu'un prospecteur compétent doit savoir. Voici donc quelques suggestions visant à faciliter la recherche personnelle :

1) Étudier les règlements relatifs au jalonnage et aux questions connexes, en vigueur dans la province où l'on exerce son activité. Des exemplaires de ces règlements existent aux bureaux du registraire des mines, au bureau central du ministère provincial des Mines ainsi qu'à d'autres bureaux institués aux mêmes fins. Certaines provinces publient des brochures qui expliquent clairement ces règlements. Ces derniers figurent aussi aux recueils officiels des lois provinciales.

2) Les ministères fédéral et provinciaux offrent divers services utiles : publications, identification de spécimens de minéraux et analyses d'échantillons. Il faut savoir les utiliser. Naturellement, on ne peut s'attendre à ce que ces ministères analysent et identifient tous les spécimens de minéraux ou de roches que rencontrent les prospecteurs novices. Par contre, ils peuvent rendre de grands services au prospecteur qui aurait découvert un gîte qui pourrait se révéler exploitable. Il faut cependant adresser ses envois correctement. Des retards surviennent parce que les spécimens ou échantillons ont été envoyés au mauvais service ou au mauvais organisme ; que l'expertise demandée n'est pas du ressort d'un organisme gouvernemental ; ou que l'envoi est mal adressé. Un prospecteur efficace doit savoir comment procéder en cette matière (chapitres VIII et XVII). Lettres et colis doivent toujours être adressés au nom de l'organisme et non à un fonctionnaire en particulier, même si on le connaît personnellement ou si l'on a vu son nom au bas d'un rapport. Cette personne peut être absente, avoir quitté son emploi ; le problème soumis peut n'être pas de son domaine. Par exemple, il nous est personnellement arrivé de recevoir des lettres adressées à notre bureau, qu'on avait fait suivre là où nous effectuions des travaux sur le terrain. On nous demandait copies d'un rapport, cartes ou publications. Nous les avons retournées au bureau central, où les demandes auraient pu être satisfaites dans la journée. Il aurait suffi d'adresser les lettres à la Commission géologique du Canada, Ottawa (Ontario).

3) Se procurer un ouvrage de bonne qualité sur la minéralogie ainsi qu'une collection de minéraux et de roches communs afin d'en arriver à les identifier sans hésitation.

4) Lire les publications recommandées, dont un traité élémentaire de géologie ainsi que *Géologie et ressources minérales du Canada*. Nous en indiquons nombre d'autres à la fin des chapitres du présent ouvrage. Plusieurs sont épuisées. D'autre part, certains articles n'ont paru que

dans des revues techniques. On les trouve cependant dans les bibliothèques.

5) S'abonner à un journal ou à un magazine miniers, au moins. On y traite parfois de prospection ; on y trouve aussi des renseignements précieux sur les minéraux les plus recherchés, le prix des métaux et minéraux et les régions où la prospection et l'exploitation minières sont actives.

6) Le prospecteur qui se consacrait à la recherche d'un seul métal ou minéral, ne serait-ce que provisoirement, devrait consulter un ou des ouvrages qui en traitent, s'il en existe. On peut se procurer les publications les plus récentes en s'adressant aux ministères fédéral ou provinciaux des Mines.

7) Il importe de se procurer les cartes et rapport géologiques appropriés ou consulter ceux d'une bibliothèque avant de songer à prospecter même sa propre région.

Le prospecteur devrait assister aux assemblées de la Prospectors and Developers Association, par exemple, où l'on présente des études et des cours sur nombre de sujets touchant la prospection.

## APPRENTISSAGE SUR LE TERRAIN

Les lectures, si nombreuses soient-elles, ne sauraient remplacer l'expérience pratique. Le novice dispose de deux bons moyens pour en acquérir rapidement : se mettre pour au moins une saison au service d'une compagnie (certaines emploient des gens inexpérimentés et voient à leur formation), ou s'associer à un prospecteur de métier. On apprend de la sorte à maîtriser non seulement les aspects techniques de la prospection mais, ce qui importe autant, à voyager et à vivre dans les régions inhabitées.

Plusieurs entreprises prennent des prospecteurs à leur emploi, d'autres assurent le financement de prospecteurs expérimentés qui restent libres d'exploiter à leur guise. Quelques-uns d'entre eux s'adjoignent un novice et l'initient aux trucs du métier. S'il s'agit de travaux de prospection sur des concessions étendues ou des groupes de claims ou encore dans une grande zone non jalonnée, certaines sociétés forment des équipes de prospection méthodique, d'arpentage, de cartographie géologique, ou de prospection géophysique ou géochimique. Elles sont dirigées par des scientifiques ou des ingénieurs aidés de prospecteurs expérimentés d'une part et, d'autre part, d'étudiants ou travailleurs habitant la région et qu'on forme à la tâche. Les journaux miniers font état des emplois disponibles. On peut aussi s'adresser aux Centres de main-d'œuvre du Canada ou à d'autres services de placement.

L'observation attentive des roches et des minéraux se trouvant dans les environs de chez soi ou dans les localités qu'on visite est aussi une source d'expérience. Il est très important de se familiariser avec les roches et les minéraux en place, car certaines particularités de structure et d'altération ne s'observent bien que sur les affleu-

rements mêmes. Également, il faut être en mesure de reconnaître les gîtes minéraux que l'on rencontrerait, de les explorer, et de déterminer si leur étendue justifie des recherches plus poussées. La visite de gîtes abandonnés, repérés à l'aide de cartes et de rapports géologiques et celle de gîtes probables qui font l'objet d'un examen, sont d'excellents moyens de s'initier à ces questions. Il est rare que les mines en production soient ouvertes aux visiteurs, mais les propriétaires de terrains où les recherches ne sont qu'amorcées permettent souvent aux prospecteurs d'examiner les affleurements minéralisés. En 1969, le ministère des Mines de l'Ontario publiait une liste des mines

en exploitation dans la province où les visites étaient autorisées; à tout le moins celles des installations de surface.

Le ministère des Mines de la Colombie-Britannique, celui des Ressources naturelles de la Saskatchewan et l'Administration des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon offrent aide et direction aux prospecteurs sur le terrain (annexe VII). En marge de ces programmes de formation officiels, des chefs d'équipe de la Commission géologique et d'autres fonctionnaires des gouvernements fédéral et provinciaux ont toujours aidé de leurs conseils les prospecteurs rencontrés sur le terrain.

## le matériel et les déplacements

Prospection et séjours en forêt, en montagne ou en brousse sont indissociables. C'est pourquoi nous consacrons le présent chapitre aux provisions, au matériel de camping et de prospection, à l'équipement nécessaire aux déplacements ainsi qu'aux connaissances essentielles à la vie en forêt. Il s'adresse aux débutants, mais aussi aux prospecteurs expérimentés qui pourront en tirer quelques renseignements utiles. Outre la hache, le marteau et certains autres outils de base, les besoins varient selon les individus, les régions et les types de prospection. Il existe une multitude de publications sur la pêche, la chasse, la forêt, où les intéressés trouveront nombre d'informations que nous ne pouvons fournir ici sans allonger indûment ce chapitre. Notre propos se rattachant à la prospection classique, nous traitons essentiellement de la prospection « en brousse ». Il ne sera donc pas question de matériel, de vêtements, de baraquements mototractés appropriés aux séjours dans l'Arctique, dans les régions très éloignées ou en haute montagne. En toutes circonstances cependant, nous croyons devoir insister sur la nécessité d'une préparation minutieuse, sauf, évidemment, si l'on prospecte à peu de distance de chez soi ou près d'un grand centre, où logement, provisions et équipement sont facile d'accès.

Quelques remarques, intéressant tous les types de matériel, s'imposent d'abord. En toutes circonstances il faut trouver le juste milieu entre qualité et quantité. De façon générale, l'équipement bon marché ne résiste pas au traitement qu'il est appelé à subir ; par contre les articles très chers constituent un luxe inutile. L'équipement ordinaire mais de bonne qualité est tout à fait approprié. Quant à déterminer le matériel à emporter, l'expérience enseigne qu'il faut viser à s'assurer un confort suffisant pour garantir l'efficacité du travail, sans s'encombrer d'outils ou de bagages inutiles qui gêneraient les déplacements. Signalons en outre que si certains articles peuvent être achetés à meilleur compte dans les grands centres, il est souvent préférable de se procurer vêtements, provisions, ustensiles et outils ordinaires (marteaux, pelles, haches et parfois les canots) dans la localité d'où l'expédition partira. Les raisons en sont simples : on évite des frais de transport et le marchand local peut donner d'utiles conseils. On prendra soin de se renseigner à l'avance sur

le prix et la disponibilité des articles dont on aura besoin. Si l'on ne connaît pas de nom de commerçant, la lettre peut être adressée au maître de poste de la localité, en le priant de la transmettre à qui de droit.

Rares sont les prospecteurs qui ont les moyens d'engager sur place un fournisseur ou un guide. Chaque fois que la chose est possible cependant, cela facilite la tâche du prospecteur, surtout du débutant.

Les services administratifs ne peuvent recommander des entreprises ou des commerçants particuliers. Aussi, la présente brochure ne renferme-t-elle aucun renseignement de cette nature. On en trouvera dans les annonces que publient les journaux et magazines miniers, ou dans un annuaire téléphonique sous les rubriques : articles de sport, matériel de camping, quincaillerie, articles miniers, matériel de laboratoire et scientifique.

### VÊTEMENTS ET MATÉRIEL EN GÉNÉRAL

Il n'est pas indispensable de se pourvoir de vêtements ou d'équipement spéciaux. Quiconque travaille à l'extérieur ou pratique des sports de plein air possède déjà l'essentiel. La liste qui suit ne vise pas à une énumération complète de tous les articles nécessaires, mais elle renseignera les débutants ou les personnes peu familiarisées sur certaines questions qui peuvent avoir leur importance.

#### *Chaussures*

On ne saurait trop souligner l'importance d'avoir de bonnes chaussettes et d'excellentes chaussures. Les chaussettes doivent être de laine, mi-grosse ou grosse, et bien ajustées. Sauf pour les voyages très courts, il faut emporter de trois à six paires de chaussettes.

Il existe plusieurs sortes de chaussures, chacune présentant des avantages dans certaines circonstances, le choix étant surtout question de préférence personnelle. Il importe avant tout d'éviter les chaussures basses, à cause du risque d'entorses. Elles doivent comporter des semelles assez épaisses pour bien protéger le pied lorsqu'on marche sur des roches rugueuses, et être bien ajustées au talon. En même temps, la chaussure doit être assez grande pour permettre au pied de s'étendre lorsqu'on marche beaucoup surtout en portant des charges. Il y a quelques années, les hautes bottes en cuir étaient très en vogue, mais la plupart des trappeurs, chasseurs et prospecteurs portent maintenant des bottines qui montent tout juste au-dessus de la cheville. Les bottes plus hautes peuvent être indiquées dans quelques régions du sud de la Colombie-Britannique et de l'Alberta, à cause des serpents à sonnettes, et dans certaines parties du Bouclier canadien, où l'on trouve beaucoup de « bois de savane » ou de « thé du Labrador » (arbrisseaux épais à hauteur du genou qui lacèrent les vêtements et les jambes). Pour presque toutes les régions du Bouclier canadien, on conseille une solide bottine de cuir à semelles de néoprène, pas trop lourde, qui monte juste au-dessus de la cheville ; ou encore, une bottine de huit pouces de hauteur ou plus, en caoutchouc jusqu'à la

hauteur de la cheville et munie de tiges en cuir cousues et collées au caoutchouc. L'inconvénient est qu'elle n'est pas confortable par temps très chaud. Certaines marques de chaussures de ce genre sont faites de cuir trop rigide et trop lourd qui cause une irritation aux talons ou à la cheville. Les meilleures, parfois appelées bottes de chasse, sont munies de tiges en cuir souple et léger. Ce dernier type exige d'épaisses semelles intérieures en feutre, pour absorber la transpiration. On suggère d'en apporter une paire de rechange comme il arrive fréquemment de les mouiller. Les semelles de crêpe de caoutchouc s'usent rapidement sur le roc, mais conviennent assez bien par ailleurs. Les semelles en cuir sont trop glissantes si elles ne sont pas cloutées. Par contre, pour ceux qui ont à voyager en canot ou à poser le pied sur un flotteur d'hydravion, les clous sont à proscrire. Les semelles en néoprène conviennent presque partout, notamment dans tout le Bouclier canadien, même si des semelles de cuir cloutées sont nécessaires en haute montagne. Dans les régions accidentées ou montagneuses, les chaussures doivent comporter de solides renforts de chaque côté du talon afin de prévenir la déformation des chaussures par la marche à flanc de coteau. La chaussure à coutures genre mocassin à l'extrémité du pied s'use rapidement en terrain broussailleux. Règle générale, une bonne paire de chaussures en cuir fera la saison dans le Bouclier. La paire de rechange sera une bonne chaussure de chasse. En montagne, on peut user deux paires de bonnes chaussures de cuir en une saison, si l'on passe beaucoup de temps à grimper sur des rochers ou des pentes d'éboulis.

Il faut éviter de les mettre à sécher trop près d'un poêle ou d'un feu, car elles risquent d'être endommagées ou brûlées. Pour en accélérer le séchage à l'intérieur, on place des cailloux chauffés à l'intérieur de la bottine. Après le séchage, le cuir doit être frotté avec du dégras ou une autre graisse ou huile hydrofuge. On se gardera d'utiliser à cette fin des matières grasses qui contiennent du sel, par exemple du beurre ou de la graisse de bacon, car le sel abîme le cuir. On recommande l'utilisation de chaussures légères dans le camp et pour les longs voyages en canot. À cette fin, nombre de broussards préfèrent les mocassins indiens achetés sur place et portent, par-dessus, des caoutchoucs spéciaux pour mocassins lorsque c'est nécessaire. D'autres n'aiment pas les mocassins dont le talon n'est pas surélevé.

#### *Sous-vêtements*

Deux ensembles de sous-vêtements de laine sont considérés comme essentiels pour un voyage qui doit durer plus de quelques jours. Presque partout au Canada, il peut faire froid même en été. Par conséquent, les sous-vêtements de laine sont à conseiller non seulement parce qu'ils sont chauds mais aussi parce qu'ils absorbent la transpiration.

#### *Pantalons*

En été, la plupart des hommes des bois portent le pantalon ordinaire de coton croisé, kaki ou bleu, mais



H. H. Beach 88093

Planche XLIII A. Vêtements de campagne et façon courante de charger des sacs à dos. Les objets les plus lourds sont placés à l'intérieur et les sacs de couchage, plus légers, sont portés par-dessus. L'homme de gauche utilise une sangle frontale ainsi que des bandoulières.



A. H. Lang 89561

Planche XLIII B. Façon de porter à dos des fardeaux sur cadre de charge au lieu de les placer dans des sacs.

dans les régions où il pleut fréquemment ou dans les régions broussailleuses, ils portent le pantalon de grosse toile.

#### *Vareuses*

Il faut absolument apporter une vareuse imperméable et qui protège du vent. Elle ne doit être ni de caoutchouc,



ni de plastique ou de toile cirée ; ces tissus ne permettent pas l'évaporation de la sueur pendant le travail ou la marche. Un léger blouson ou parka, aisément transportable, convient bien pour les journées chaudes. Par temps frais ou pluvieux, une vareuse de grosse toile, appelée « bone dry », convient mieux. On ferait bien d'emporter avec soi et le blouson, et la vareuse de grosse toile.

Dans certaines conditions, il est bon aussi d'avoir un manteau en toile huilée ou un deux-pièces imperméable. Ceux en matière plastique sont très utiles soit au camp, soit dans les déplacements en canot, en bateau ou à cheval. Ils sont légers, compacts et peu coûteux.

#### *Chandails, chapeaux, gants*

Un ou plusieurs chandails ou chemises de laine épaisse sont nécessaires, de même que des gants ou des mitaines. Dans certaines régions du Canada, il faut se prémunir contre le froid en toutes saisons. En outre des gants épais protégeront les mains pour les travaux rudes, tel que l'enlèvement de gros quartiers de roc d'une tranchée. Certains préfèrent alors les gants de travail imperméables. La plupart des prospecteurs portent un chapeau ou une casquette, pour se protéger du soleil ou de la pluie.

#### *Trousse de couture*

Pour les longs voyages, il est bon d'emporter des aiguilles, du fil, de la laine à repriser et des boutons de rechange.

#### *Couchage*

De façon générale, les sacs de couchage sont préférés aux couvertures. Un bon équipement de couchage pour l'été consiste en un sac léger et une couverture qu'on peut plier en deux, glisser sous le sac durant les nuits douces ou étendre à l'intérieur du sac pendant les nuits froides. Même si l'on utilise un sac de couchage, il est bon d'avoir une grosse toile de 6 à 8 pieds de côté qu'on plie par-dessous et par-dessus le lit, à moins que l'on ne couche dans une tente à tapis de sol en grosse toile. Les petits matelas pneumatiques sont peu chers et très confortables, mais ils sont gênants si l'on doit porter les charges sur le dos. Une moustiquaire est nécessaire pour se protéger des insectes au cours de la nuit. Elles sont légères, bon marché et peuvent être roulées en un très petit paquet.

#### *Tentes*

On conseille d'utiliser une tente dans la plupart des cas. La plus en vogue pour les régions boisées est la tente en « A » avec murs de 2 à 4 pieds de haut et toit triangulaire ; dans le cas d'une tente très petite et légère, les murs de côté sont supprimés. Les dimensions ordinaires d'une tente pour un ou deux hommes est de sept pieds sur neuf, ou de huit pieds sur dix (aire de plancher). La tente pyramidale, à mât unique, est préférable pour les régions où le bois est rare ou pour les régions où les mâts métalliques télescopiques sont indispensables. Les tentes en toile ne coûtent pas cher. Les tentes en coton traité (dites tentes en soie), plus onéreuses, sont par

contre plus légères et plus compactes. Pour le sommeil les tentes vertes ou kaki sont préférables aux blanches. Celles-ci cependant, comme celles de teinte orange, en nylon fluorescent, se voient plus facilement du haut des airs. Les tentes munies de tapis de sol en toile incorporés et de battants garde-mouches en gaze assurent le maximum de protection contre les mouches, les moustiques et autres insectes, mais on ne peut y employer un poêle à bois. Un léger double toit en « soie », qu'on étend au-dessus de la tente, prévient les infiltrations et assure une protection contre un soleil trop ardent. On l'utilise à la place de la tente lors des voyages de courte durée.

#### *Bâches*

Également, de petites bâches en grosse toile peuvent constituer des abris ou recouvrir le matériel, le bois de chauffage, et *cetera*. Pour les brèves excursions, quelques verges de feuille de plastique mince, qu'on trouve à bon compte dans les grands magasins, peuvent remplacer les bâches.

#### *Poêle*

Un feu de camp suffit pour les courts voyages. Autrement, pour réchauffer ou sécher la tente il faut un petit poêle. Il en existe en feuillard d'acier de dimensions et de poids divers, démontables ou non. Ces derniers sont plus compacts mais sont parfois difficiles à remonter après quelque temps. Il faut déposer dans le fond du foyer environ deux pouces de sable ou de terre afin de ne pas brûler le métal. Si le poêle est muni d'un four, il est bon de placer un peu de sable ou de terre entre le sommet du four et celui du poêle pour conserver la chaleur.

On utilise un réchaud à essence ou « Primus » lorsque le bois est difficile ou impossible à trouver. Certains campeurs préfèrent le réchaud à essence, même dans les régions boisées.

#### *Scie*

On trouvera utile d'avoir une scie pour s'assurer de bois de chauffage et pour exécuter divers autres travaux autour du camp. On peut fabriquer une scie légère en fixant de solides anneaux d'environ un pouce et demi de diamètre aux extrémités d'une lame de scie à bûches. Une perche en bois vert, d'environ un pied plus longue que la lame et dont les extrémités s'insèrent dans les anneaux, assure la tension de la lame et facilite le manie-ment de la scie.

#### *Sacs fourre-tout, sacs à dos, et cetera*

Pour le transport de menus articles le havresac ou le sac à dos sont presque indispensables. Le havresac est commode en ce sens que les objets sont plus à la portée de la main ; mais comme il se porte sur l'épaule, il a l'inconvénient de s'accrocher aux branches, et *cetera*. Le sac à dos suspendu aux deux épaules convient mieux à tous égards. Son seul inconvénient est qu'il faut le déposer chaque fois que l'on désire en retirer quelque chose.

On utilise généralement les sacs fourre-tout ou sacs à dos en grosse toile pour ranger et transporter le matériel de camp et les vêtements de rechange. Nombre de prospecteurs préfèrent au sac à dos une armature à laquelle ils attachent les articles à transporter.

#### *Sacs à provisions*

Les sacs en grosse toile ont le grand avantage de protéger les aliments contre l'humidité et de maintenir en bon état les sacs en tissus léger ou en papier qui renferment ces aliments. On en trouve de différentes grandeurs, depuis les sacs de cinquante livres pour la farine jusqu'au sac d'une livre pour les menus paquets. On peut se les procurer déjà hydrofugés à la paraffine, ce qui les rend encore plus imperméables. On peut aussi les traiter soi-même ou traiter d'autres articles en toile, par un badiage à la paraffine dissoute dans la benzine pure ou de l'essence.

#### *Éclairage, allumettes, et cetera*

Sauf dans le nord, à la mi-été, une lampe de poche est presque indispensable. Pour l'éclairage des tentes, on emporte habituellement des chandelles mais on trouve souvent dans les équipements assez élaborés de petites lanternes à essence. Il faut toujours emporter avec soi au moins un briquet ou un garde-allumettes. On peut facilement acheter de bons garde-allumettes ou même en improviser en plaçant des allumettes dans une boîte en fer-blanc scellée à l'aide de ruban adhésif ou en enduisant de cire fondue l'intérieur d'une boîte d'allumettes. On peut aussi hydrofuger les têtes d'allumettes en les trempant dans de la gomme laque. Il faut aussi répartir les réserves d'allumettes hydrofugées ou ordinaires en divers contenants hermétiques entre plusieurs pièces de bagages de sorte que, si l'on en perd une, il reste toujours une provision d'allumettes.

#### *Engins de pêche*

Dans la plupart des régions, il est bon d'emporter au moins quelques articles de pêche pour prendre du poisson. Cela variera le menu. Les cannes ou autres engins compliqués ne sont pas nécessaires. Quelques hameçons, des appâts et des lignes de pêche à la cuillère sont à peu près tout ce qu'il faut. Si l'excursion doit être prolongée, on peut ajouter un petit filet.

#### *Armes à feu*

Il y a très peu de régions au Canada où les armes à feu sont nécessaires pour fins de protection. Les risques d'accidents par armes à feu sont plus grands que le danger d'être attaqué par une bête sauvage. En certains lieux, une carabine permettra de se procurer du gibier ou de tuer des ours noirs. Ils sont cause d'ennuis parfois, même s'ils ne s'attaquent pas aux humains.

Les prospecteurs doivent se renseigner sur les lois locales régissant la chasse. Pour cela, on s'adressera aux gardes-chasses locaux ou aux ministères provinciaux pertinents ou, dans le cas des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon, aux bureaux d'administration de ces territoi-

res. Dans certaines parties du pays, on peut transporter un fusil sans permis ; il faut cependant un permis spécial, généralement difficile à obtenir, pour porter un revolver ou un pistolet.

#### *Trousse de premiers soins*

On gardera toujours sur soi une petite trousse de premiers soins. Il peut s'agir d'une trousse préparée par les besoins de chacun ou d'une trousse achetée. Dans ce dernier cas cependant, il faut habituellement y ajouter quelques médicaments courants parce que la plupart de ces trousses sont destinées à servir en cas d'accident plutôt qu'en cas de maladie. Cela est en sus d'une trousse complète qui reste au camp.

#### *Corde et fil métallique*

Il est indiqué d'emporter environ 50 pieds de corde légère mais très résistante, par exemple de la corde à fenêtre et une petite bobine de fil fin de laiton, du type utilisé dans la fabrication des collets pour attraper les lièvres. Cela sert à la réparation d'objets divers, mais aussi, en cas d'urgence à se procurer de la nourriture. Il peut être utile d'emporter également un peu de fil métallique comme celui qu'on emploie pour fixer les tuyaux de poêle ou botteler le foin. Sauf lorsqu'il s'agit de très brèves sorties, il est toujours bon d'avoir avec soi des pinces ou tenailles.

#### *Divers*

On sera bien avisés de se pourvoir de clous et de rivets pour réparer le matériel et pour monter le camp (dans ce cas il faut des clous de deux et de quatre pouces). Également, on se procurera un rouleau de ruban isolant.

Il est indispensable d'emporter au moins un couteau, et on fera bien d'en avoir un de rechange. Le choix entre un couteau de poche et un couteau de chasse gainé est vraiment matière de goût. Pour les longues sorties, il y a lieu d'emporter une petite pierre à affûter.

Ceux qui ne peuvent voir sans lunettes devraient en emporter une paire de rechange sans compter les lunettes de soleil, souvent nécessaires en montagne et utiles ailleurs. Lorsqu'on prélève des échantillons ou que l'on effectue des forages, l'usage de lunettes de travail constitue un moyen efficace et peu onéreux d'éviter des blessures.

### PROTECTION CONTRE LES MOUCHES ET LES MARINGOUINS

En été, les maringouins, les mouches noires et autres insectes sont un fléau, presque partout au Canada. Dans certains endroits, ils abondent au point que même les campeurs les plus expérimentés doivent s'en garder. Pour empêcher que les produits insecticides abîment les yeux, on ne devrait pas s'en enduire le front ; on peut toutefois en répandre sous le rebord du chapeau ou de la casquette.

Sauf pour les sorties de très courte durée, il faudrait emporter un insecticide à vaporiser, ainsi qu'un petit vaporisateur ou une « bombe » contenant un insecticide sous pression qui serviront sous la tente. Il ne s'agit pas d'un « luxe » ; il ne faut pas oublier qu'une existence trop rude nuit à la qualité du travail d'un prospecteur.

### PROVISIONS

Le choix des provisions varie grandement selon le mode de transport et la durée du voyage. Dans bien des cas, la question des provisions est fort simple. Soulignons seulement la seule nécessité de réserves en cas de besoin. Quel que soit le genre de voyage que l'on entreprenne, il serait imprudent de compter sur le poisson ou le gibier ; il faut toujours emporter une quantité suffisante de vivres et ne considérer le poisson ou le gibier que comme des suppléments.

S'il s'agit de longues tournées, il ne faut pas s'encombrer de provisions lourdes telles que les conserves de fruits et de légumes, surtout si l'on peut se ravitailler facilement en cours de route. N'emportez que ce qu'il faut d'aliments périssables pour manger durant les quelques premiers jours. Le campeur expérimenté peut vivre assez longtemps d'une petite quantité d'aliments de base qui se conservent bien : farine, bacon, poudre à pâte, haricots, sel, fruits déshydratés et thé, qui constituent un régime assez bien équilibré. Toutefois, lorsque la chose est possible, il y a lieu d'emporter quelques vivres supplémentaires pour varier le régime. La liste qui suit peut servir de base à la ration d'un homme pendant un mois :

Farine .....	25 livres
Poudre à pâte .....	1 livre
Farine d'avoine (à cuisson rapide) .....	6 livres
Haricots secs .....	5 livres
Riz .....	5 livres
Pommes de terre déshydratées .....	4 livres
Légumes (carottes, navets, haricots déshydratés) .....	4 livres
Bacon et jambon .....	20 livres
Fromage .....	3 livres
Œufs en poudre .....	1 livre
Sucre .....	15 livres
Thé .....	1 livre
Café .....	3 livres
Chocolat (mi-sucré pour collations et imprévus) .....	2 livres
Lait (entier en poudre) .....	3 livres
Sel .....	1 livre
Fruits (pruneaux, pêches, pommes, abricots, figures, raisins, <i>et cetera</i> , déshydratés)....	6 livres
Beurre (en boîte métallique) .....	4 livres
Confiture, sirop, miel .....	5 livres
Poudres à bouillies (puddings préparés) ....	2 livres
Mélanges de soupes déshydratées .....	1 livre
Levure .....	—
Oranges .....	1 douzaine
Conserves de fruits .....	6 boîtes
Conserves de saucisses ou de bœuf .....	6 boîtes

Poivre et autres épices au choix .....	—
Saindoux (ou succédané) .....	2 livres
Bougies .....	6
Allumettes (les mettre dans deux ou plusieurs contenants hermétiques, répartis entre plusieurs paquets en cas de perte de l'un d'eux) .....	—
Petits sacs en plastique (pour envelopper les collations) .....	—
Savon, y compris savon de toilette et savon de lessive, flocons de savon ou détergers .....	—

Au total, cela compterait pour environ 125 livres dans les bagages. En supprimant quelques boîtes de conserves et en utilisant des produits de préparation rapide actuellement disponibles en sachets, on réduirait ce poids sensiblement. Le bacon et le jambon doivent être dans des boîtes de fer-blanc ou dans de la gélatine si on veut les conserver plus de quelques semaines. Les autochtones peuvent à l'occasion fournir de la viande fraîche ou séchée, mais il ne faut pas compter là-dessus.

### USTENSILES

Pour une courte sortie les ustensiles qui se trouvent d'ordinaire chez soi suffisent. Règle générale, il est bon de se procurer des articles fabriqués spécialement pour le camping. Il en existe un vaste choix, depuis le très petit ensemble, qui pèse moins d'une livre, jusqu'aux équipements complexes. Les casseroles doivent être légères, en fer-blanc ou en aluminium et pouvoir s'emboîter l'une dans l'autre pour occuper le moins de place possible. Les assiettes, tasses et bols peuvent être en fer-blanc, en aluminium, émaillés ou en matière plastique. La liste qui suit constitue un attirail moyen pour deux hommes et des visiteurs d'occasion :

3 ou 4 casseroles s'emboîtant les unes dans les autres, avec couvercles	1 fouet pour dissoudre la poudre de lait ou battre les œufs
1 ou 2 poêles à frire	1 couteau de boucherie
2 moules à pain, <i>etc.</i>	1 ouvre-boîtes
1 grille-pain en fil métallique	4 couteaux, fourchettes et cuillères
4 assiettes	Laine d'acier ou équivalent pour récuser les casseroles
3 tasses	2 verges de torchon de vaisselle
3 petits bols	1 grande cuillère
1 poignée de levage	

Si le poids et l'encombrement ne posent pas de problème particulier, on peut ajouter un plat à vaisselle, un tamis à farine, une théière, une cafetière et un ou deux seaux.

### MATÉRIEL DE PROSPECTION

Les articles essentiels du matériel de prospection, distincts du matériel de camping et de voyage, ne sont pas nombreux. Les goûts entrent en ligne de compte même dans la liste ci-après des articles les plus usuels. Il n'est pas nécessaire d'avoir tous les articles énumérés, ni



#### Planche XLIV

Matériel de prospection et échantillon d'éclats. 1 : grande batée ; 2 : batée moyenne ; 3 : mortier et pilon en acier ; 4 : pioche à marteau ; 5 : marteau de prospection à long manche ; 6 : marteau de prospection ordinaire ; 7 : burin à roche ; 8 : échantillon d'éclats ; 9 : massette ; 10 : poinçon ; 11 : sac en toile pour échantillons ; 12 : lunettes protectrices.

A. H. Lang 89566

de transporter constamment tous ceux que l'on possède. Parfois les conditions de travail ou les circonstances dicteront le choix. Ainsi, pour l'exploration préliminaire, il n'est pas souhaitable d'apporter tout le matériel qui serait nécessaire à une exploration poussée. Ce dernier cas est examiné dans les chapitres qui suivent.

#### Marteau de prospection

Le marteau de prospection constitue l'outil essentiel. C'est habituellement un marteau à manche court qui se manie d'une seule main dont la tête est en forme de marteau et l'autre extrémité en forme de pic. Il doit être de la meilleure trempe possible sans pour autant que l'acier en soit cassant. Le côté marteau, qui sert à détacher des morceaux de roc, doit être carré. L'œil du marteau doit être aussi grand que possible pour réduire les risques de rupture du manche. Ne pas oublier d'apporter un manche de rechange. Un marteau de maçon convient pour la plupart des usages. Certains prospecteurs préfèrent un marteau de prospection à long manche, parce qu'il leur évite de se pencher trop souvent et leur sert de piolet pour grimper à flanc de colline. Il suffit d'ajouter au marteau ordinaire de prospecteur, un manche de masse. Cependant, l'œil de ce marteau sera probablement trop petit pour prévenir la rupture du manche sous les coups. Il est donc préférable de demander à un forgeron de fabriquer une tête dont l'œil est assez grand.

#### Pioche à marteau

La pioche à marteau du prospecteur est plus légère que la pioche à pic ordinaire : la tête a la forme d'un marteau et l'autre extrémité, la forme d'une pioche. Nombre de prospecteurs possèdent une pioche à marteau et un pic proprement dit.

#### Hache

La hache est indispensable en forêt. La hache habituelle a une tête pesant d'une à une livre et demie, un manche d'environ 26 pouces. Pour une longue tournée, il faut s'assurer d'un manche de rechange. Une gaine de cuir protège la lame et évite les coupures aux personnes et au matériel. Il est bon d'avoir une lime plate à taille simple, de 6 ou 8 pouces de long, pour affûter la lame, ainsi qu'une pierre à affûter. Certains prospecteurs emportent avec eux une hachette dans une gaine fixée à la ceinture, mais la plupart des hommes des bois considèrent la hache ordinaire comme l'article dont ils ont le plus besoin après les allumettes.

#### Détecteurs de radioactivité et lampes fluorescentes

Nous traitons de ces instruments spéciaux aux chapitres IX, XI et XII.

#### Batée

Outre son utilité pour les essais de gisements de placer, la batée est précieuse lorsqu'il s'agit de prospecter des

filons ou des roches dures. Elle ne sert pas seulement à la prospection de l'or. Des échantillons broyés peuvent être lavés à la batée sur les lieux pour concentrer les grains les plus lourds du minéral, d'habitude les plus importants. On découvrira souvent ainsi des minéraux trop finement dispersés pour permettre la détection dans un échantillon solide. Les batées sont de différentes grandeurs. Les plus grandes servent habituellement au travail sur les placers ; les plus petites, à la prospection des filons.

#### *Mortier et pilon*

Les mortiers et pilons en fer et en acier servent au broyage d'échantillons à la maison ou au camp. On peut fabriquer un mortier convenable à l'aide d'un capuchon de tuyau de 2 pouces de diamètre ou d'un bout de tuyau d'environ 2 pouces de longueur, auquel un fond a été vissé ou soudé, ou encore au moyen d'une pièce d'acier évidée à l'aide d'un tour. Une courte tige d'acier ou un marteau de prospecteur peuvent servir de pilon.

#### *Crible*

Le crible sert à tamiser des échantillons durant le broyage. Certains auteurs recommandent un crible de 60 ou 80 mailles au pouce. On peut en confectionner sur place en perçant de petits trous dans le fond d'une boîte en fer-blanc ou en soudant un morceau de treillis fin à une boîte métallique dont on a enlevé les extrémités.

#### *Boussole*

La boussole sert à l'orientation, au jalonnage, au dessin des plans et à la détermination de l'orientation des gisements ou d'autres données géologiques. Elle est donc indispensable. Pour le géologue, la meilleure boussole est celle dite « Brunton ». Mais celles qu'on utilise dans l'armée sont valables et se trouvent dans les magasins d'occasion. Même une boussole à \$ 1 peut servir.

Sur certaines boussoles, il est difficile de déterminer quelle pointe de l'aiguille aimantée indique le nord. Une bonne précaution consiste à essayer la boussole en un lieu où l'orientation est connue et à graver une indication sur le boîtier, telle que « côté bleu-nord ».

#### *Porte-cartes*

Un porte-cartes imperméable à couverture de plastique transparent est parfois utile. La carte peut être taillée en sections ou pliée à la dimension voulue. Il faut se rappeler que les photos aériennes ont environ 10 pouces de côté.

#### *Ruban à mesurer*

Il est bon de se munir d'un ruban métallique de 50 à 100 pieds de long pour les cas où des mesures précises doivent être prises. Il existe des rubans robustes en tissu traité, qui ne se déforment pas ou ne se cassent pas aussi facilement que les rubans en acier ; ils peuvent subir de légers allongements, mais c'est sans importance pour le genre de mesures à effectuer.

#### *Rapporteur et échelle*

Un rapporteur et une échelle de 6 pouces de long permettent de repérer des points sur une carte et de dessiner des croquis. L'échelle doit être graduée en pouces et en dixièmes de pouce, ou en divisions correspondant à l'échelle utilisée le plus fréquemment pour les cartes. On fera bien d'en emporter quelques-uns de rechange parce qu'ils se perdent facilement. Ils se trouvent partout et à bon marché.

#### *Crayons, calepin et papier*

Crayons, dont certains de couleur, un petit calepin, bloc de papier à croquis d'environ 8 pouces sur 10, feuille quadrillée que l'on peut glisser dans le bloc, sont des articles nécessaires. Les crayons en feutre servent à plusieurs fins, y compris le numérotage des sacs d'échantillons.

#### *Loupe, aimant*

La loupe se révèle presque indispensable pour l'examen des spécimens et le lavage à la batée. Une simple loupe bon marché grossissant de 4 ou 5 fois suffit, mais la plupart préfèrent une loupe composée de plusieurs lentilles, plus coûteuse et grossissant 8 ou 10 fois.

On emporte habituellement un petit aimant en alnico pour faire l'essai de minéraux magnétiques et pour les retirer des batées.

Les outils énumérés ci-après sont nécessaires à la mise à nu préliminaire d'une découverte de même qu'au travail d'évaluation. On peut les garder à la base ou au camp jusqu'à ce qu'on en ait besoin. Un prospecteur peut ne jamais avoir besoin d'effectuer ce genre de travail ou encore il peut le faire exécuter par d'autres.

#### *Pic et pelle*

Le pic et la pelle servent à de multiples usages : creuser des tranchées, enlever les terrains de couverture, *et cetera*.

#### *Poinçon, acier à fleuret, massettes*

Les poinçons sont des barres d'acier de section octogonale de 8 à 12 pouces de long avec une extrémité aiguisée sur quatre faces servant à l'échantillonnage. Certains poinçons ont un manche et des fleurets amovibles. On peut aussi utiliser un gros ciseau à froid. On frappe sur ces instruments avec une petite masse ou un marteau de prospection.

Si l'on doit creuser des tranchées dans le roc, des tiges d'acier à fleuret ou une foreuse mécanique sont nécessaires. Les fleurets à percussion ordinaires sont habituellement faits de tiges d'acier octogones de  $\frac{3}{4}$  de pouce ou  $\frac{7}{8}$  de pouce, dont l'extrémité est en forme de ciseau. Leur longueur varie de 18 à 36 pouces, le taillant des tiges les plus longues étant légèrement plus étroit. La tête des fleurets et des poinçons doit être meulée ou forgée de temps à autre pour enlever les « champignons » qui pourraient blesser la main si l'outil venait à glisser. Il faut aussi emporter une tige de fer portant une petite cuillère à l'extrémité pour retirer les morceaux de roc des trous.

Lorsqu'il travaille seul, le prospecteur utilise une massette à manche court pesant de deux à quatre livres ; il tient le poinçon ou fleuret d'une main et la massette de l'autre. Lorsque deux personnes travaillent ensemble, l'une tient le fleuret et le tourne légèrement de temps en temps, tandis que l'autre manie la masse. Cette dernière est à long manche et pèse environ huit livres.

### *Explosifs*

Pour pratiquer des excavations dans le roc il faut de la dynamite, des détonateurs et des mèches de sûreté. Au chapitre xiv, nous indiquons les précautions à prendre et signalons les règlements touchant leur utilisation.

### *Perforateurs mécaniques portatifs*

On utilise largement de nos jours des perforateurs mécaniques portatifs dotés d'un petit moteur à essence pour forer des trous de mine lorsqu'il s'agit d'aménager des tranchées dans le roc. Assez lourds et chers, ils servent surtout aux sociétés minières ou aux prospecteurs expérimentés pour des explorations d'une certaine étendue.

### *Forets légers à diamant*

Pour l'exploration intérieure d'une structure favorable, l'étude préliminaire d'un gîte prometteur ou encore pour le forage de trous de mine, certains prospecteurs utilisent des forets légers à diamant. Cette pratique n'est pas répandue, cependant.

## TRANSPORT

En exploration, les modes de déplacement et de transport de matériel revêtent la plus grande importance. Ils varient beaucoup selon la région et, dans certaines régions, ils sont nombreux. La plupart des régions ont fait l'objet d'études géologiques. Les auteurs y fournissent de précieuses indications sur les moyens de s'y rendre et de s'y déplacer. Notons à cet égard que des changements ont pu survenir depuis en ce qui a trait aux routes et aux pistes.

Dans le sud du pays, où les réseaux routiers et ferroviaires sont largement développés, les excursions de courte durée, sac au dos, sont faciles. Hors des artères importantes, on peut emprunter camions et jeeps qui peuvent circuler sur les routes secondaires impropres à l'automobile. Au-delà, on utilisera des véhicules sur chenilles. Il existe également des services de cabotage sur les côtes et sur quelques-uns des lacs et cours d'eau importants. On peut obtenir des cartes routières et des renseignements utiles auprès de l'Office du tourisme du gouvernement canadien, à Ottawa, et auprès des offices de tourisme provinciaux et locaux.

Aujourd'hui, toutefois, les régions d'accès facile ont été entièrement, ou peu s'en faut, explorées. Les prospecteurs doivent donc pousser leurs explorations vers les régions éloignées, ce qui suppose, dans une première étape, des déplacements par chemin de fer, route, navire ou avion. Nous traitons ci-après des modes et des moyens de

transport auxquels on peut recourir pour pénétrer plus avant dans les lieux non desservis par les réseaux routiers et ferroviaires ou par les navires et les avions commerciaux. Ils varient considérablement selon qu'on se trouve en hiver ou en été. Nous ne nous intéressons ici qu'à la prospection d'été, qui est de beaucoup la plus importante. Les questions touchant la prospection d'hiver, nettement plus spécialisée, sont familières à ceux qui s'y adonnent — du moins ces derniers savent généralement où puiser les renseignements qui leur feraient défaut. Dans presque tout le Canada, deux demi-saisons règnent d'un mois à six semaines — elles sont caractérisées l'une par la prise des glaces, l'autre par la débâcle. À ces époques, les déplacements sont extrêmement hasardeux sinon impossibles. La plupart des prospecteurs se mettent en route après la débâcle. À tout événement, ils doivent s'assurer de ne pas se laisser isoler par les glaces. Si les travaux doivent s'étendre sur une période plus longue, l'expédition se mettra en route au cours de l'hiver ; les canots seront transportés sur des traîneaux à chiens. Pendant la période de débâcle ou de gel, ils limiteront les recherches aux abords immédiats de leur camp. La saison la plus propice est plus ou moins longue selon l'année et la région et va se raccourcissant vers le nord. Dans les régions les plus au sud, elle se situe généralement entre mai et novembre. Près du cercle polaire, elle se place généralement entre juillet et octobre. Il est cependant arrivé, au Grand Lac de l'Ours par exemple, que les glaces aient persisté durant l'année entière.

### *Canots et embarcations légères*

Dans nombre de régions du Canada, le canot est essentiel aux déplacements. C'est particulièrement vrai dans le Bouclier canadien, traversé par un réseau de lacs et de cours d'eau. Ces cours d'eau donnent lieu à de longues étendues d'eau calme séparées par de courts rapides ou des chutes. La remontée du courant en canot n'est donc pas très pénible, sauf là où il faut traverser les petits rapides en poussant l'embarcation à la perche ou en la tirant. Quant aux rapides plus importants, il faut généralement recourir au portage.

Les Indiens se sont adaptés à ces conditions il y a des siècles. C'est ainsi qu'ils ont mis au point le canot d'écorce, léger, facile à réparer qui se pagaie et se porte facilement. Les premiers coureurs des bois et les premiers explorateurs n'ont pas tardé à suivre leur exemple et à utiliser le canot en écorce de bouleau pour pénétrer dans toutes les parties du pays, excepté l'Ouest. Depuis plusieurs années déjà, le canot recouvert de toile, plus durable et plus stable, s'est imposé. Récemment, les canots d'aluminium ont fait leur apparition mais il n'est guère possible de les réparer sur place. On a utilisé avec de bons résultats des canots faits de contre-plaqué.

Les canots de toile sont de plusieurs types et dimensions. Les plus utilisés ont de 16 ou 17 pieds de long et sont du type « prospecteur » ou « croiseur ». Le premier plus léger et à fond plus plat, convient très bien sur les cours d'eau peu profonds et se manie mieux dans les

rapides que le « croiseur », plus solide et plus arrondi. Ce dernier permet toutefois des chargements plus considérables. Pour le transport de lourdes charges sur les lacs étendus, on préfère le modèle dit « de charge », qui se fabrique en longueurs de 18, 20 ou 22 pieds. Il est aussi plus stable. Le plus court peut également se prêter aux portages. Le fardeau reste quand même assez lourd pour deux hommes. Le modèle « demi-charge », de construction plus légère, est également très apprécié.

Un voyageur expérimenté, se déplaçant seul avec un matériel léger, peut utiliser un canot de 14 ou 15 pieds de longueur, mais on conseille généralement des embarcations de 16 ou 17 pieds, voire plus grandes encore, là où les portages ne sont pas difficiles. Un seul homme peut transporter un canot de 17 pieds en attachant les avirons à l'intérieur, sur les barrots, les pales étant placées près du centre de gravité. On renverse ensuite le canot sur la tête et on place les pales sur les épaules.



G. W. H. Norman 78111

Planche XLV A. Prospecteur solitaire, dans son canot de 14 pieds, région de Chibougamau (Québec).



C. H. Stockwell 76327

Planche XLV B. Portage du canot par un seul homme. Photographie prise dans la région de Yellowknife (T.N.-O.) au printemps, avant que les glaces soient disparues.



A. H. Lang

Planche XLVI Barque à moteur hors-bord, d'usage courant sur les lacs et les rivières de la Colombie-Britannique et du Yukon où l'on n'a pas à porter.

Il ne faut pas oublier d'apporter un aviron de rechange, un tube de ciment hydrofuge et un morceau de toile servant au rapiéçage. Dans certaines provinces, les règlements exigent que l'on ait, à bord du canot, un gilet de sauvetage en kapok.

Neuf, un canot de 17 pieds pèse environ 75 livres et peut porter jusqu'à 600 livres de charge. Un canot « de charge » de 18 pieds pèse de 90 à 130 livres et peut porter de 900 à 1 700 livres. Les canots doivent être peints d'une vive couleur pour qu'ils soient facilement repérés.

On trouve également des canots démontables qui se logent dans une cabine d'avion. Ce modèle est rare cependant. De nos jours, certains avions peuvent transporter les canots entiers. Les embarcations ordinaires à rames ou celles qu'on peut transporter sur le toit d'une voiture sont excellentes sur les lacs, mais elles ne sont pas pratiques pour les portages. Les bateaux pneumatiques, utilisés avec des moteurs hors-bord, sont pratiques pour le transport en avion ou en camion. Dans l'ouest du Canada, où les cours d'eau sont généralement rapides, on utilise souvent une barque en bois, à fond plat, construite sur place, mesurant de 20 à 30 pieds de long que l'on dote d'un puissant hors-bord (planche XLVI). Cette embarcation ressemble beaucoup aux « pointers » qu'on utilise sur les grands cours d'eau de l'Est canadien.

Si l'on est novice dans l'art du canotage, il faut être assez avisé pour ne pas s'y risquer sans être accompagné d'une personne expérimentée. En cas d'impossibilité, il importe au plus haut point d'acquiescer, avant de s'aventurer, toutes les notions indispensables.

#### Radeaux

À défaut d'autre moyen, on peut utiliser un radeau solidement construit. Il ne faut jamais essayer de se déplacer en radeau sur des cours d'eau trop rapides. Le radeau doit être assez grand pour bien flotter et assez solide pour ne pas se briser. Il vaut mieux qu'il soit rectangulaire plutôt que carré ; on peut alors le diriger plus facilement. Un

radeau formé de quatre billes de bois sèches, de six à huit pouces de diamètre et de 10 pieds de long, peut transporter un homme.

#### Moteurs hors-bord

Les moteurs hors-bord sont actuellement fort répandus. Sur les cours d'eau où l'on n'a pas à se soucier des portages, ils augmentent énormément la rapidité et la facilité des déplacements. Dans le cas contraire, ils sont sources d'ennuis sérieux.

On trouvera dans la brochure intitulée *Sécurité nautique*, que l'on peut se procurer sans frais au ministère fédéral du Transport, les règlements relatifs aux petites embarcations édictés en vertu de la *Loi sur la marine marchande du Canada*. Quiconque utilise une embarcation, à moteur ou non, s'évitera des ennuis et des amendes en respectant ces règles.

Dans le choix d'un moteur il faut d'abord considérer le poids et la puissance compte tenu de la taille et du poids du canot. Les canots d'une longueur inférieure à 16 pieds sont trop petits pour recevoir un hors-bord. Les moteurs de 2 à 3 ch servent en général pour les canots de 16 et 17 pieds ; les canots « de charge » de 18 pieds por-



A. H. Lang

Planche XLVII A. Canot de charge qu'on tire à la corde le long d'un rapide que le moteur hors-bord (invisible à l'arrière) ne saurait vaincre.

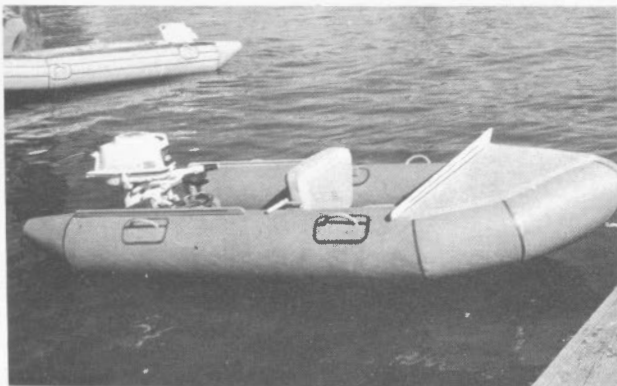


Planche XLVII B. Bateaux pneumatiques (photo fournie par Canova Products.)

tent en général un hors-bord de 4 à 6 ch. Si l'arrière de l'embarcation est en pointe, il faut y fixer des supports. Mais les canots destinés à recevoir des moteurs hors-bord sont maintenant presque toujours à arrière droit et peuvent également être manœuvrés à la pagaie.

Il serait sage de consulter un dépositaire au sujet des pièces de rechange et des outils pour les réparations éventuelles. Une fois loin des centres commerciaux, toute panne de moteur risque d'entraîner de sérieux problèmes. Un groupe nombreux qui emmène plus d'un moteur aurait intérêt à s'assurer que tous ces moteurs sont du même type, de sorte que s'il y a panne irréparable de l'un on puisse utiliser ses pièces pour en réparer d'autres.

#### Transports aériens

Depuis quelques années, l'avion ou l'hydravion contribue dans une très large mesure à la mise en valeur de régions qui seraient autrement restées inaccessibles. Le Bouclier canadien, en raison du nombre considérable de lacs et de rivières pouvant servir à l'amerrissage, est particulièrement propice à cet égard. Bon nombre d'équipes de prospecteurs évitent les longues courses en canot en se faisant transporter par avion avec leur matériel jusqu'à un endroit désigné. Des services de location existent dans un grand nombre de villes. On pourra en trouver les noms et adresses dans les annonces des journaux miniers. En



J. F. Henderson 81770

Planche XLVIII Façon courante de transporter les canots des prospecteurs et arpenteurs par hydravion, surtout si ces derniers parcourent l'intérieur du Bouclier canadien.



1967, un avion coûtait de \$ 50 à \$ 100 l'heure, ou de 50¢ à \$ 1,25 le mille selon la taille de l'appareil et le lieu de destination. Depuis les prix varient. Les appareils utilisés vont généralement des petits avions à deux places aux avions de dimensions moyennes capables de transporter de 1 000 à 2 000 livres, y compris un canot de 16 à 17 pieds attaché aux étais des flotteurs. Prospecteurs et géologues qui voyagent par avion finissent d'habitude par exceller dans l'observation aérienne et l'établissement des croquis, ce qui facilite grandement la détection et l'interprétation des particularités géologiques, le choix des trajets sur le sol, l'emplacement des camps, *et cetera*.

Nombre de compagnies de prospection et de sociétés minières possèdent leurs propres appareils ou les louent pour des périodes prolongées. On arrive ainsi, non seulement à faciliter les déplacements et le ravitaillement des équipes de prospection, mais encore à permettre la visite régulière de surveillants. Certains prospecteurs indépendants utilisent leurs propres appareils : cela est d'un grand avantage. Faut-il cependant avoir acquis une formation suffisante. Les vols de brousse ont été inaugurés après la première guerre mondiale par un petit groupe d'excellents pilotes volant sur des appareils qui, aujourd'hui, nous semblent guère rassurants. Les dignes successeurs de ces pionniers ont porté ces vols à un très haut degré d'efficacité. Non seulement ils sont passés maîtres dans l'art de se poser sur des nappes d'eau et d'en décoller, mais encore à voler dans certaines régions sans carte précise et à se passer des instruments qui facilitent la navigation aérienne.

Dans les endroits où les atterrissages sont impossibles, notamment dans certaines régions montagneuses de l'Ouest, on a réussi à parachuter du matériel et des provisions.

L'hélicoptère s'est révélé propre à certaines opérations de prospection et de levés géologiques là où l'avion ordinaire ne peut pas se poser. Il facilite aussi, pouvant rester à peu près immobile dans les airs, les observations de



G. B. Leech 7-4-53

Planche XLIX Attaches entrecroisées.

près. Ses principaux inconvénients sont : le coût élevé, le faible rayon d'action et, dans le cas de petits appareils, la faible charge utile.

Lorsqu'on emploie la voie des airs à des fins de ravitaillement ou de transport des effectifs, il est indispensable de prendre des dispositions précises à l'avance. On doit, si possible, laisser au bureau de la compagnie aérienne, ou ailleurs, des instructions écrites où figurent la date et divers détails concernant, par exemple, les signaux de fumée, ainsi qu'une carte ou un croquis indiquant le lieu de rendez-vous ou le trajet qui sera emprunté au sol.

*Chevaux*

Jusqu'à récemment, le cheval de bât constituait le meilleur mode de transport dans bien des parties de la Cordillère. Depuis, il a été supplanté par les jeeps, les héli-



A. H. Lang 85978

Planche L  
Chevaux de bât utilisés aux environs des monts Driftwood, près de Smithers (C.-B.).



Planche LI

Chevaux de bât traversant à la nage un important cours d'eau de la Colombie-Britannique. Le cheval de tête est guidé par un canot : les autres le suivent.

A. H. Lang 89566

coptères entre autres. Ailleurs, ils ne pouvaient concurrencer des modes de transport plus commodes. Rares en effet sont les parties du Bouclier où l'on puisse employer le cheval, à cause de la disposition irrégulière des lacs, des cours d'eau et des marais qui empêchent les longs déplacements par route directe. En outre, le fourrage y est extrêmement rare. En revanche, le cheval est fort utile en de multiples régions de l'Ouest où il existe des pistes, où les bois sont clairsemés et où les flancs de montagne ne sont pas trop abrupts. On y trouve facilement des pourvoyeurs et des guides qui loueront des chevaux ou prendront en charge le transport du matériel.

La troisième édition du présent volume, que l'on trouve encore en librairie, contient plus de détails sur cette question.

### Chiens

En été, dans les parties septentrionales de la Cordillère ou du Bouclier canadien, les indigènes, lorsqu'il s'agit de charges allant jusqu'à 50 livres, ont souvent recours à des chiens. Des prospecteurs ou des équipes d'arpenteurs en emploient aussi là où la forêt est trop dense pour permettre le passage des chevaux et où les voies d'eau manquent. On dispose la charge dans les compartiments du panier de bât placé sur le dos du chien. L'inconvénient de la méthode est que les chiens ont tendance à s'écarter de la route et à se battre entre eux. En outre, il faut prévoir la nourriture nécessaire.

### Transport à dos d'homme

Presque tous les prospecteurs doivent obligatoirement recourir, à l'occasion, au transport à dos. Si l'on dispose d'un matériel approprié, il n'est pas difficile de transporter tout ce qu'il faut pour une excursion de quelques jours. Il faut prendre garde que la charge ne devienne éreintante. Règle générale on ne peut guère transporter plus de

soixante livres, durant plus d'une journée. Pour des périodes plus courtes, dans les portages par exemple, le chargement moyen atteint habituellement 150 livres. Il se compose généralement d'un sac principal sur lequel on place d'autres charges (planche XLIII A). La charge principale est soit un sac à dos ou un cadre de charge, soit un gros sac ou ballot auquel on fixe une sangle frontale. Le sac à dos comporte généralement une sangle frontale en plus des courroies pour les épaules, de façon que le front puisse supporter une partie du poids. Il arrive souvent que l'on préfère un cadre (planche XLIII B) pour les charges encombrantes, les moteurs hors-bord par exemple.

### Matériel d'hiver

L'hiver, on utilise les traîneaux à chiens, les autoneiges, les remorques de tracteurs équipées à cette fin pour les tournées de prospection spéciales. Vu le caractère particulier de ces moyens de transport, on ne peut les décrire dans ce volume.

## VIE EN FORÊT ET AUTRES QUESTIONS CONNEXES

Tout prospecteur doit pouvoir vivre et se déplacer en toute sécurité dans les régions éloignées. Un broussard expérimenté sera le meilleur maître en la matière. On peut toutefois trouver nombre de conseils utiles dans certaines des publications que nous signalons à la fin du présent chapitre.

### Compagnons

Seules les personnes de très grande expérience peuvent se permettre de voyager seules dans des régions éloignées. Une équipe de prospection doit donc se composer d'au moins deux hommes.



Planche LII Camp léger au Yukon. Notez l'abri fait de bâches, la rallonge de la queue de la poêle qui permet de cuire sur un feu découvert, le foyer établi en lieu sûr parmi les pierres et les cailloux, et les chiens utilisés comme bêtes de somme (photo : Office national du film).

### Camp

Lorsqu'on choisit l'emplacement d'un camp, il faut essentiellement tenir compte de la proximité de l'eau et de la possibilité de trouver du bois de chauffage et des perches pour monter la tente. Dans la plupart des régions non colonisées, on peut boire l'eau des lacs et des rivières, mais celle de certains petits lacs ou cours d'eau où se déversent marais ou étangs de castors présentent souvent certains dangers. L'eau, dans les régions habitées, peut être dangereuse. Si l'on n'est pas sûr qu'une eau soit potable, il faut la faire bouillir. Dans certaines régions il peut être souhaitable d'apporter une provision d'eau pour la journée.



A. H. Lang 7-1-1931

Planche LIII Cache destinée à garder des provisions hors d'atteinte des animaux.

Autant que possible, il faut planter sa tente loin des grands arbres qui pourraient s'abattre pendant les tempêtes, et sur un sol caillouteux qui s'assèche rapidement. Les tentes placées dans les dépressions ou sur un sol argileux risquent d'être inondées par grosse pluie, à moins qu'on ne creuse des rigoles autour.

Le camp doit rester parfaitement propre et les emplacements doivent être laissés sans immondices. Pour prévenir les mouches porteuses de maladies, il y a lieu de recouvrir de terre les fosses d'aisances et de brûler les ordures.

Les petites « cages à viande » faites avec de l'étamine sont utiles. On les suspend à un trépied ou à une perche attachée à deux arbres. Même là, il est difficile d'imaginer une installation à l'abri des ours.

Il faut donc conserver les aliments dans des boîtes couvertes ou les protéger de quelque autre façon. Les porcs-épics détruiront tout ce qui est salé : cuir, manches de hache ou avirons imprégnés du sel de la transpiration. Il ne faut donc pas laisser ces articles à leur portée. Règle générale, les ours noirs n'attaquent pas les camps qui ne sont abandonnés que pendant la journée, mais il arrive souvent qu'ils détruisent tout dans un camp abandonné depuis quelques jours et qui a perdu l'odeur du corps humain. Pour mettre des provisions à l'abri des ours, on peut les placer dans des sacs ou des boîtes protégés par une bâche et suspendus à une perche fixée entre deux arbres suffisamment éloignés l'un de l'autre pour que l'ours ne puisse grimper à un arbre et atteindre la corde. Si l'on désire aménager une cache plus considérable, on choisit trois ou quatre arbres disposés de façon à former

un triangle ou un carré dont les côtés auraient de six à dix pieds. Les arbres sont coupés à environ huit pieds du sol, les souches étant écorchées pour en rendre l'ascension plus difficile. On construit ensuite une plate-forme avec des perches portées par les souches. Les provisions sont entassées au centre de la plate-forme et recouvertes d'une bâche. Par surcroît de précautions, la plate-forme peut être faite de façon à dépasser les souches de deux à trois pieds afin que même si un ours parvient à grimper, il puisse difficilement se hisser sur la plate-forme.

#### *Si l'on s'égaré*

S'engager dans une forêt sans pouvoir s'orienter ni connaître les moyens de retrouver son chemin et les éléments des premiers soins en cas d'accident est d'une imprudence extrême. La meilleure façon d'éviter de s'égarer consiste à mesurer son trajet d'après la méthode des pas et de la boussole (expliquée ailleurs dans le présent ouvrage), et pour le retour, de refaire le même chemin en sens inverse suivant la même méthode. Si l'on ne procède pas par cheminement (chapitre IX), on doit toutefois noter la direction générale au départ, en consultant la carte et la boussole et en tâchant de se rappeler les points de repère importants qui peuvent apparaître sur le terrain. À mesure que la journée avance, et si le soleil brille, notez la direction de l'ombre des arbres, la position du soleil. Faites aussi des relevés au compas et, si possible, notez des points de repère chaque fois que des clairières se présentent. S'ils ne suffisent pas pour le voyage de retour, la boussole indiquera sans doute la direction générale jusqu'à ce qu'on retrouve des coins familiers. En marquant les arbres dans les environs du camp ou de l'endroit où on a laissé sa voiture ou son canot on peut retrouver son chemin plus aisément, comme il arrive souvent qu'on rejoigne la route ou la berge loin du point de départ. Il s'avérera aussi utile de marquer quelques arbres au cours de la journée.

Pour une bonne utilisation de la boussole, il faut s'assurer que des objets n'agissent pas sur l'aiguille. Il arrive que des gisements de roche magnétique faussent complètement les indications de la boussole. Tout ce qu'on peut faire en pareil cas, c'est d'éviter d'utiliser la boussole près d'affleurements de roches qui pourraient être magnétiques (comme par exemple, le gabbro, la magnétite ou la

pyrrhotine), de comparer la direction de l'aiguille et la position du soleil, des ombres ou des points de repère sur le terrain. On peut aussi procéder à des visées inverses si l'on suit une traverse soigneusement préparée. Dans presque tous les cas, cependant, c'est l'observateur plutôt que la boussole qui est dans l'erreur.

Lorsqu'on est complètement perdu, mieux vaut ne pas essayer de se déplacer la nuit. On aura avantage à faire un feu et à se reposer. Il importe au plus haut point de ne pas s'affoler et de ménager ses forces. Au jour, une observation calme de la situation permettra de remettre les choses en ordre. Si la personne perdue ou blessée a des compagnons dans le voisinage, il est certain qu'ils se mettront à sa recherche. Ils repéreront probablement un feu la nuit, si celui-ci est fait sur un endroit élevé. Le jour, on peut faire des signaux avec un miroir ou une autre surface réfléchissante. S'il y a possibilité de recherche par la voie des airs, on doit préparer un bûcher à fumée auquel on mettra le feu dès qu'on entendra le bruit du moteur d'un avion. Si on le peut, il faut choisir à cette fin un endroit découvert visible du haut des airs.

Des hommes sont parvenus à survivre pendant plusieurs jours en ne buvant que de l'eau. D'autre part, on peut trouver des éléments en forêts : baies, racines ou petit gibier. On se munira utilement de quelques hameçons, d'une ligne à pêche et d'une bobine de fil de laiton chaque fois qu'on se trouvera en forêt. La ligne à pêche et le fil ont toutes sortes d'usages et peuvent se révéler d'une importance vitale.

#### *Précautions contre les incendies*

Les principales causes des incendies de forêt sont les cigarettes, les feux de camps ou les feux de signalement mal éteints. Il faut établir son feu aussi près de l'eau que possible, sur un terrain découvert et débarrassé de toute matière inflammable (terre végétale, racines, mousse, etc.) Un feu peut couver longtemps après qu'on l'a cru éteint, notamment lorsqu'il y a de l'humus ou de la tourbe, aussi faut-il l'éteindre avec le plus grand soin. Les bouts de bois partiellement brûlés devraient être jetés à l'eau ou enterrés, car il leur arrive de reprendre feu même après avoir été arrosés.

Dans de nombreuses régions, on interdit les voyages en forêt sans un permis.

## cartes, rapports et photographies aériennes

La prospection et l'exploration minière doivent s'appuyer sur une documentation abondante et rigoureuse allant des photographies aériennes jusqu'aux plans, cartes et rapports. Il est donc essentiel de savoir où se les procurer et comment en faire son profit.

On peut répartir cartes, plans et rapports en deux catégories principales : les publications gouvernementales et celles du secteur privé. Les premières portent sur des résultats de travaux de recherche et de compilations : les secondes ont trait à l'activité d'entreprises et n'ont qu'une diffusion restreinte, les rapports étant habituellement dactylographiés ou photocopiés au miméographe, et les cartes, ou plans, reproduits sur la machine à tirer les bleus ou selon un procédé analogue. Nous ne traiterons dans le présent chapitre que de la documentation gouvernementale qui est la plus répandue.

### CARACTÉRISTIQUES DES CARTES ET PLANS

Une carte est une représentation graphique d'une partie de la surface de la Terre sur un plan constitué par une feuille de papier. Les plans concernent de petites surfaces et leur tracé est établi à des échelles généralement plus grandes que celles des cartes. Comme la Terre est ronde — selon l'expression courante — et la carte une surface plane, il faut adopter une méthode de projection permettant de transposer les points de repère choisis sur le terrain. La plupart des procédés graphiques expriment les lignes droites (réelles ou imaginaires) de la surface de la Terre par des courbes ou des lignes convergentes sur la carte.

On appelle *profil* un dessin indiquant les élévations à différents points le long d'une ligne traversant une partie de la surface terrestre. Une *coupe* est un dessin représentant les caractéristiques d'un plan vertical qui traverserait la surface terrestre en un endroit donné. Si le plan est perpendiculaire à la direction générale des formations, par exemple, il est dit *coupe transversale* ; parallèle à ces dernières, il est désigné *coupe longitudinale*. Nombre de coupes s'accompagnent d'un profil à la partie supérieure.

Les données essentielles d'une carte ou d'un plan sont le nom de la personne ou de l'organisme qui l'a dressé, la date de publication, l'orientation et l'échelle. Une carte ancienne peut comporter nombre de données utiles qu'on ne trouve pas ailleurs mais n'indiquera pas, il va sans dire, toutes celles des cartes plus récentes. En cartographie, on place généralement le nord en haut du dessin. L'orientation se détermine par les « parallèles » et les « méridiens », lesquels correspondent aux latitudes et aux longitudes ; ou d'après des flèches dont l'une pointe vers le nord astronomique et l'autre vers le nord magnétique, la *déclinaison* se trouvant entre les deux. Les plans s'orientent en général vers le nord, bien que l'on trouve d'autres orientations tout aussi commodes. L'échelle doit être établie avec rigueur.

### Échelle

Il existe trois types d'échelle souvent utilisés concurremment pour une même carte. 1) On indique en pouces la distance réelle mesurée en pieds ou en milles entre deux points sur la superficie du terrain, par exemple : « mille pieds au pouce » ou « 2 pouces au mille ». 2) On trace une ligne, dite « échelle graduée », le long de laquelle les dimensions réelles sont indiquées en pieds ou en milles, puis on marque sur le bord d'une feuille de papier chaque point de la carte. En plaçant cette feuille sur l'échelle graduée on déterminera la distance entre deux points sur la carte. On peut faire le tracé au compas à pointe sèche. Le report aux échelles graduées donne lieu parfois à des erreurs. On oublie par exemple qu'elles ne commencent pas toutes à zéro mais comportent souvent, à gauche du zéro, une section à graduation plus fine. 3) On exprimera en fraction le rapport entre une longueur quelconque sur la carte et la distance équivalente sur le terrain. Ainsi  $\frac{1}{63\,360}$  échelle fractionnaire d'une carte de 1 pouce au mille, indique que la distance sur le terrain est 63 360 fois plus grande que sur la carte. Les échelles sont généralement dites petites, moyennes ou grandes. Ces désignations prêtent parfois à confusion, car elles renvoient aux dimensions de l'échelle fractionnaire ; ainsi le rapport entre une carte et la région cartographiée est plus grand dans le cas d'une carte à grande échelle que dans celui d'une carte à petite échelle. En d'autres termes, plus grand est le dénominateur, plus petite est l'échelle.

### Protection des cartes

Essentielles au prospecteur, les cartes doivent être protégées contre la détérioration. Un porte-cartes est utile à ce propos et permet aussi d'y ranger les notes accompagnant les cartes (chapitre VII). Une deuxième méthode consiste à monter entièrement la carte sur un tissu de coton, ou à la découper en sections que l'on monte sur des cartons ou dans un carnet, ou encore sur une pièce de tissu. Dans ce dernier cas, il faut réserver un espace d'un quart de pouce entre chaque section pour permettre le pliage. Pour le cartonnage, il est indiqué de tremper les sections de la carte et le carton puis de les enduire d'une mince couche

de colle pendant qu'ils sont encore humides. Pour le montage sur coton, il faut étirer le tissu de manière à ce qu'il dépasse le pourtour de la carte, puis le fixer sur une surface en bois plane à l'aide de punaises espacées d'un ou de deux pouces. Il ne faut pas oublier d'humecter les sections de la carte et le tissu avant de les enduire d'une mince couche de colle. Il suffit ensuite de presser les sections de la carte contre le tissu.

Certains répandent un produit hydrofuge transparent sur la carte, mais il devient alors difficile d'y inscrire des notes au stylo ou au crayon.

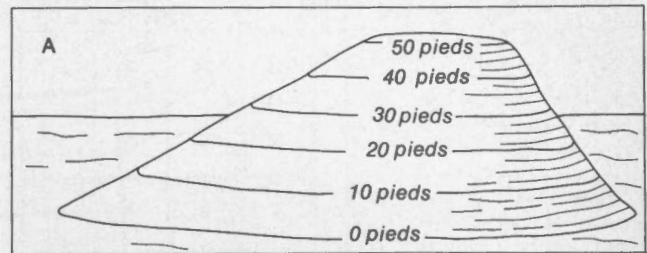
## CARTES TOPOGRAPHIQUES

La carte topographique représente, à l'échelle, les accidents géographiques tels les lacs, les cours d'eau, les routes, les voies ferrées et les villages. Nombre de cartes topographiques sont entièrement ou partiellement en couleurs, des couleurs différentes représentant les plans d'eau, les forêts, *et cetera*. Les cartes topographiques indiquent généralement le relief du terrain, c'est-à-dire l'altitude des différents points par rapport au niveau de la mer. Le degré d'exactitude d'une carte topographique est fonction du temps que l'on aura consacré aux levés, des méthodes utilisées et de l'échelle adoptée. Généralement, les cartes à grande échelle sont dressées avec beaucoup de précision. De nombreuses cartes géologiques contiennent des données topographiques, de sorte qu'il n'est pas toujours nécessaire d'emporter aussi une carte topographique.

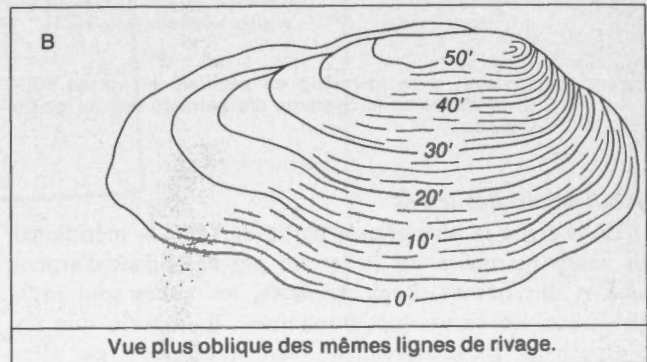
### Le relief

Les prospecteurs doivent connaître les méthodes de représentation cartographique des pentes et des altitudes, car le relief indique les endroits qui exigent l'escalade et les difficultés qu'ils comportent. D'autre part, les pentes de surface rendent beaucoup plus malaisé le tracé de certaines particularités géologiques, notamment des filons, des failles ou des contacts, sauf lorsqu'elles sont à la verticale. Dans ce cas, l'intersection d'un plan vertical et d'un plan oblique ne suit pas la pente.

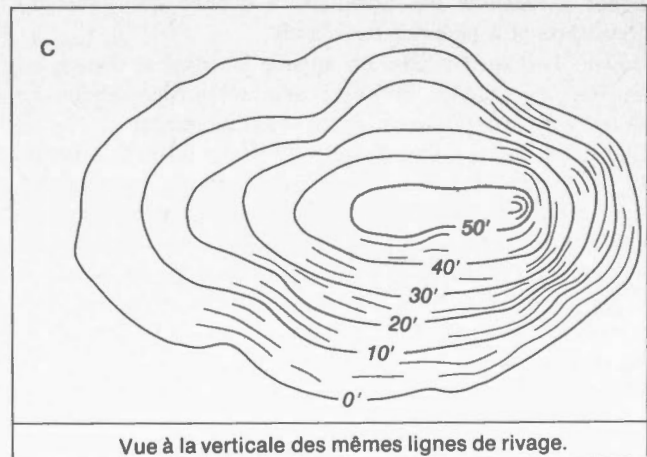
Les formes du terrain et les différentes altitudes par rapport au niveau de la mer sont généralement indiquées par des courbes de *niveau*. Ce sont des lignes reliant tous les points situés à la même altitude et dont la cote peut être exprimée en dizaines, en centaines ou même en milliers de pieds, selon le relief du terrain et le degré de précision que l'on veut donner à la carte. Le novice peut apprendre à lire le relief représenté en imaginant que chaque courbe représente la ligne de rivage d'une île ou détermine l'aspect de cette île à supposer qu'elle soit inondée jusqu'aux différentes cotes indiquées (figure 15). Sur certaines cartes, des teintes différentes permettent de distinguer clairement les espaces compris entre les courbes de niveau. On indique parfois le relief par des zones ombrées ou des « hachures ».



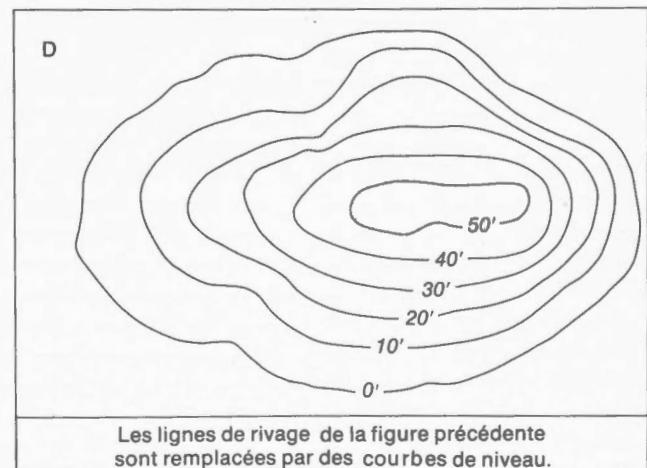
Pour une île en forme de colline, la courbe de niveau zéro ou courbe de base constitue la ligne de rivage. On a également dessiné les lignes de rivage hypothétiques qui se formeraient si le niveau de l'eau montait de 10 pieds en 10 pieds.



Vue plus oblique des mêmes lignes de rivage.



Vue à la verticale des mêmes lignes de rivage.



Les lignes de rivage de la figure précédente sont remplacées par des courbes de niveau.

Figure 15. Explications des courbes de niveau.

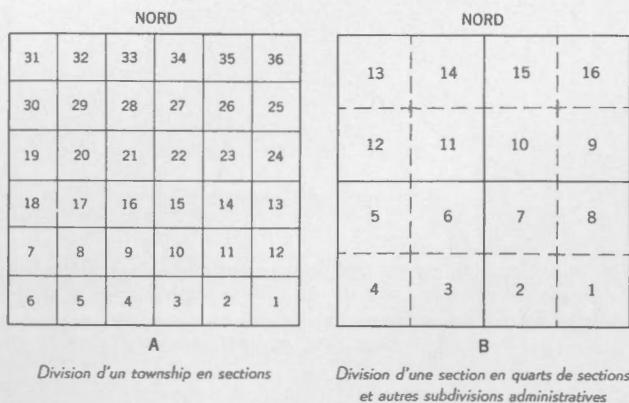


Figure 16. Division d'un township en sections et autres subdivisions selon le Système d'arpentage des terres du Canada.

### Subdivisions des terres

On a divisé la plus grande partie du Canada méridional en unités marquées sur le terrain par des lignes d'arpentage et des bornes. Règle générale, les unités sont indiquées sur les cartes topographiques. Il importe que les prospecteurs en comprennent bien le principe, car elles aident à localiser des positions, à décrire des gisements découverts et à jalonner des claims.

Dans l'est du Canada, on appelle d'ordinaire comtés ou districts les grandes divisions administratives subdivisées en cantons (townships) ayant habituellement la forme d'un carré de 10 milles de côté. Dans les districts arpentés il y a nombre d'années, le tracé des cantons est généralement irrégulier, mais pour ceux d'arpentage récent il va d'ordinaire du nord au sud ou d'est en ouest. On désigne les cantons par un nom ou un numéro et on les subdivise en bandes d'un mille de largeur, appelées « concessions » en Ontario, et « rangs » au Québec. Ces rangs sont orientés d'est en ouest et numérotés consécutivement du sud au nord en chiffres romains, puis subdivisés en lots, d'ordinaire numérotés en chiffres arabes et allant d'est en ouest. Ainsi, la description d'un lot peut s'établir comme suit : « Lot 16, concession IV, canton de Percy, comté de Northumberland ». Dans certaines régions arpentées récemment en Ontario, on a eu recours au Système d'arpentage des terres du Canada, expliqué plus loin, tandis que dans les régions les plus anciennes du Québec, la « paroisse » remplace le canton.

Selon le Système d'arpentage des terres du Canada, en usage dans la plus grande partie de l'Ouest canadien, les townships ont 6 milles de côté. Ils sont numérotés et rattachés à une série de méridiens orientés nord-sud. Le premier méridien, ou méridien principal, passe par un point de départ situé non loin de Winnipeg ; sa longitude a été par la suite établie à 97°27'30" à l'ouest de Greenwich, où passe le méridien servant à déterminer toutes les longitudes. Les autres méridiens sont à intervalles réguliers de 4 degrés de longitude. Les rangées verticales de townships, ou rangs, sont numérotées successivement en chiffres romains, à

partir des méridiens. On numérote les townships en chiffres arabes à partir du 49° parallèle, du sud au nord. Chacun se divise en sections d'un mille de côté, ainsi qu'on le voit à la figure 16A. À son tour, chaque section se divise en quarts de sections, dont chacun peut se subdiviser en quarts, appelés « subdivisions légales » (figure 16B). La description d'une subdivision peut donc s'établir comme suit : SL 14, section 12, township 2, rang III, à l'ouest du 1<sup>er</sup> méridien. En Colombie-Britannique, les townships sont tracés à peu près selon le Système d'arpentage des terres du Canada, mais on les subdivise différemment.

### Quadrillage

Certaines cartes topographiques comportent en bordure des lettres ou des chiffres permettant de situer n'importe quel endroit de la carte en traçant vers le nord, le sud, l'est ou l'ouest des lignes rejoignant le nord de la carte. On peut alors donner la situation approximative de l'endroit d'après les lignes du quadrillage qui font intersection. Une autre méthode consiste à tracer au crayon, à travers la carte, des lignes joignant les amorces de quadrillage. La carte se trouve ainsi divisée en petits carrés. Si nécessaire, on peut quadriller une carte sans amorces de quadrillage en traçant des lignes, à un pouce l'une de l'autre, par exemple, et en leur attribuant des chiffres ou des lettres.

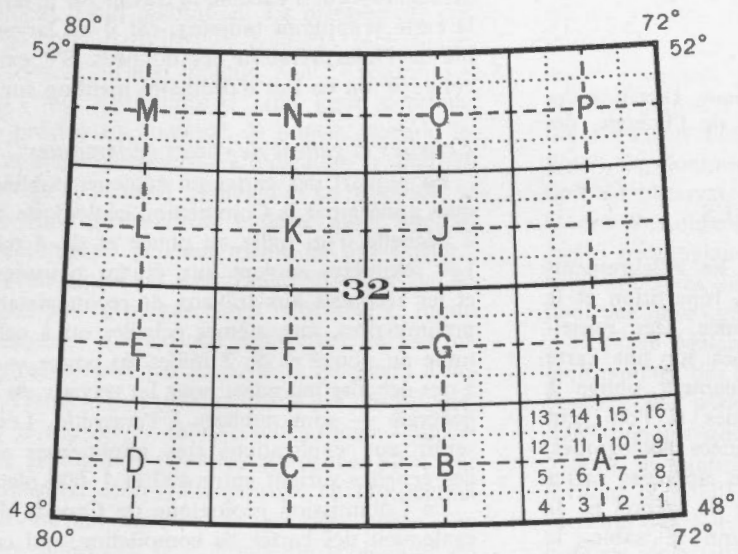
### Cartes topographiques fédérales

La Division des levés topographiques du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources publie des cartes topographiques de nombreuses parties du Canada. Elles font partie, pour la plupart, du Système national de référence cartographique et sont numérotées comme indiqué à la figure 17. Les premières cartes de la série étaient à l'échelle de 1, 2, 4 ou 8 milles au pouce ; les plus récentes sont aux échelles fractionnaires de  $\frac{1}{50\ 000}$ ,  $\frac{1}{125\ 000}$ ,  $\frac{1}{250\ 000}$  et  $\frac{1}{1\ 000\ 000}$  et correspondant approximativement aux échelles de 1, 2, 4 et 16 milles au pouce. L'échelle de ces cartes peut être convertie en pieds ou en milles en divisant le chiffre inférieur par 12 (soit le nombre de pouces au pied). Exemple:  $\frac{1}{50\ 000}$  équivaut à  $\frac{1}{12 \times 4166}$ .

On se procure des cartes topographiques fédérales, en s'adressant, par exemple, au Directeur des levés et de la cartographie, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, à Ottawa. Les bureaux régionaux de la Commission géologique du Canada peuvent fournir certaines cartes locales des régions qu'ils desservent. Il est inutile de s'adresser au bureau central de la Commission pour obtenir des cartes topographiques. En passant commande de cartes, il est utile de se reporter aux diverses cartes-index disponibles ou d'indiquer, autrement, l'endroit précis et l'échelle préférée. La plupart des cartes se vendent \$ 1 l'exemplaire.

### Cartes topographiques provinciales

Certains gouvernements provinciaux, notamment leurs ministères des Terres et Forêts publient des cartes topo-



L'unité est une feuille de 4 degrés de latitude sur 8 de longitude, publiée à l'échelle d'un millionième (environ 16 milles au pouce) et numérotée, par exemple, . . . . . **32**

Chacune des susdites feuilles est divisée en 4 feuilles de 2 degrés de latitude sur 4 de longitude, publiées à l'échelle de 8 milles au pouce (1:506,880), représentées par les abréviations N.-O., N.-E., S.-O., S.-E., et numérotées, par exemple, . . . . . **32 S.-E.**

Chaque feuille à l'échelle d'un millionième est divisée en 16 feuilles de 1 degré de latitude sur 2 de longitude, publiées à l'échelle de 4 milles au pouce (1:253,440) ou à celle de 1:250,000, portant les lettres de A à P et numérotées, par exemple, . . . . . **32 A**

Chaque feuille de 4 milles au pouce (ou au 1: 250,000) est divisée en 4 feuilles de 30 minutes de latitude sur 1 degré de longitude, publiées à l'échelle de 2 milles au pouce (1:126,720), représentées par les abréviations N.-O., N.-E., S.-O., S.-E., et numérotées, par exemple, . . . . . **32  $\frac{A}{S.-E.}$**

Chaque feuille de 4 milles au pouce est divisée en 16 feuilles de 15 minutes de latitude sur 30 de longitude, publiées à l'échelle de 1 mille au pouce (1:63,360) ou au 1:50,000, et numérotées, par exemple, . . . . . **32  $\frac{A}{2}$**

Nota: Quelques-unes des cartes de 1 mille au pouce et la plupart des cartes au 1:50,000 sont publiées en deux moitiés, la moitié est ou la moitié ouest. Le numéro devient alors, par exemple, . . . . . **32  $\frac{A}{2}$  Moitié Ouest**

Chaque feuille a pour nom celui de la plus grande ville ou municipalité de la région représentée ou celui d'un accident géographique bien connu.

On a publié une carte-index générale, intitulée "Index Map of Canada According to the National Topographical System." Elle divise l'ensemble du Canada conformément au système précité. On peut l'obtenir du Directeur de la Division des levés et de la cartographie, Ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa.

C. G. C.

Figure 17  
Schéma représentant le mode de numérotation des coupures établies à diverses échelles, d'après le Système national de référence cartographique.



graphiques. C'est le cas en Colombie-Britannique, en Ontario et au Québec.

### *Ouvrage à consulter*

*Comment commander une carte topographique*, Direction des levés et de la cartographie, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

## CARTES GÉOLOGIQUES

La carte géologique classique indique les affleurements et les formations rocheuses ainsi que la répartition et la structure des roches d'une région donnée. Ces renseignements sont habituellement surimprimés sur une carte topographique de base, ce qui généralement oblige à supprimer certains détails topographiques si l'on veut obtenir une présentation claire des données géologiques. Des cartes géologiques d'un autre genre, appelées cartes des *formations superficielles*, indiquent le genre et la répartition des dépôts glaciaires comme le sable, le gravier, l'argile et les eskers.

Les roches sont indiquées selon leur genre et leur répartition par des couleurs ou des grisés. Ces indications ne peuvent être uniformisées que dans une certaine mesure; aussi faut-il consulter les légendes des cartes. Les cartes en couleurs sont préférables, mais l'impression des cartes à grisé est plus rapide et moins coûteuse. Très souvent, les utilisateurs de cartes à grisé les colorent entièrement ou en partie. Dans la majorité des cas, on indique les affleurements et les formations rocheuses par des signes conventionnels. Sur certaines cartes plus précises, ils se dégagent en teintes foncées de la couleur délimitant la région où ils se trouvent. On représente les structures par des signes conventionnels indiquant la direction et le pendage, la schistosité, les failles, les axes de plissement, *et cetera*.

Il est à peu près impossible de porter sur une carte géologique toutes les données intéressant une région. Ainsi, la même couleur ou le même grisé peut représenter des roches de plusieurs espèces apparentées ou d'âges voisins; nombre de traits secondaires: failles, fractures, *et cetera*, doivent être omis. Règle générale, cependant, on y trouve les venues minérales, les mines, les puits de pétrole et autres indications semblables. Dans le cas d'une région riche en venues et gîtes minéraux, on y représente d'ordinaire les plus importants et, si la carte est accompagnée d'un rapport, on y indique certaines venues secondaires. Les découvertes de venues minérales qui pourraient être intéressantes seront ajoutées sur la carte ou feront l'objet d'un rapport.

Nombre de cartes s'accompagnent d'une ou de plusieurs coupes structurales illustrant, à titre d'hypothèse, la répartition des roches du sous-sol. Une légende indique la signification des couleurs, des grisés et des signes conventionnels et, d'ordinaire, l'ordre chronologique des formations, à commencer par les plus récentes. D'autres cartes portent des notes marginales résumant les données topographiques et géologiques et décrivant brièvement les principales

venues minérales connues. Le nom du géologue (ou des géologues) qui a exécuté le travail sur le terrain et a dressé la carte y apparaît toujours, car il est largement responsable de l'interprétation des données. S'il existe un rapport connexe, on en fait d'ordinaire mention sur la carte.

### *Échelles et genres de cartes géologiques*

La plupart des cartes en couleurs publiées depuis quelques années par la Commission géologique du Canada sont à l'échelle d'un mille au pouce et de 4 milles au pouce. Les premières servent aux études poussées d'une région et les secondes aux travaux de reconnaissance. Des cartes préliminaires, aux mêmes échelles ou à celles d'un demi-mille au pouce et de 2 milles au pouce — parfois même à des échelles moindres pour les travaux de reconnaissance générale — sont publiées à l'occasion. Les cartes devant servir aux explications très minutieuses sont établies à des échelles variant entre 400 et 1 000 pieds au pouce.

La Commission géologique du Canada dresse et publie également des cartes de compilation, qui coordonnent les renseignements figurant sur d'autres cartes plus précises. Il en est ainsi, par exemple, de la série des cartes régionales à l'échelle de 8 milles au pouce et des cartes dressées au 1 : 1 000 000.

Depuis sa création, la Commission géologique du Canada a dressé les cartes de milliers de zones. En outre, des organismes provinciaux l'ont fait pour une multitude d'autres. L'étendue du pays et la rareté des spécialistes font qu'une grande partie du pays n'a encore fait l'objet que de travaux de reconnaissance très incomplets. La partie cartographiée à l'échelle de 1 mille au pouce, norme d'échelle standard, n'est pas très étendue. Les prévisions relatives à l'augmentation des spécialistes en la matière permettent au plus d'envisager une faible amélioration de la production annuelle de cartes de précision, les effectifs étant absorbés par la mise à jour de cartes que les découvertes rendent périmées souvent dès leur parution.

### *Interprétation des cartes géologiques*

La précision des détails et leur nombre varient selon l'échelle adoptée et l'objet de la carte, le nombre d'affleurements rocheux examinés, la méthode utilisée pour en établir la position et, enfin, la compétence du géologue et de ses collaborateurs. Ce n'est que sur les cartes les plus détaillées, ou celles des régions pauvres en affleurements, qu'il devient possible d'examiner plus qu'une faible fraction des affleurements rocheux, encore que ceux que l'on examine peuvent donner lieu à plus d'une interprétation. Par exemple, la même région peut renfermer des intrusions granitiques de deux âges différents mais tellement apparentés que le géologue en est réduit à des appréciations subjectives. De même, une région peut renfermer deux formations de la même espèce de roche, mais d'âges bien différents: en pareils cas, on peut commettre des erreurs ou des imprécisions de corrélation, à moins qu'on ne découvre des fossiles d'âges bien connus. Une autre région peut renfermer plus de petites masses plutoniques que la méthode de levé ne permet de le déceler.

En dernière analyse, précisons qu'une carte ne rend compte que des données recueillies et des conclusions des experts au moment de sa réalisation. Le prospecteur doit s'assurer que les affleurements, les contacts géologiques, les failles, et *cetera* qu'elle indique sont « reconnus », « approximatifs » ou « présumés ». Une ligne continue, habituellement précise au huitième de pouce, marque les failles et les contacts reconnus. L'indication « approximatif » signifie que l'accident géologique en question se trouve aux environs de l'endroit indiqué alors que les formations « présumées » peuvent même ne pas exister.

Les coupes géologiques ou structurales, fondées sur les seules hypothèses du géologue, sont d'ordinaire moins fiables. Les conditions qui existent réellement en profondeur peuvent présenter des particularités impossibles à déterminer par des études de surface et même par des forages.

Ces réserves faites, on ne saurait sous-estimer l'importance des cartes géologiques pour les géologues. Elles leur facilitent la réalisation de travaux poussés de prospection et donnent lieu souvent à des repérages plus précis. On peut se procurer, auprès de la Commission géologique du Canada et des nombreux organismes géologiques provinciaux, des cartes-index des régions cartographiées aux différentes échelles.

#### *Ouvrage à consulter*

Blyth, F. G.

*Geological maps and their interpretation*, Londres, Edward Arnold, 1965.

Livre de poche abondamment illustré.

### CARTES AÉROMAGNÉTIQUES

Grâce à la Commission géologique du Canada et à un programme conjoint fédéral-provincial les intéressés peuvent se procurer diverses cartes aéromagnétiques, dressées habituellement à l'échelle d'un mille au pouce. On peut en déduire les formations géologiques recouvertes de mort-terrain et ainsi compléter les données que renferment les levés géologiques. Utiles aux programmes de prospection scientifique et aux prospecteurs classiques, elles peuvent aussi servir à la détermination d'un site ou d'une région de prospection.

On peut se les procurer, ainsi que les cartes-index correspondantes auprès de la Commission géologique du Canada et des ministères provinciaux intéressés. Étant donné l'intérêt que suscite chaque nouveau tirage, les cartes ne sont mises en vente et ne peuvent être commandées qu'à certaines périodes de l'année. Particuliers et entreprises peuvent demander à figurer sur les listes de distribution.

### AUTRES CARTES

Il existe d'autres types de cartes pour certains aspects déterminés de la prospection. À titre d'exemple, signalons la Carte minéralogique du Canada, révisée chaque année,

qui indique l'emplacement des mines et des champs pétrolifères ; les cartes des dépôts géologiques, tectoniques, glaciaires et des gîtes minéraux accompagnant l'ouvrage intitulé *Géologie et ressources minérales du Canada*. Certaines provinces publient aussi des cartes géologiques et minéralogiques. On expliquera aux chapitres IX et XI l'utilité des cartes métallogéniques. Outre les cartes aéromagnétiques, la Commission géologique du Canada et la Direction des observatoires du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources publient des cartes géophysiques. Les cartes pédologiques de certaines régions, publiées par divers ministères de l'Agriculture, se révèlent des plus utiles pour des études géochimiques.

Il existe également des cartes indiquant l'emplacement approximatif des concessions minières et autres zones attribuées à des particuliers ou à des compagnies. Dans les différentes provinces et les Territoires du Nord-Ouest et du Yukon, les ministères et administrations intéressés dressent, révisent et publient *ces cartes de claims*. On peut se les procurer aux bureaux principaux de ces organismes ou aux bureaux locaux de l'Enregistrement minier.

### RAPPORTS GÉOLOGIQUES

Les prospecteurs classiques, de même que les compagnies utilisant les méthodes scientifiques, se fient surtout aux rapports géologiques et aux cartes qui les accompagnent pour déterminer les régions et les points où ils doivent concentrer leurs recherches. Ces rapports sont publiés par la Commission géologique du Canada et par la plupart des ministères provinciaux des Mines. Il est très rare que ces documents fassent double emploi. Une étroite collaboration entre les autorités est essentielle à cet égard vu les laborieuses recherches que ce travail suppose. L'exposé ci-après vise à initier le lecteur aux principales caractéristiques de ces nombreux rapports.

La Commission géologique du Canada s'occupe de cartes et de recherches géologiques de base depuis plus de 125 ans. Depuis de nombreuses années, également, elle établit la plupart des cartes détaillées des exploitations minières et autres zones d'importance, compile les données géologiques obtenues par d'autres organismes, travaille à l'uniformisation de la nomenclature géologique et, plus récemment, coordonne les recherches géologiques. Nombre de ministères des Mines, ou organismes provinciaux assimilés, se livrent également à des recherches géologiques et publient d'excellents rapports et cartes géologiques. Ils portent généralement sur des régions ou des sujets qui n'ont pas fait l'objet d'études de la part du gouvernement fédéral ou qui, généralement, n'ont pas été étudiés de façon détaillée.

Les rapports de la Commission géologique du Canada, au nombre de plusieurs centaines, se répartissent en divers groupes appelés « séries ». Jusqu'en 1935, les rapports paraissaient annuellement et présentaient, sous la même couverture, les résultats de plusieurs études différentes. Ils ont porté divers titres : « Rapport sur les opérations », « Rapport annuel » ou « Rapport sommaire ».

Cette pratique a été abandonnée ; aujourd'hui, les publications de la Commission se répartissent en « Série des Études », « Série des Mémoires », « Série de la géologie économique » et « Série des Bulletins ». La publication de la « Série des Mémoires » a commencé en 1910, et celle de la « Série de la géologie économique », en 1909.

La « Série des Études » comprend les rapports et cartes préliminaires, publiés d'ordinaire avant l'achèvement d'une recherche sur le terrain ou avant la fin des analyses en laboratoire. Ces cartes et rapports intéressent d'ordinaire des régions particulières ; ils comportent des données essentielles des levés. Pour en hâter l'impression, les cartes portent des grisés et non des couleurs. Les rapports, auparavant polycopiés, sont maintenant reproduits par procédé offset. Lorsqu'ils ont trait de des régions généralement favorables à la prospection, les rapports résument les renseignements disponibles touchant la répartition des formations et les types des gîtes connus ou susceptibles d'être découverts.

La « Série des Mémoires » comprend des rapports assez volumineux sur les résultats définitifs de l'examen d'une région cartographiée ou d'une étude particulière faite sur le terrain ou autrement. La plupart des cartes qui y sont jointes sont en couleurs. Ces rapports sont destinés aux scientifiques, mais les non-spécialistes peuvent y trouver des renseignements utiles. L'introduction fournit ordinairement nombre de détails sur les caractéristiques de la région. Vient ensuite un bref exposé de la géologie, rédigé en une langue simple, puis une description détaillée des formations en une langue accessible aux seuls géologues de profession. Cette partie rebuttera plus d'un prospecteur : cependant les descriptions de formations de roches intrusives présentant une importance particulière pour la prospection leur seront utiles. Il est essentiel cependant qu'ils lisent attentivement la partie suivante consacrée à la description des structures géologiques, puis l'exposé sur les gîtes minéraux.

La « Série de la géologie économique » traite de questions spécialisées en relation avec l'ensemble d'une région donnée. La publication de cette série, intitulée *Géologie et ressources minérales du Canada*, renferme de volumineux rapports, dont, par exemple, *Le plomb et le zinc au Canada*. Ces rapports se fondent sur des études sur le terrain et en laboratoire. Ils renferment des renseignements très utiles sur le mode de venue et de répartition des gisements d'un métal ou minéral déterminé ainsi que la description de maints districts et gisements particuliers.

La « Série des Bulletins » comporte diverses études dignes d'être publiées, mais qui ne se rattachent ni à la « Série des Mémoires » ni à la « Série de la géologie économique ».

Les « Rapports sur les activités », de création récente, visent à fournir le plus rapidement possible des renseignements sur les travaux en cours sur le terrain ou en laboratoire, qui sont de nature à intéresser les entreprises d'exploitation minière ou pétrolière et le grand public.

Il existe également un certain nombre de cartes et de rapports non publiés. On peut en prendre connaissance

au bureau principal ou aux bureaux régionaux de la Commission.

Outre les cartes-index, la Commission géologique du Canada a établi divers catalogues relatifs à ses publications, selon deux techniques. Dans le premier cas, les publications sont groupées d'après la période de leur parution, par exemple :

*Index des publications de la Commission géologique du Canada (1845-1958).*

*Index des publications de la Commission géologique du Canada (1959-été 1964).*

*Index des publications de la Commission géologique du Canada*, publié annuellement depuis 1964.

Dans le deuxième cas, il s'agit de catalogues établis selon les sujets traités, les localités et les auteurs cités dans d'autres publications ou dont les travaux portent sur des sujets connexes. Les premiers index de cette série sont épuisés ; on peut cependant se procurer ceux des années 1927-1950 et 1951-1959 aux prix de \$ 13 et \$ 10.

On peut commander les publications de la Commission géologique du Canada en s'adressant au Directeur de la Commission, à Ottawa, ou à Information Canada. Les publications d'ordre général et celles intéressant des régions particulières sont également disponibles aux bureaux dont la liste figure à l'appendice VII. Les règlements de l'État veulent que tous les paiements soient effectués à l'avance, en devises canadiennes et de préférence par mandat-poste à l'ordre du Receveur général du Canada. Les paiements en timbres-poste ne sont pas acceptés.

Les services géologiques du ministère des Mines de plusieurs provinces publient des rapports très intéressants sur la géologie et les gîtes minéraux de nombreuses régions. Les rapports annuels de certains ministères provinciaux comportent des analyses succinctes sur certains gîtes et certaines régions. Quelques-uns de ces organismes ont publié des catalogues complets de leurs rapports.

## PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

Dans le domaine de la prospection et de la géologie, on utilise à de multiples fins, comme nous le verrons aux chapitres suivants, les photographies aériennes et les *mosaïques* (juxtaposition de plusieurs photographies aériennes). Ainsi, les photographies aériennes permettent l'exploration de lieux pour lesquels aucune carte topographique n'a été dressée. D'autre part, même lorsqu'il existe d'excellentes cartes topographiques, les photos aériennes offrent des renseignements additionnels. L'appellation « carte aérienne », de plus en plus répandue, est loin d'être exacte. Une photographie aérienne, ou une mosaïque, n'est pas une carte. Les cartes topographiques sont généralement dressées à l'aide de photographies aériennes, mais nécessitent aussi des vérifications au sol ; c'est donc abusivement que l'on parle de « carte aérienne ».

Au Canada, la photographie aérienne a débuté en 1920. Depuis, tout le pays a été photographié, tout au moins de façon préliminaire. Les pilotes et les arpenteurs du Canada ont été parmi les premiers à mettre au point des méthodes

de travail dans ce domaine et à transposer les données ainsi obtenues sur des cartes topographiques. À leur tour, les géologues et les prospecteurs en ont compris la grande utilité.

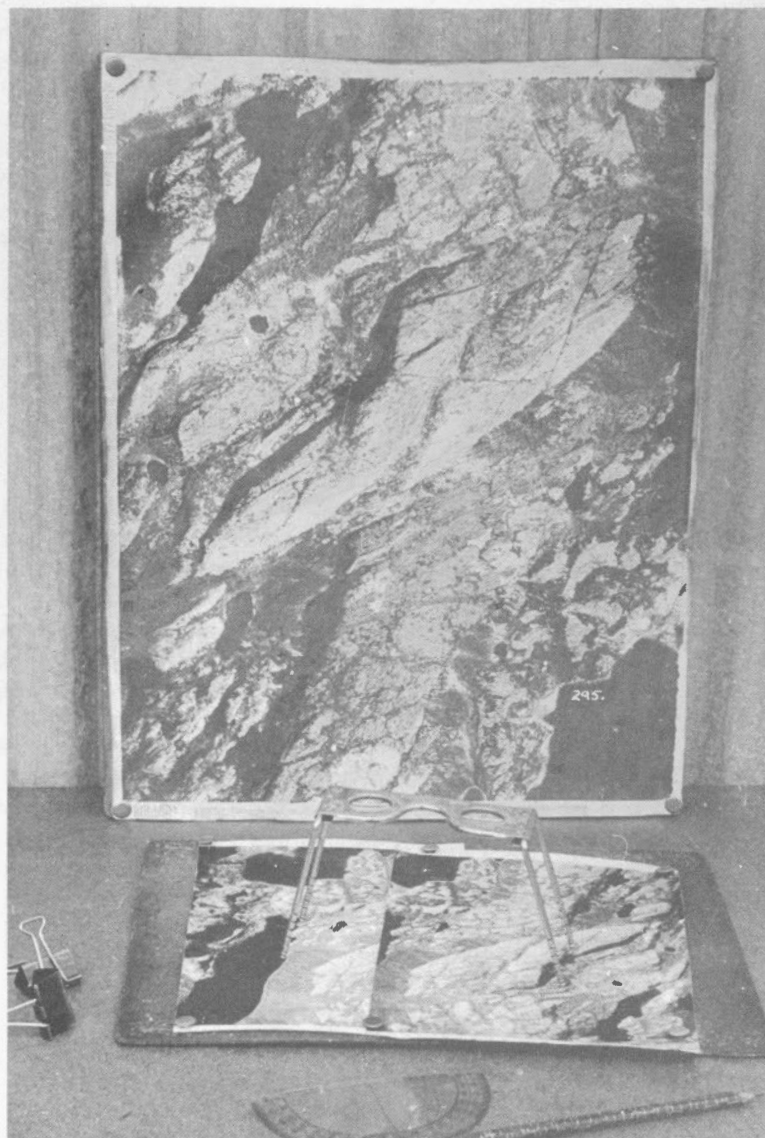
### Types de photographies aériennes

Les photographies aériennes se répartissent en trois groupes principaux : « verticales », « obliques ordinaires » et « trimétragonales ». Elles sont, la plupart du temps, prises en série suivant une ligne de vol précise. Les progrès réalisés dans la fabrication des objectifs, des pellicules et des papiers assurent d'excellentes photographies. Toutefois, maints détails géologiques se trouvent masqués par la végétation, sauf dans les régions dénudées. C'est pourquoi les photographies destinées à la géologie ou à la prospection sont en général prises au début du printemps ou à la fin de l'automne. Dans les régions accidentées ou montagneuses, il faut les prendre au milieu du jour pour éviter que des ombres viennent masquer certains détails. Comme il n'est pas toujours possible de réunir ces conditions, nombre de photos en circulation comportent des imperfections. Dans l'ensemble, cependant, elles sont satisfaisantes. Toutes les photographies, ou à peu près, sont en blanc et noir. Certaines expériences ont été tentées avec la couleur. À cause, notamment, des arbres, de la mousse et du lichen qui recouvrent les roches, les photos obtenues n'aidaient guère les géologues et les prospecteurs. Des progrès techniques pourraient accroître l'utilité de la photographie en couleur.

#### *Photographies verticales*

Pour les photographies verticales, on braque la caméra directement vers le sol. On obtient ainsi une surface plane presque sans distorsion d'échelle. Chaque photographie chevauche la voisine dans une proportion d'environ 60 p. 100 vers l'avant et 15 p. 100 sur le côté, ce qui permet de voir certains détails terrestres sur deux photographies adjacentes et de procéder à une étude stéréoscopique. Le stéréoscope est fort utile pour l'étude des photographies de régions accidentées ou montagneuses. L'image tridimensionnelle qu'il produit facilite la vision des formes du relief. Il en va de même pour l'examen des photographies des régions particulièrement planes, car il fait ressortir les légers accidents topographiques pouvant intéresser le prospecteur ou le géologue. Les marchands de fournitures pour ingénieurs et dessinateurs offrent une large gamme de stéréoscopes de taille et de prix très variables. Certains stéréoscopes accentuent le relief topographique pour permettre d'étudier les régions peu accidentées. Il en existe de portatifs pour usage sur le terrain. Mais certain estiment préférable d'en réserver l'usage au travail en photothèque ou au bureau.

Le stéréoscope ne peut servir que pour les photographies verticales qui ont été prises de sorte que chacune embrasse une partie de la superficie représentée sur la suivante. L'un des yeux voit une photographie et l'autre, la partie correspondante de l'autre photographie prise



J. D. Bateman 96537

Planche LIV Petit stéréoscope au-dessus de deux photographies aériennes prises à la verticale et placées côte à côte pour en faciliter l'examen. Au fond un agrandissement d'une partie de la région photographiée.

un peu plus loin sur la ligne de vol. L'observateur voit en profondeur ou en « relief » la surface terrestre photographiée. Il existe deux sortes de stéréoscopes, l'un à miroirs et l'autre à lentilles. Parmi les stéréoscopes à miroirs, il en existe qui sont pliants, facilement transportables. On trouve aussi un stéréoscope à lentilles, format de poche, à partir de \$ 10, mais il n'est pas facile d'apprendre à s'en servir. Voici comment utiliser le stéréoscope : on place d'abord l'une contre l'autre, et dans la position qu'elles occupent par rapport à la ligne de vol, deux photographies montrant la région ou le détail que l'on désire étudier. On pose ensuite l'instrument au-dessus des photographies de façon à apercevoir le point central de chacune des photos dans la lentille ou le miroir correspondant,

puis on fixe un élément — une île ou un petit affleurement — qui apparaît sur les deux photographies où l'on posera, sur l'une des photos, l'index de la main gauche et sur l'autre, l'index de la main droite. On met ses yeux directement au-dessus des petits miroirs ou des lentilles, puis on déplace la photographie vers la droite ou vers la gauche, vers le haut ou vers le bas jusqu'à ce que les deux extrémités des doigts se confondent. On enlève enfin les doigts. Une légère correction assure ensuite aux deux images l'exacte « fusion stéréoscopique » où tous les détails avoisinants apparaissent en relief. On ne maîtrise bien cette technique qu'après nombre d'exercices. Aussi, recommande-t-on au débutant de recourir d'abord à d'autres moyens. Par la suite, il pourra juger utile de se procurer un stéréoscope et d'en apprendre le maniement.

Les premières photographies verticales ont été prises dans la plupart des cas à une altitude d'environ 10 000 pieds, avec un objectif de huit pouces. On obtenait une échelle approximative de 4 pouces au mille et la photographie était reproduite sur papier de huit pouces sur dix. Par la suite, les progrès conjugués de l'aviation et de la photographie ont permis des altitudes de 15 000 à 20 000 pieds. L'échelle approximative est alors de 2 pouces au mille. La photographie était reproduite sur papier de dix pouces de côté. Depuis 1950, on photographie à de très hautes altitudes, soit 30 000 et 35 000 pieds, et l'on obtient une échelle approximative d'un mille au pouce. Dans des cas très spéciaux, comme pour les travaux de précision dans les régions situées à proximité des camps miniers, des photographies verticales ont été prises à des altitudes bien inférieures, d'où une plus grande abondance de détails et un élargissement de l'échelle. Certaines régions ont été survolées à maintes reprises, de sorte que l'on dispose de photographies à plusieurs échelles.

Comparée aux autres techniques, la photographie verticale offre des résultats supérieurs. À l'heure actuelle, on a couvert presque tout le territoire canadien. Les lignes de vol sont orientées d'est en ouest puis d'ouest en est. Dans certains cas, les photographies pourront être prises en suivant n'importe quelle direction. Pour trouver le nord approximatif, on choisit sur la photographie et sur une carte un détail — comme un lac, une route ou un cours d'eau — puis on oriente la photographie par rapport à la carte de sorte que le détail occupe une position analogue sur les deux. Il arrive parfois qu'une photographie révèle une ligne d'arpentage défrichée, ce qui fournit un point de repère pour déterminer, en relation avec la carte, le haut et le bas de la photo.

L'échelle d'une photographie, ou d'une série de photographies, varie dans une certaine mesure compte tenu de la distorsion produite par l'objectif de l'appareil, de l'inclinaison de l'avion, de l'irrégularité de la ligne de vol et de l'inégalité de la surface du terrain. Ces écarts d'échelle sont rectifiés par l'établissement de cartes précises au départ de photos aériennes ; mais on peut s'en passer aux fins de la prospection. On indique au dos de la photo la date et l'altitude où elle a été prise, le numéro de l'objectif et l'échelle approximative. Lorsque ces indications

n'existent pas, on peut choisir deux points sur une carte, puis mesurer et comparer les distances sur la photographie et sur la carte. Une autre méthode consiste à mesurer sur le sol la distance entre deux points qui apparaissent sur une photographie. Si on connaît l'élévation approximative du terrain, on peut calculer l'échelle approximative en soustrayant l'élévation du terrain de l'altitude de laquelle la photographie a été prise et en divisant le résultat par le degré d'ouverture de l'objectif.

### *Photographie oblique courante*

Au début, la photographie oblique s'effectuait à partir du nez d'un hydravion, l'appareil photographique légèrement tourné vers le sol à un angle de 45 degrés environ par rapport à la direction du vol. Trois photographies étaient prises dans chacune des positions de l'aéronef ; on les désignait « obliques » de gauche, du centre et de droite. Lorsque des avions à cabines plus modernes ont remplacé les hydravions, on a pu utiliser des appareils photographiques triples, disposés de façon à prendre une « oblique » dans la direction arrière le long de la ligne de vol, et des « obliques » de gauche et de droite également dans la direction arrière. Les photographies obliques donnent lieu à des effets de perspective et perdent graduellement de la précision dans la direction de l'horizon. Le débutant peut les lire plus facilement, car elles présentent une vue plus naturelle que les photographies verticales, mais les distances sont difficiles à estimer. Elles ne sont plus utilisées de nos jours aux fins de la cartographie et la plupart des régions que l'on avait d'abord photographiées de cette façon l'ont été de nouveau à la verticale. Cependant, quelques photographies obliques font ressortir certaines caractéristiques géologiques mieux que les verticales.

### *Photographies trimétrogon*

Le type de photographie trimétrogon, qui a débuté au cours de la deuxième guerre mondiale, est une combinaison des procédés « vertical » et « oblique ». Les photos sont prises du dessous de l'avion, en même temps que les « obliques latérales » de gauche et de droite, à angles droits par rapport à la ligne de vol. Les photographies de cette catégorie sont généralement prises à une altitude d'environ 20 000 pieds, avec des objectifs de six pouces, la photographie verticale étant à l'échelle approximative de 3 000 pieds au pouce.

La photographie trimétrogon est beaucoup plus rapide et bien moins coûteuse que la photographie verticale et s'adapte parfaitement à la cartographie de vastes étendues. Elle convient moins au travail de précision, à cause de l'échelle et de l'impossibilité de procéder à des examens stéréoscopiques. La photographie trimétrogon présente un avantage certain pour l'interprétation géologique : les vastes étendues qu'elle embrasse peuvent révéler des traits significatifs, comme les plissements, qui échapperaient à la photographie verticale. Réalisée à de hautes altitudes à l'aide d'appareils perfectionnés, elle permet des repérages impossibles selon l'ancienne photographie oblique.

### *Agrandissements*

Agrandies, les photographies verticales s'avèrent très utiles pour les recherches géologiques détaillées et certains travaux de prospection. Cependant, les détails s'estompent sur les agrandissements trop poussés. Dans la plupart des cas, il suffit d'agrandir à l'échelle de 400 ou 500 pieds au pouce.

### *Mosaïques*

Pour obtenir une vue d'une région plus étendue que celle représentée par une seule photographie verticale, il suffit de réunir des photos des régions avoisinantes et de les monter sur carton. Ces montages constituent ce que l'on appelle des mosaïques « non redressées et non corrigées », à cause de la distorsion. Les mosaïques fournissent des vues très utiles d'une région, un groupe de claims miniers par exemple ; mais elles ne représentent pas les emplacements et les distances de façon exacte. De grandes reproductions de mosaïques existent à l'heure actuelle pour environ les deux tiers du territoire du Canada, à des échelles variant de 4 à 12 milles au pouce.

### Les photographies aériennes

C'est à l'Aviation royale du Canada et à diverses sociétés commerciales d'aviation, travaillant à forfait pour le compte de différents ministères du gouvernement fédéral, que l'on doit la plus grande partie des photographies aériennes du Canada. De nombreux travaux de photographies ont également été entrepris pour le compte de gouvernements provinciaux et de sociétés minières, pétrolières et forestières. Les photos prises pour le compte d'entreprises privées sont rarement disponibles.

### *Services de l'administration fédérale*

Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources assure le service de la Photothèque nationale de l'air, à Ottawa. On y conserve une épreuve de chaque photographie prise pour le compte du gouvernement fédéral, soit environ trois millions. Les visiteurs peuvent y étudier les photographies de toutes les régions, mais la Photothèque ne les prête pas. Elle accepte les commandes d'épreuves. On désigne les photographies par des numéros de série, qui comportent habituellement un numéro de vol et un numéro de série : la direction est également indiquée s'il s'agit d'une photographie oblique ou trimétrogon.

La Photothèque offre gratuitement une carte indiquant les photographies disponibles. Les épreuves ordinaires coûtent 60¢ et les agrandissements jusqu'à \$ 13 (40

pouces par 60). Le prix des copies de mosaïques est comparable à celui d'un agrandissement de même dimension.

On peut commander des épreuves et des mosaïques à la Photothèque, directement ou par la poste, en joignant à la commande un exemplaire ou un calque de la meilleure carte topographique disponible sur lequel on aura délimité exactement la région qui nous intéresse. Il importe aussi de fournir les renseignements suivants :

- 1) L'échelle désirée, s'il s'agit de photographies verticales. Pour certaines régions, on peut se procurer des photographies aux échelles approximatives de 1, 2 et 4 pouces au mille, et même à une échelle encore plus grande dans certains cas ;
- 2) Le type de papier (mat ou glacé) désiré — les reproductions sur papier mat sont préférables pour les inscriptions à la plume ou au crayon, mais le fini glacé fait mieux ressortir les détails ;
- 3) Si l'on désire ou non en faire l'examen au stéréoscope, auquel cas on aura besoin de deux fois plus d'épreuves.

La commande est exécutée après réception du paiement, qui doit être fait par mandat-poste à l'ordre du Receveur général du Canada.

### *Services des gouvernements provinciaux*

En Colombie-Britannique, en Alberta, en Ontario et au Nouveau-Brunswick, on peut examiner ou acheter des photographies d'une bonne partie du territoire dans les bureaux du gouvernement de la province. Pour de plus amples renseignements à ce sujet, s'adresser aux organismes suivants :

- 1) Photothèque de l'air, ministère des Terres et Forêts, Victoria (C.-B.).
- 2) Directeur des services techniques, ministère des Terres et Forêts, Edmonton (Alberta).
- 3) Arpenteur général, ministère des Terres et Forêts, Toronto (Ontario).
- 4) Directeur de la Photogrammétrie, ministère des Terres et Forêts, Fredericton (N.-B.).

D'autres ministères provinciaux ont remis des photographies prises pour leur compte à la Photothèque nationale de l'air à laquelle on peut adresser les demandes de renseignements à ce sujet.

### *Ouvrages à consulter*

Bostock, H. S.

*Catalogue of selected air photographs*, Commission géologique du Canada, Étude 68-21, 1968.

*Comment se procurer une photographie aérienne*, Photothèque nationale de l'air, Direction des levés et de la cartographie, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

# méthodes de prospection conventionnelle

En prospection classique, on s'occupe essentiellement de la recherche de dépôts appréciables de minéraux dans des affleurements et des graviers, placers compris, sans spécialisation dans une discipline comme la géologie, la géophysique ou le génie minier. Le prospecteur classique, qui recherche certains types de gisements, utilise communément des instruments assez simples comme le compteur Geiger, la lampe fluorescente ou l'aiguille d'inclinaison. Nous étudions plus longuement ces instruments dans le chapitre consacré à la prospection spécialisée ; nous les mentionnons ici parce qu'ils intéressent aussi les prospecteurs classiques compétents. Ceux-ci doivent également pouvoir faire des observations géologiques courantes et tirer efficacement parti des informations fournies par les cartes et les rapports géologiques. En réalité et malgré des différences notables, il n'y a pas de ligne de démarcation bien nette entre la prospection classique et les méthodes spécialisées décrites dans les chapitres suivants.

Bien qu'elle repose surtout sur des principes d'ordre scientifique, la prospection classique tient plus de l'art que de la science ; elle comporte une large part de chance et donne libre jeu aux préférences personnelles, aux dons, à la compétence et à l'expérience de chacun. Il n'existe donc pas de méthode rigide et absolue pour ce genre de prospection ; presque tout dépend de la personne en cause, du métal ou du minéral recherché et du genre de région prospectée.

Nous nous bornerons donc ici à décrire les méthodes qui nous paraissent rationnelles quant au choix d'un domaine de prospection et à l'organisation de la recherche. Nous avons essayé de nous en tenir à une moyenne, afin que ce chapitre rejoigne et les prospecteurs classiques, non pourvus de connaissances techniques, et les mieux formés ou les plus expérimentés. Notre étude envisage des conditions moyennes ; le lecteur comprendra que des conditions particulières exigent certaines modifications. Nous supposons que le prospecteur travaille seul et qu'il prendra lui-même ses décisions. Cependant, plusieurs de nos propos s'appliquent aussi aux travaux de prospection organisés auxquels participent des prospecteurs traditionnels.

## CHOIX D'UNE RÉGION

Il va de soi que le choix d'une région ne se pose pas si le prospecteur s'en tient à sa propre région ou encore à une région où il demeure temporairement. En pareil cas, il recueillera de la documentation géologique sur la région et c'est à partir de cette documentation et de ses propres observations qu'il connaîtra le genre de venues présentes ou éventuelles. Ensuite, si la région est tant soit peu favorable, il procédera de la manière décrite plus loin. Bien entendu, un terrain aussi restreint n'offre pas un champ d'action très vaste. Néanmoins la zone de résidence peut avoir beaucoup à offrir aux prospecteurs locaux — à moins qu'elle ait déjà fait l'objet de recherches approfondies. Les régions facilement accessibles ayant déjà été prospectées, la chance favorisera naturellement le prospecteur traditionnel le plus compétent et le plus habile.

La plupart des prospecteurs de métier n'hésitent pas à entreprendre des voyages de quelques semaines ou d'une saison entière ; pareille expédition suppose une période d'étude et de préparation qui peut avoir duré un hiver entier. Il en va autrement s'il s'agit d'un prospecteur chevronné s'attaquant à une région donnée que ses recherches antérieures lui ont permis de connaître ou de quelqu'un qui veut participer à une « ruée » générale vers une région minière nouvellement mise en évidence. Le choix d'une région repose habituellement sur l'une ou l'autre des considérations suivantes :

- 1) Un objectif défini, comme la recherche de gisements d'un métal ou d'un minéral en particulier ;
- 2) La richesse générale et potentielle d'une région, que l'on croit favorable à la prospection, sans rechercher un minéral ou un métal en particulier ;
- 3) L'annonce de nouvelles découvertes importantes ;
- 4) L'accessibilité de la région ;
- 5) Des considérations d'ordre personnel, comme les ressources financières du prospecteur, sa constitution physique, son expérience, ses préférences et le temps dont il dispose.

1) *Objectif défini.* Nombre de prospecteurs s'attachent pour un temps à tel ou tel métal parce qu'il fait l'objet d'une forte demande et qu'il est « à la mode ». Dans ce cas, ils se dirigeront là où se trouve probablement le métal de leur choix. L'or, par exemple, n'a pas attiré beaucoup de prospecteurs ces dernières années, parce que le prix en reste fixe alors que les salaires et les autres frais d'exploitation d'une mine augmentent de façon constante ; aujourd'hui, il faudrait donc une découverte extraordinaire pour ramener l'attention et les capitaux vers l'or. En revanche, la recherche d'uranium avait suscité il y a quelques années un vif intérêt, étant donné que la vente en était assurée (dans certaines conditions), jusqu'en 1962, et qu'il avait fait l'objet d'un grand battage publicitaire. Au cours des dernières années, on a surtout recherché de bons gisements de nickel, de cuivre ou de molybdène. Au lieu de se limiter à un seul objectif, il

vaudrait probablement mieux concentrer ses efforts sur deux ou trois catégories de gisements qui peuvent exister dans une région donnée. Dans tous les cas, un prospecteur doit toujours être à l'affût de découvertes imprévues. On trouvera plus loin (chapitre xv) d'autres renseignements sur la demande et les perspectives de prospection relatives à de nombreux métaux et minéraux. Comme les prix et la demande de la plupart des métaux et minéraux varient constamment, le prospecteur doit se dire que des changements ont pu advenir depuis la rédaction de tout rapport dont il prend connaissance ; par conséquent, avant de commencer ses recherches sur le terrain, il étudiera les cours des métaux pendant les six mois qui précèdent son départ.

Tout prospecteur devrait lire au moins un journal ou une revue d'information minière (ou mieux, s'y abonner), afin de se tenir au fait des cours des métaux, des tendances de la demande de divers métaux et des dernières découvertes et régions. Après avoir choisi quelques métaux, il étudiera des publications officielles, par exemple les exposés sommaires sur les métaux et sur les minéraux produits au Canada, que publie annuellement le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, ou des rapports sur des métaux particuliers publiés dans *Géologie économique* et les « Séries préliminaires » de la Commission géologique du Canada, ou encore des rapports sur des métaux particuliers publiés par certains ministères provinciaux. Il faut souligner que l'intérêt pour un type particulier de gisement est souvent cyclique. Pendant une période où un métal et un genre particulier de gisement suscitent moins d'intérêt, la prospection peut être plus facile (les autres chercheurs n'étant pas sur les rangs). Par contre, il est évidemment plus difficile de trouver les fonds nécessaires à de telles prospections et d'intéresser des sociétés aux découvertes possibles.

Après étude approfondie, le prospecteur choisira un métal particulier ; même s'il met tout en œuvre pour atteindre son objectif principal, il ne doit jamais perdre de vue la présence possible d'autres gisements. Il se documentera le plus possible sur la demande et le mode de rencontre du métal choisi, sur les usages auxquels il se prête et lire des rapports traitant de certaines des principales régions où des gisements ont été découverts, au Canada ou ailleurs. S'il a accès à une bibliothèque minière, il se procurera ces renseignements sans avoir à acheter une foule de publications qui ne lui serviront peut-être qu'une fois ; dans une bibliothèque, il pourra également parcourir des ouvrages épuisés. Après avoir lu des comptes rendus parlant de quelques-unes des principales régions, il consultera des catalogues d'intérêt général et trouvera ainsi des références à propos de beaucoup d'autres venues de la substance qui l'intéresse. Il y apprendra que tel ou tel métal se retrouve particulièrement dans des zones ou des régions bien déterminées. Là-dessus, les cartes métallogéniques générales et particulières publiées par la Commission géologique du Canada sont de précieux atouts, les cartes de ce genre indiquent les venues connues ou les groupes de venues de métaux, en fonction de la géographie et de la

tectonique régionale. D'habitude on y distingue les diverses catégories de venues telles que les veines, les pegmatites, les gîtes stratiformes, *et cetera*.

Le prospecteur est maintenant prêt à décider où il ira. De trois choses l'une : ou il se dirigera vers une région où l'on a découvert d'importants gisements du genre de ceux qu'il recherche ; ou vers une région contenant au moins des venues d'importance secondaire ; ou vers une région simplement favorable, d'une façon générale, à la présence de tels gisements. Si le vieux dicton suivant lequel « l'endroit le plus favorable à la découverte d'une mine serait une région minière existante » n'est pas sans valeur, il n'est pas non plus absolument sûr. Notons que de telles régions ont généralement été jalonnées ; et que s'il s'agit de régions abandonnées, elles ont déjà été prospectées de façon assez complète selon les méthodes traditionnelles, de sorte que seules les méthodes spéciales de prospection auraient vraiment quelque chance de réussite. Le prospecteur peut opter pour une région moins fréquentée par les chercheurs, où l'on a trouvé du métal et dans laquelle il peut y avoir plus de chances et pour la prospection traditionnelle, et pour l'obtention des terrains libres. Il peut également aborder une région où la présence de métal n'a pas encore été signalée, mais où les conditions géologiques ressemblent à celles de régions renfermant des gîtes importants ; enfin il peut aussi baser son choix sur une théorie ou une intuition personnelles.

Quand le choix est réduit à quelques régions, le prospecteur avisé devrait se renseigner sur le nombre de claims jalonnés. On peut parfois trouver ce renseignement dans les journaux ou auprès des prospecteurs locaux qui connaissent la situation ; sinon, il faut se procurer des cartes de claims auprès du ministère compétent, selon les indications fournies ailleurs. Ces cartes couvrent en général un township ou canton, ou des superficies plus étendues dans le cas d'une région non divisée en municipalités. Ainsi renseigné, le prospecteur décidera peut-être que le nombre de claims jalonnés dans la région est si grand qu'il ne vaut pas la peine de s'y rendre. De toute façon, nous lui conseillons aussi de consulter le registraire minier de la région pour savoir à combien s'établit le nombre de claims jalonnés récemment.

2) *Richesse générale et potentielle*. Il n'est pas essentiel d'orienter sa prospection vers un métal ou un minéral particulier. Surtout dans le cas des métaux, de nombreuses régions renferment plusieurs métaux en quantités rentables. Nombre d'importants camps miniers présentent certains caractères géologiques analogues, mais non identiques. On peut donc choisir un champ de prospection simplement parce qu'on sait qu'il présente certains traits géologiques ordinairement liés à la présence de gîtes minéraux, et cela même si l'on n'y a rien trouvé jusque-là. C'est ce qui arrive, par exemple, dans les zones de roches vertes du Bouclier canadien ainsi que dans les régions renfermant des systèmes de failles et de fractures prononcées, des zones de contact de stocks et de batholites, des roches intrusives, ou formations sédimentaires ou volcaniques du même genre ou du même âge que celles des



gîtes minéraux trouvés ailleurs. Comme on attribue les concentrations exploitables de métaux ou de minéraux à la rencontre de particularités géologiques exceptionnelles, ces concentrations se situent ordinairement dans des régions aux caractéristiques géologiques anormalement complexes.

3) *Nouvelles découvertes.* Il arrive souvent que prospecteurs et autres personnes se ruent vers des régions où l'on signale de nouvelles découvertes. Cela se comprend mais, à moins d'être « dans le coup » depuis le début, on constatera vraisemblablement que la région est déjà jalonnée sur une grande superficie autour des gîtes de découverte. Lors de ces ruées, c'est d'ordinaire une course au jalonnement, à laquelle participent des gens qui, purs spéculateurs, espèrent revendre leur claim rapidement, ainsi que des prospecteurs qui croient bon de jalonner d'abord et de se renseigner ensuite, de peur d'arriver trop tard pour trouver des terrains libres. Les retardataires doivent prospecter à la limite de la région ou attendre que des claims deviennent périmés. Mais tout n'est pas désavantage là-dedans, car il existe parfois des gîtes éloignés de plusieurs milles du gîte initial ou des claims qu'on a délaissés après les avoir prospectés à la hâte. Toutefois, il est bon d'y songer à deux fois avant de participer aux ruées les plus populaires car, vu la foule des concurrents, les services de transport et autres pourront être mis à rude épreuve et beaucoup de rapports préliminaires peuvent avoir été exagérés.

4) *Accessibilité.* Il convient de bien peser les avantages et les désavantages des régions accessibles et des régions éloignées. On trouve de bons moyens de transport dans les régions avoisinant les agglomérations, ce qui les rend plus faciles d'accès et réduit les frais de déplacement, de vivres et de matériel. Comme elles sont en général mieux décrites par les cartes et les rapports, l'expédition des échantillons et des résultats d'analyses y demande moins de temps. Quand il s'agit d'une région facile d'accès, on persuadera plus aisément les sociétés d'y envoyer un représentant chargé d'examiner un gîte de découverte, puisque les frais d'exploration d'un gisement sont bien moins élevés ; enfin (c'est le point le plus important) un gîte de teneur et de dimensions restreintes peut être plus invitant, du seul fait qu'il est proche et accessible, qu'un gîte plus important mais dont l'exploitation entraînerait des frais de transport élevés ou exigerait des moyens de transport spéciaux. La plupart des régions accessibles n'offrent cependant plus beaucoup de possibilités. Ici, il vaut donc mieux recourir aux méthodes spéciales de prospection. L'emploi des méthodes classiques permet tout au plus d'espérer découvrir un coin négligé ou de souhaiter qu'un métal ou un minéral, hier sans valeur, soit aujourd'hui hautement apprécié.

Plus le prospecteur s'éloigne des régions peuplées et des voies d'accès faciles, plus il a de chances de faire une découverte par les méthodes classiques, mais il aura à résoudre un plus grand nombre de difficultés. En dehors des problèmes de transport et de travail dans des régions éloignées, l'examen d'une découverte doit indiquer des te-

neurs plus élevées que celles des découvertes faites dans des endroits plus accessibles.

L'accessibilité peut influencer d'une autre façon sur le choix d'un champ de prospection. La construction récente ou prochaine d'une route ou d'une voie ferrée rend plus attrayante pour le prospecteur la région avoisinant cette route ou cette voie ; elle favorise donc la mise en valeur des découvertes. Les tranchées pratiquées dans le roc, pour l'établissement de nouvelles routes ou voies ferrées, permettent habituellement d'exposer de nouvelles surfaces.

5) *Considérations d'ordre personnel.* Les moyens financiers du prospecteur ou de ses bailleurs de fonds influent généralement sur le choix de la région. Les fonds ou le temps dont il dispose peuvent lui interdire certains endroits éloignés. Il se peut aussi que sa constitution physique lui interdise les endroits trop éloignés ou montagneux ou qu'il n'ait pas une expérience suffisante des déplacements et de la vie dans de tels endroits. Enfin, il y a des questions de goût : tel préférera les endroits plutôt reculés, tel autre aimera les régions plus peuplées, tel autre encore hésitera devant un voyage en canot ou en avion ou devant quelque autre aspect de la prospection dans une région donnée.

## APRÈS LE CHOIX DE LA RÉGION

Le choix de la région arrêté, le prospecteur doit se renseigner le plus possible sur le secteur où il se rendra. À cette fin, il peut consulter des listes de publications pour apprendre quels rapports géologiques et cartes il peut obtenir de la Commission géologique du Canada ou du ministère provincial des Mines (si la région appartient à une province). Il peut demander aux services gouvernementaux de quels renseignements ils disposent sur la région en cause, qu'il aura soin de bien préciser. Si les cartes géologiques ne lui suffisent pas, il peut d'ordinaire obtenir des cartes topographiques des services fédéraux ou provinciaux dont les adresses sont indiquées dans une autre partie du présent volume. Il devra, si possible, étudier soigneusement ces cartes et ces rapports avant de se rendre sur le terrain. Il est toujours sage de noter les renseignements pertinents trouvés dans des publications épuisées ou qu'on ne peut emporter avec soi sur le terrain. Outre un exposé géologique et une description des gîtes minéraux connus, la plupart des rapports géologiques contiennent des renseignements sur les façons de se rendre dans la région et de s'y déplacer, sur les routes qu'on peut emprunter, sur les affleurements plus ou moins visibles de la roche de fond, ainsi que des conseils sur la prospection et divers renseignements d'ordre général. En organisant ainsi son voyage, le prospecteur peut juger du matériel et des approvisionnements qu'il lui faut emporter, de la partie de la région à examiner en premier lieu et établir un programme provisoire de travail.

Quand c'est possible, le prospecteur devrait étudier les photographies aériennes avant de se rendre sur place.

D'une valeur inestimable pour les régions dont il n'existe pas de cartes ou de rapports géologiques, elles servent aussi de complément aux cartes et rapports. Si l'on peut visiter la collection de la Photothèque nationale de l'air à Ottawa ou celle de certains organismes provinciaux, on étudiera les photos de la région et on prendra les notes et les calques jugés utiles. Sinon, il est possible de commander des photocopies à la Photothèque, comme nous l'avons expliqué dans un précédent chapitre. Nombre de prospecteurs savent mettre à profit les photographies aériennes, tant sur le terrain que pour préparer leur programme provisoire. On expliquera ces techniques dans un prochain paragraphe du présent chapitre.

À moins de connaître à fond les règlements régissant le jalonnement dans la province ou le territoire en cause, le prospecteur doit se procurer un exemplaire de ces règlements et l'étudier attentivement. Il doit aussi obtenir un permis de jalonnement ou son équivalent. On peut obtenir des exemplaires des règlements en en faisant la demande, en personne ou par écrit, au bureau principal des ministères provinciaux intéressés\* ou aux bureaux régionaux d'enregistrement; les permis s'obtiennent également des registraires.

En se rendant à la région choisie, le prospecteur aura souvent l'occasion de s'arrêter au bureau du géologue résident, du registraire minier ou de quelque autre fonctionnaire qui le renseigneront sur la région ainsi que sur le nombre de terrains déjà jalonnés et sur celui des prospecteurs qui vraisemblablement y travaillent. Ces bureaux disposent aussi de plus récentes cartes des claims. Le nouveau venu rencontrera probablement d'autres prospecteurs qui consentiront à le renseigner, ainsi que divers éclaireurs et représentants de sociétés minières auxquelles il voudra peut-être demander plus tard de participer à la mise en valeur d'un gîte qu'il aura découvert. Permettons-nous de donner ici un conseil aux débutants. La prospection et les autres secteurs de l'industrie minière sont des domaines où s'exerce une vive concurrence: ceux qui se livrent à cette activité n'ont pas l'habitude de crier leurs découvertes sur les toits. Il n'est donc pas prudent de demander directement à un prospecteur où il se rend, où il a été, ce qu'il a trouvé ou ce qu'il pense de la découverte ou du terrain de quelque autre prospecteur; mieux vaut attendre qu'il veuille bien donner spontanément des renseignements de cet ordre. Il convient également de se méfier des rapports exagérés: naturellement optimistes, les prospecteurs se laissent parfois entraîner par leur enthousiasme. Il arrive aussi que l'on fasse voir à un prospecteur des spécimens provenant d'une tout autre région et qu'on le mette sur une fausse piste pour lui jouer un mauvais tour ou pour l'induire en erreur.

Pendant qu'il se trouve dans la ville où doit commencer la dernière étape de son voyage, le prospecteur doit prendre des dispositions pour qu'on lui garde ou qu'on lui transmette son courrier, pour qu'on le ravitaille périodi-

quement au besoin et, s'il voyage par avion, pour qu'on vienne le prendre à un moment et à un endroit bien précis. Si la ville possède un service d'analyse, il voudra peut-être prendre des dispositions pour que l'on fasse l'essai des échantillons qu'il expédiera une fois rendu sur le terrain, et qu'on lui transmette les résultats de ces essais.

## TRAVAIL DANS LA RÉGION CHOISIE

Avant d'atteindre la zone choisie, le prospecteur saura probablement si les circonstances lui permettront de travailler pendant un certain temps à partir d'une base à peu près permanente, d'où il fera peut-être quelques brefs voyages sans transporter beaucoup de bagages ou s'il aura à se déplacer souvent en emportant tout son équipement. Dans le premier cas, l'établissement de sa base lui demandera sans doute un certain temps.

Ensuite, il cherchera sans doute à se familiariser avec quelques-unes des roches et des venues dont on connaît la présence dans les environs. Il l'aura déjà fait partiellement en cours de route, car même s'il voyage par avion, il aura observé le terrain et il peut avoir organisé une reconnaissance aérienne, au lieu de se rendre directement à son premier campement. Si la carte géologique de la région existe, il ira examiner les affleurements des différentes formations et catégories de roches pour les comparer aux descriptions des géologues. Si elle n'existe pas, le prospecteur voudra explorer le terrain, en canot ou à pied, pour avoir une idée des roches et des structures, afin d'établir un programme de ses travaux. En cours de route, il enregistrera dans sa mémoire les principaux repères ou, mieux encore, il en tracera un croquis; cette mesure l'aidera à s'orienter. Si on signale la présence de gîtes minéraux abandonnés dans les environs, il voudra examiner lui-même ces gîtes; de telles observations enrichissent les connaissances générales du prospecteur et complètent le savoir acquis par l'examen d'échantillons, lors de cours ou à la maison. Il apprendra à juger de la valeur d'une découverte en essayant de déterminer si l'on a abandonné ces gîtes parce qu'ils étaient épuisés, trop petits, trop pauvres, trop erratiques, *et cetera*. Il ne faut jamais oublier qu'il est parfois dangereux, surtout pour des gens non avertis, de pénétrer dans une galerie de mine abandonnée. Un prospecteur peut également avoir la possibilité de visiter des chantiers de prospection en cours d'essais; mais à cause des règlements de sécurité, l'autorisation d'aller dans les galeries d'une mine en exploitation est généralement difficile à obtenir.

Le mode de prospection dépend des préférences et de l'expérience de chacun. De façon générale, toute prospection nécessite des recherches patientes et minutieuses, surtout si la région a déjà été prospectée. On devra toujours tenir un journal, mentionnant les caractéristiques des découvertes et des échantillons prélevés. Les conditions géologiques de la région et le genre de gîte qu'on cherche ou qu'on peut rencontrer sont des facteurs importants. Le prospecteur aura probablement décidé d'étudier d'abord

\*Dans le cas du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest, les lettres doivent être adressées au chef de la Division de la gestion des ressources, ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien.

certaines formations, failles, zones de contact ou autres particularités dont on présume ou connaît l'existence. Puis, il continuera en examinant cette zone de façon plus ou moins méthodique, en suivant des lignes de cheminement rapprochées si les affleurements semblent rares (figure 19), ou en allant d'affleurement en affleurement si ceux-ci sont visibles et en grattant ici et là, au besoin, la mousse ou le terrain de couverture superficiel. Dans les zones pauvres en affleurements, le prospecteur tâchera de dénicher des fragments de roches logés dans les racines des arbres renversés et des blocs à arêtes vives ramenés à la surface par l'action du gel ; ces deux catégories sont assez différentes des formes arrondies des cailloux et galets qui viennent probablement de loin et n'ont que peu ou pas de rapport avec le lit de roches sous-jacent. La figure 18 représente les cheminements effectués en une période de trois jours, à un endroit où les affleurements étaient rares. Après avoir laissé son canot au point A, le prospecteur a marché vers le nord, tout en prospectant, jusqu'au point B où se trouvait une zone de contact d'un massif de granite indiqué sur une carte géologique et qu'il voulait étudier. Il y pénètre puis s'en écarte en zigzaguant ; il observe quelques affleurements, mais ne voit aucun signe de minéralisation. Vers la fin du jour, il atteint le point C, à partir duquel il s'oriente à la boussole pour revenir à son canot. En regagnant le point A, il traverse un petit ravin au point D où il remarque des affleurements présentant des signes de cisaillement ; il en conclut que la zone méritait une prospection à fond. Il marque le chemin parcouru jusqu'au point A, afin de pouvoir revenir sur ses

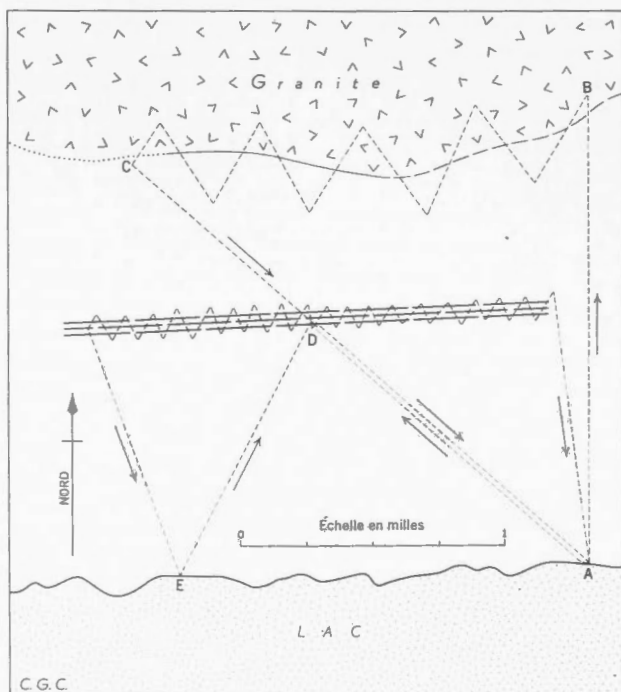


Figure 18. Exemple de cheminements de prospection.

pas. Le lendemain, il retourne au ravin, marchant en zigzags assez rapprochés ; il passe là toute la journée puis revient à son canot au point A. Le jour suivant, il laisse son canot au point E et se rend au point D, se guidant à la boussole. Après quoi, il parcourt la partie ouest de la zone. Ainsi, en trois jours, il a parcouru l'intersection de deux zones pouvant être favorables, fait plusieurs cheminements en divers points du terrain intermédiaire et examiné la rive de A à E. Lorsqu'il apercevait des affleurements au cours de ces cheminements, il modifiait son trajet afin de pouvoir les examiner.

Le prospecteur moins méthodique ou celui qui manque d'indices pour choisir une zone à prospecter se contentera de traverser le terrain comme il l'entend. Presque tous les prospecteurs s'accordent pour reconnaître que le parcours assez systématique de la zone de prospection par « cheminements », au moins dans les parties les plus favorables, donne en définitive les meilleurs résultats, bien qu'il ne soit pas toujours sage de retenir trop longtemps ou trop opiniâtrement une seule théorie ou un même ensemble de conditions. Ce sont, avant tout, la nature du terrain et la visibilité qui indiqueront s'il vaut mieux aller d'affleurement en affleurement, se diriger le long des crêtes ou cheminer le long de lignes déterminées à la boussole.

Dans le troisième cas, celui de la prospection de claims déjà jalonnés, il convient de parcourir ces claims de façon assez poussée et méthodique, s'attardant surtout aux roches ou aux structures jugées les plus favorables. La prospection des claims se fait souvent le long de lignes espacées de 100 à 500 pieds, dans un sens qui traverse plus ou moins la direction dominante des formations ou des structures (figure 19). On la cadastre grossièrement au moyen de la boussole ou du pointage de piquets, tel qu'indiqué dans le chapitre XIV, et on peut, au besoin, la marquer et la dégager. Si l'on a affaire à un prospecteur expérimenté ou à une équipe organisée incluant des géologues, il arrive souvent qu'on fasse des observations géologiques le long de ces lignes ; on réunira alors les résultats obtenus en vue d'établir une carte géologique. Dans certains travaux, on effectue le long des lignes des lectures au moyen d'appareils tels que les compteurs Geiger ou les aiguilles d'inclinaison. Les mêmes lignes peuvent également servir lorsqu'on entreprend une prospection plus détaillée sous forme de levés géologiques, géophysiques ou géochimiques (chapitres XI, XII et XIII). Dans la prospection détaillée de certains centres miniers reconnus, on peut trouver souhaitable, si les terrains de couverture ne sont pas trop épais, d'enlever de fortes quantités de terres ou de creuser d'importantes tranchées à angle droit des formations ou structures particulièrement favorables. Quelle que soit la méthode adoptée, il faut prendre des notes et, si possible, indiquer sur une carte l'endroit précis des relevés ou des échantillonnages.

Dans la plupart des régions, on pourra éliminer certains secteurs moins avantageux et s'en tenir aux meilleurs. Néanmoins, il ne faut pas oublier que ces éliminations sont aléatoires, et qu'elles ne représentent qu'un des

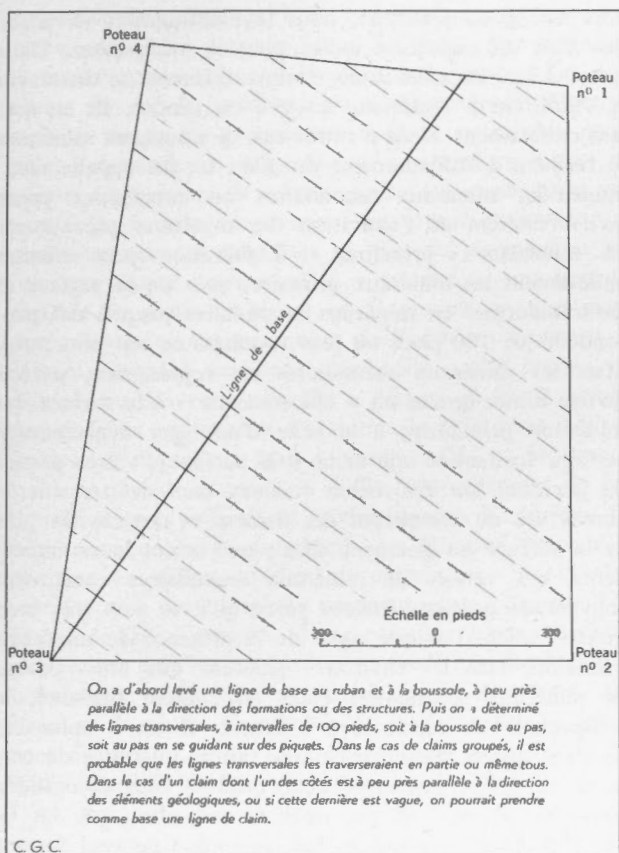


Figure 19. Levé de lignes fait en vue de la prospection à fond d'un clair.

moyens de prospecter des terrains qui semblent plus avantageux. On peut laisser certains secteurs de côté parce que les affleurements rocheux y sont rares, mais il ne manque pas de gîtes importants à des endroits dépourvus ou presque d'affleurements. La chose advient parfois lorsque des gîtes se forment dans des roches fissurées ou faillées qui s'altèrent rapidement, ou lorsque les minéraux d'un gîte s'altèrent aisément. Dans l'un et l'autre cas, il se produit des dépressions dans lesquelles, par un processus naturel, s'entassent des terrains de couverture. Les régions basses se prêtent donc bien à la prospection par les méthodes classiques, pourvu que la couverture ne soit pas trop épaisse, et il conviendrait d'en tenir compte. Les secteurs étendus qui recouvrent des roches granitiques ou gneissiques uniformes sont d'ordinaire placés parmi les terrains les moins avantageux ; mais comme de tels milieux recelaient parfois des gîtes, on ne peut les éliminer complètement. On se souviendra, en particulier, que ces secteurs ne sont peut-être pas constitués aussi uniformément que pourraient le laisser croire les résultats des premiers examens ou les cartes géologiques établies à partir de cheminements largement espacés.

L'un des premiers principes que doit connaître tout prospecteur, c'est qu'abondance des venues ne signifie pas nécessairement exploitation avantageuse. Ce fait ne doit

pas engendrer le découragement, mais les débutants doivent apprendre à ne pas laisser leur imagination s'emballer chaque fois qu'ils trouvent une venue. Au contraire, ils doivent continuer à chercher les bonnes venues ou les petits affleurements, peut-être plus étendus sous les terrains de couverture ou à de plus grandes profondeurs.

Supposons que l'on nous demande à quoi doit surtout s'attarder le prospecteur à l'œuvre. Voilà une question à laquelle il est très difficile de répondre car trop de facteurs entrent ici en jeu, dont un impondérable : la personnalité du prospecteur ; tout dépend aussi du genre de gîte recherché et des conditions des lieux. Nous examinerons donc brièvement les principaux indices et les principales méthodes qui se sont révélées utiles, surtout dans la prospection des gîtes métallifères. Soulignons que tous les indices n'apparaissent que rarement dans un seul gîte, mais qu'on peut en trouver quelques-uns dans un même endroit.

**Veines.** Les veines constituent l'une des catégories les plus courantes de gîtes, grands ou petits. Elles sont parmi les plus faciles à reconnaître, surtout s'il s'agit de veines de quartz. De couleur claire, elles tranchent d'ordinaire sur la roche encaissante et leur résistance à l'érosion produit souvent des affleurements bien visibles. Par « veines » nous entendons ici non seulement les lits minces, qui sont des filons proprement dits, mais aussi les veinules, les « stockworks » et les amas irréguliers de quartz ou d'autres minéraux filoniens.

Bien des veines et autres masses de quartz (appelé quartz stérile) ne contiennent pas de minéraux de valeur. La plupart de ces veines sont dépourvues ou presque de cette variété transparente, faite de véritables cristaux de quartz ; elles n'offrent le plus souvent qu'un quartz d'un blanc laiteux ; parfois, il est bleu, gris (fumé), ou rose ; le quartz stérile, généralement vitreux, emprunte parfois une teinte bleuâtre. Cependant les caractéristiques que nous venons de mentionner ne signifient pas nécessairement que le quartz ne vaut rien. Nombre de veines de quartz ne sont pas stériles, mais contiennent de l'or, des sulfures ou des minéraux comme la scheelite, soit en quantités peu importantes, soit en quantités exploitables.

Plusieurs veines ne contiennent pas de quartz ou en contiennent très peu. Les veines composées uniquement d'un ou de plusieurs minéraux métalliques sont rares, mais il s'en trouve néanmoins, comme dans le cas de l'argent natif. Le plus souvent les minéraux de gangue forment la totalité de la veine ; une veine qui n'est pas composée surtout de quartz, l'est habituellement de calcite et d'autres minéraux carbonatés.

Toutes les veines, si petites soient-elles ou si pauvres qu'elles puissent paraître, méritent un examen attentif car elles peuvent mener à de plus importantes ; de même des secteurs stériles peuvent conduire à des secteurs riches.

**Pegmatites.** Pâles et résistants à l'érosion, les dykes ou masses irrégulières de pegmatite, sont très faciles à trou-

ver ; même s'ils ne valent généralement pas grand-chose, il faut quand même les étudier à fond, car ils peuvent receler des minéraux de valeur en quantités exploitables.

*Structures favorables.* Le prospecteur doit être à l'affût d'indices de cisaillement, de fracture ou de faille, parce que même si de telles structures ne contiennent ni filons, ni autres gisements à l'endroit précis où il les voit d'abord, il peut en découvrir de fort intéressantes dans les environs et parfois tout près.

*Découverte de minéraux de valeur en place.* Le prospecteur peut parfois apercevoir des minéraux de valeur à la surface d'affleurements, ou dans les fragments d'une roche qu'il a lui-même brisée ; il y en a peut-être tout près de cette roche ; il y en a peut-être qui furent mis à jour par des travaux de terrassement. C'est en particulier le cas des minéraux résistants comme l'or, qui ne se corrode ni ne se décompose facilement et qui peuvent être disséminés en grains extrêmement petits. Un grand nombre d'autres minéraux, à la surface ou près de la surface, sont très sensibles aux intempéries et donc sujets à l'altération ; on ne les trouve que par des indices indirects, comme la présence de minéraux associés ou celle de minéraux secondaires (voir plus loin). Ainsi donc, même si de loin en loin d'importantes quantités de minéraux de valeur sont bien en évidence, le plus souvent, les choses se passent tout autrement : ce n'est qu'à la suite d'un examen minutieux du voisinage de l'endroit où l'on a trouvé un peu de ce minéral ou observé quelque indice indirect, que l'on aboutit à des résultats intéressants. Plusieurs des minéraux les plus appréciés sont lourds ; un prospecteur s'attardera donc à tout matériau qui paraît plus lourd que la roche normale, même s'il en ignore la valeur exacte. Il passera ce matériau à la batée ou en expédiera des échantillons à l'analyse.

*Associations de minéraux.* Des associations minérales connues peuvent aider à découvrir un gîte où le minéral de valeur est si altéré en surface qu'on ne saurait l'identifier aisément. Souvent des minéraux plus résistants coexistent avec celui qu'on cherche, ce qui peut fournir une indication très utile.

Il a déjà été question d'associations de minéraux à propos des veines de quartz. Le plus souvent dépourvu de valeur lorsqu'il est seul, le quartz est un minéral résistant et apparent auquel s'associent souvent des minéraux de valeur. Toutefois, de nombreux cas d'associations ne sautent pas aux yeux : il en est ainsi quand l'or s'associe à la pyrite ou à d'autres minéraux sulfurés ; le nickel à la pyrrhotine ; l'argent aux minéraux plombifères et zincifères. Le prospecteur tâchera donc de se rappeler le plus possible ces associations minéralogiques. S'il découvre des masses assez étendues de minéraux susceptibles d'indiquer la présence de minéraux plus importants, il en lavera des échantillons à la batée ou les fera analyser.

*Chapeaux de fer, colorations minérales...* Plusieurs minéraux métallifères s'altèrent assez rapidement à l'humidité. Quoique nous en traitions plus à fond au cha-

pitre des gîtes minéraux, nous le mentionnons ici parce que c'est un important indice pour le prospecteur. Dans certains cas, les métaux ou d'autres éléments se dissolvent et s'infiltrent à l'intérieur du gîte ou encore, ils en sortent entièrement. Dans d'autres cas, de nouveaux minéraux se forment à l'affleurement du gîte ; on les appelle communément minéraux secondaires ou supergènes parce qu'ils résultent de l'altération des minéraux préexistants ou minéraux « primaires ». L'altération peut affecter entièrement les minéraux primaires près de la surface et les transformer en minéraux secondaires jusqu'à des profondeurs de 100 pieds ou plus (quoique ce soit plus rare). Mais les minéraux secondaires ne représentent parfois qu'une mince croûte ou « efflorescence » à la surface des minéraux primaires ; à la suite d'un léger déplacement, certains formeront une tache à la surface d'autres parties du gisement, sur des roches voisines, dans des terrains de couverture ou rempliront des fissures et des cavités près de la surface du gisement. Quels que soient leurs antécédents, ces venues de minéraux secondaires constituent souvent de précieux indices parce qu'il se peut très bien qu'elles soient l'unique signe de la présence de minéraux primaires dans les environs ; ajoutons que bon nombre de minéraux secondaires étant de couleur brillante, le prospecteur les reconnaîtra aisément. Il est à noter cependant que la présence de très faibles quantités de certains minéraux primaires peut produire des colorations étendues ; il ne faut pas oublier, non plus, que les lichens et autres végétations sur les roches peuvent former des incrustations colorées qui ressemblent, de prime abord, à des colorations minérales.

Comme on trouve souvent de la pyrite et divers autres minéraux ferreux primaires dans les venues minérales, les minéraux secondaires présents dans les affleurements, tels la limonite, dériveront du fer. Les minéraux ferreux primaires s'oxydent et forment des affleurements de couleur rouille, allant du jaune au brun chocolat ou au rouge ; on les nomme habituellement *chapeaux de fer*, appellation attribuable aux anciens mineurs de Cornouailles. Le chapeau de fer typique se compose de limonite et d'une masse cellulaire de quartz qui a résisté à l'altération ; au sens large, l'expression désigne tout affleurement de couleur rouille. Malheureusement, beaucoup de ces chapeaux n'ont pas la moindre valeur parce qu'ils proviennent soit de très faibles quantités de minéraux de fer sulfurés, soit de la pyrite (laquelle fait l'objet d'une demande seulement dans des circonstances particulières). Néanmoins, certains chapeaux de fer peuvent mener à la découverte de gisements utiles qui contiennent de l'hématite ou des minéraux sulfurés de valeur ou d'autres minéraux comme l'or qui coexistent ordinairement avec ces derniers. Il est à noter que, la magnétite ne s'oxydant facilement que lorsqu'elle coexiste avec des minéraux sulfurés, les chapeaux de fer n'en indiquent parfois pas la présence.

Bien d'autres minéraux primaires importants peuvent se transformer en minéraux secondaires caractéristiques constituant des indices très utiles. Voici les principaux : le cuivre produit la malachite et l'azurite, de couleur

respectivement verte et bleue, la première ressemblant au vert-de-gris et la seconde au vitriol bleu. Les arséniures de nickel prennent une coloration vert pomme. Les arséniures de cobalt produisent une efflorescence allant du rose au rouge. La molybdénite s'altère en minéral jaune pâle. Les minéraux manganésiens se transforment en minéraux secondaires de couleur noire qui ressemblent souvent à de la suie ou prennent un aspect chatoyant ; ces minéraux peuvent s'éloigner un peu du gisement et former une masse noire appelée « tampon » (ou bourre), capable de cimenter le sol ou le gravier en une masse dure. Les minéraux contenant de l'uranium s'altèrent aisément, donnant naissance d'ordinaire à des jaunes, des orangés ou des verts vifs. On a désigné et décrit nombre de minéraux secondaires d'uranium de différentes couleurs jaunes ou orangées ; mais à moins qu'ils ne se rencontrent en grande quantité, il suffit habituellement de leur donner le nom collectif de produits jaunes à uranium. Les minéraux contenant du plomb ou du zinc peuvent se changer en divers oxydes ou carbonates. Blancs dans certains cas, ces composés prennent aussi plusieurs couleurs ; de façon générale, ils ne constituent pas des guides aussi utiles que les associations précédentes. Beaucoup de colorations et de dépôts secondaires se dissolvent dans l'eau et les pluies abondantes ou la fonte des neiges les font disparaître. Pour les trouver à ces endroits, il faut donc briser la surface rocheuse.

Bien que nombre de chapeaux de fer et d'autres gisements secondaires aient peu de valeur, il vaut cependant la peine de les étudier tous, les travaillant au pic ou aux explosifs pour atteindre les minéraux primaires, les lavant à la batée dans l'espoir de déceler des traces de minéraux primaires plus lourds (ou à faire analyser des échantillons).

*Altération des roches encaissantes.* Les roches encaissantes de nombreux gîtes minéraux subissent des modifications dues à l'introduction de solutions qui ont précédé ou accompagné le dépôt des minerais. D'ordinaire, ces solutions réagissent avec les minéraux de la roche primitive pour former de nouveaux composés minéraux, ou concentrer en granules ou amas disséminés à partir des mêmes minéraux que l'on retrouve dans le gîte proprement dit. La distance entre les zones altérées et le gisement variera de quelques pouces seulement à plusieurs pieds. Les minéraux d'altération les plus communs sont le mica blanc, la chlorite, le quartz ou autres composés de silice, la calcite ou autres composés carbonatés et la pyrite ou l'hématite disséminées. En étudiant les zones d'altération voisines de gisements de minéraux connus, le prospecteur apprend à reconnaître les genres les plus usuels. Il doit sans cesse songer à la possibilité de rencontrer des venues semblables de roches altérées ; si les roches altérées autour du gisement ont affleuré, alors que le gisement même n'est ni découvert, ni facile à reconnaître, une telle « rencontre » pourrait lui être extrêmement profitable.

*Trainées de minerai.* Il arrive souvent que des fragments provenant de gisements miniers soient transportés par

les glaciers, les cours d'eau, les crues, l'action du gel ou la gravité. Si ces fragments viennent de loin, ils sont presque tous arrondis ; mais s'ils ont parcouru peu de chemin, ils présentent pour la plupart des angles plus ou moins prononcés. Le terme *trainée* (ou guidon), s'applique généralement à des fragments de minéraux aux angles plus ou moins prononcés, l'expression laissant entendre que les fragments ont été entraînés à quelque distance de leur point d'origine. On trouve de ces trainées dans le lit des cours d'eau ou à la surface du sol et surtout sur le flanc des collines. Si l'on trouve d'autres fragments, on peut ainsi remonter jusqu'à la source. En général, plus les fragments sont gros et anguleux, plus la source est proche. Dans certains cas, on peut remonter un cours d'eau en éliminant au fur et à mesure ses tributaires qui ne charrient pas de fragments du minéral recherché. On circonscrit de la sorte la région où se trouve la source. D'autre part, s'il s'agit du flanc d'une colline, on constatera peut-être que les fragments forment à peu près un triangle dont le gisement constitue le sommet. Dans les régions pauvres en affleurements, il faudrait regarder de près les dépressions causées par les arbres renversés ainsi que les racines de ces arbres, car des fragments ont pu s'y loger.

Nous étudions au chapitre XI la remontée des trainées de minerai dans une moraine, genre important et généralement compliqué de prospection spécialisée ; les prospecteurs classiques d'expérience pourront sans doute tirer profit de nos données sur le sujet.

*Batée.* Outre son utilité pour la prospection des placers et pour les essais, la batée se révèle souvent très utile pour la prospection des gisements en roche dure. Plusieurs auteurs ont récemment émis l'opinion que les prospecteurs ne recourent pas suffisamment à la batée pour la prospection ou la reconnaissance des gîtes minéraux. Le lavage à la batée peut concentrer les paillettes ténues, contenues dans le lit des cours d'eau, les graviers ou le sol, et invisibles dans les conditions ordinaires. Parfois, les paillettes peuvent être uniformément dispersées dans la moraine glaciaire ; mais la découverte de paillettes fines au moyen de la batée se révèle également utile pour retrouver le point d'origine de produits minéraux, si l'on recourt à une méthode d'élimination semblable à celle qu'on vient d'exposer pour retrouver les particules plus grosses.

La batée sert aussi à faire l'essai d'échantillons prélevés dans des chapeaux de fer ou dans d'autres affleurements, afin de savoir s'ils contiennent des minéraux lourds de valeur et d'en estimer la quantité. On évitera ainsi les frais et les retards occasionnés par l'obtention d'analyses préliminaires. L'essai peut se faire sur les lieux, s'il y a de l'eau, ou au camp. On broie les échantillons dans un mortier ou, à défaut, on les martelle sur une surface plane et dure comme le côté d'une hache. On tiendra l'échantillon dans un sac de toile pendant le martelage, afin d'éviter toute perte de particules. Pour libérer les particules des minéraux, il faut pulvériser assez finement l'échantillon. La meilleure façon d'y arriver consiste à tamiser l'échan-

## UTILISATION DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES



A. H. Lang 89570

Planche LV Le lavage à la batée permet de rechercher et d'évaluer des filons aussi bien que des placers.

tillon de temps en temps et à broyer ensuite les morceaux retenus dans le tamis. On recommande le tamis de 60 à 80 mailles au pouce, surtout si les minéraux semblent se présenter en grains très fins ; mais on conseille aux débutants de commencer par des matières grossières.

Si le concentré obtenu à la batée contient des minéraux sulfurés, on les fait griller dans la batée ou dans d'autres récipients pendant quatre ou cinq heures, sur un feu vif. On libérera ainsi les particules d'or ou d'autres minéraux qui peuvent se trouver dans un minéral sulfuré. Si l'on commence par bien incorporer au concentré une quantité égale de chlorate de potassium, on peut réduire la période de grillage. Une fois le chlorate décomposé, l'échantillon doit demeurer sur le feu pendant plusieurs minutes au rouge vif. On pulvérise ensuite l'aggloméré, on le tamise et on le lave à la batée.

Nous expliquerons plus en détail au chapitre xvi l'art de laver à la batée. Les prospecteurs de filons utilisent en général de petites batées, parfois même des poêles à frire dont on a enlevé la queue.

On doit examiner soigneusement à la loupe tout concentré ou résidu obtenu à la batée. Le prospecteur incapable de reconnaître les composants peut faire un essai ou expédier le concentré au laboratoire pour examen ou analyse.

La méthode du lavage à la batée n'est pas infaillible : si l'on découvre un gros gîte, il vaut mieux faire analyser les échantillons, même si le lavage n'a pas permis de constater la présence de matières de valeur.

Les photographies aériennes ne sont pas essentielles à la prospection classique, mais elles se sont révélées utiles de plusieurs façons. Tout d'abord, elles guident le chercheur dans le choix de la région générale à prospecter, ainsi que nous l'avons déjà mentionné. Ensuite, elles peuvent remplacer ou compléter les indications topographiques figurant sur les cartes. Dans plusieurs régions, il est possible de déterminer exactement où l'on se trouve à partir d'une photo — alors que cela aurait été impossible avec une carte — en notant un petit lac caractéristique, une île, un groupe d'arbres ou d'autres traits du paysage.

Les photos aériennes permettent de prévoir le trajet de prospection ou le cheminement systématique à suivre pendant quelques heures, une journée ou quelques jours. En certains endroits, elles servent même, pourvu que l'on ait un peu de pratique, à distinguer les affleurements et les masses rocheuses les plus importantes des terrains de couverture et de la végétation. Tout en étant très utile, la méthode est cependant loin d'être infaillible. L'expérience acquise dans l'utilisation des photographies aériennes pour les levés géologiques a démontré que les photographies permettent de différencier aisément les roches de leurs terrains de couverture dans nombre de régions ; mais comme maints espaces contiennent des affleurements recouverts de végétation, de mousse et de lichens, ou de quelques pouces de mort-terrain, les photos en question ne renseignent pas sur les cheminements au sol. Les affleurements dégagés par les feux de forêts postérieurs à la prise des photos n'apparaîtront évidemment pas non plus sur les éprouves.

En certains lieux, on peut déterminer, à partir de photos aériennes, la direction générale de formations géologiques telles que des couches, des surfaces de contact, des failles ou des dykes, soit en raison de la forme et de la disposition des affleurements, soit parce que ces formations apparaissent lorsqu'elles traversent des zones de roches vives. L'ensemble de ces formations se nomme parfois la *trame*. Pour qui veut étudier les différentes conditions d'un lieu donné, la connaissance de la trame générale s'avère souvent utile parce qu'il vaut généralement mieux prévoir un cheminement de prospection en travers de la trame plutôt que parallèlement à celle-ci.

Si les roches sont bien visibles sur une photo aérienne, toute personne ayant une bonne expérience de l'interprétation géologique de telles photos peut souvent, sans se rendre sur les lieux se faire une bonne idée de la nature des roches et des structures. Une fois sur place et après avoir étudié quelques affleurements rocheux afin de connaître la nature exacte des roches et des structures apparentes sur les photos, le prospecteur se sera enrichi de nouvelles connaissances ; elles lui faciliteront l'interprétation d'autres photos et la préparation de ses expéditions à venir. Les photos en question révèlent, en général, des détails géologiques qui ne sauraient figurer sur les cartes

géologiques même les plus détaillées et permettent souvent de distinguer de vastes formations géologiques qui ne seraient pas aisément visibles du sol. Il est quasi impossible d'apprendre, à partir d'explications écrites, l'art de reconnaître les roches et les structures sur les cartes géologiques. Il s'acquiert par l'étude de publications illustrées, par des cours spécialisés ou à l'école de l'expérience. Quelques-unes des illustrations de ce volume reproduisent des photographies aériennes ; on en trouve aussi plusieurs dans d'autres ouvrages, et le récent *Catalogue of selected air photographs* (Commission géologique du Canada, étude 68-21), en contient beaucoup.

Un prospecteur qui adresse ses rapports à ses employeurs ou à ses commanditaires de même qu'un autre qui souhaite la collaboration d'une société susceptible de dépêcher des représentants sur les lieux de sa découverte doit presque nécessairement joindre à son envoi un croquis. Mais le meilleur croquis ne vaudra jamais une photographie aérienne sur laquelle il aura signalé les points essentiels ; ou encore, à partir d'une ou de plusieurs photos, un schéma reproduisant routes, pistes, principaux lacs et cours d'eau, configurations géologiques importantes, emplacement des découvertes. De tels documents doivent toujours comporter l'échelle approximative et la direction du nord.

Le site exact des endroits visités, les lignes de cheminement, les numéros d'identification des échantillons ou des spécimens et les renvois au carnet de route peuvent être reportés sur une photo ou sur un croquis. On peut encore percer d'une épingle le document, à l'endroit voulu, et encercler le trou au verso, notant à côté les notes ou chiffres correspondants.

## INSPECTION PRÉLIMINAIRE D'UNE DÉCOUVERTE

Le prospecteur qui a trouvé une venue doit décider combien de temps il passera à explorer sa découverte avant d'en chercher d'autres peut-être plus intéressantes. Il est question au chapitre xiv de l'exploration et de l'appréciation des gîtes minéraux, plus particulièrement en fonction du travail ultérieur à la découverte d'un gîte possible. La présente section se borne à examiner ce qui se produit pendant la prospection et non ce qui survient une fois prise la décision de procéder à de grands travaux sur un gîte découvert. Néanmoins, certains aspects mentionnés plus loin à propos de l'évaluation, de l'échantillonnage et de l'exploration s'appliquent également aux problèmes préliminaires et compléteront les brèves remarques formulées ici.

Les venues minérales ne manquent guère, mais il est plutôt rare que leur importance et leur richesse en justifient l'exploitation. Il n'existe pas de données statistiques exactes à ce propos mais, d'après la plupart des spécialistes, la grande majorité des venues minérales ne méritent même pas l'appellation de « zones d'intérêt » (dont moins de 1 p. 100 deviennent des mines productives). Dans une région tant soit peu favorable, le prospecteur peut donc

trouver assez fréquemment de petites venues. À chacune, il ne doit consacrer que tout juste le temps de se convaincre qu'elle ne semble pas être l'indice d'un gîte plus étendu. Lorsqu'il n'en est pas absolument convaincu, comme il arrive parfois, il vaut mieux marquer l'endroit, en attendant de pouvoir l'examiner plus à fond, puis chercher une venue plus encourageante. Certaines d'entre elles sautent aux yeux et on peut juger rapidement de leur importance et de leur richesse. Pour d'autres, il faut enlever la mousse ou une mince couche de couverture. Parfois des minéraux primaires apparaissent à la surface ou dans des morceaux de roche détachés au marteau ; ailleurs des chapeaux de fer ou d'autres minéraux secondaires recouvrent les venues qu'il faut alors piquer ou gratter pour atteindre rapidement les minéraux primaires. S'il s'agit d'une venue manifestement petite, le prospecteur peut décider de ne pas prélever d'échantillon ou, s'il en prélève quelques-uns, de les jeter plus tard, s'il découvre un gîte plus encourageant.

Aucune règle précise ne permet de dire s'il convient de consacrer beaucoup de temps à la mise à nu d'une venue, de faire des recherches dans le voisinage immédiat ou d'entreprendre une prospection générale. Il est très rare que des venues visiblement minimes indiquent à elles seules la présence d'un gros gîte recouvert de mort-terrain ou de roche stérile, mais de nombreux prospecteurs s'emballent sans raison devant la première venue qu'ils aperçoivent. L'expérience joue ici un grand rôle et il faut se demander si l'on pourra assez facilement revenir sur les lieux un autre jour. Le meilleur conseil à donner, semble-t-il, c'est de faire un peu de mise à découvert et d'échantillonnage, notant soigneusement l'endroit et les autres détails pertinents, puis de continuer à chercher d'autres venues. Si, après plusieurs jours ou semaines de prospection, on a découvert plusieurs venues, on peut s'occuper plus minutieusement de celle qui donne le plus d'espoir ; mais si l'on n'a rien trouvé d'autre, on pourrait étudier plus attentivement la première. Au cas où elle paraîtrait assez importante pour présenter quelque intérêt, on fera un échantillonnage soigné et, au besoin, on mettra le gîte à nu ou l'on pratiquera des tranchées. Nous reparlerons de ces questions plus à fond au chapitre xiv.

### Ouvrages à consulter

- Goodwin, W. L.  
*A handbook of prospecting*, 4<sup>e</sup> éd., Nat. Bus. Publ., Gardenvale (Qué.), 1956.
- Hammond, W. P.  
« Mining exploration needs the prospector », *Can. Mining J.*, avril 1962, pp. 45 et 46.
- Hoffman, A.  
*Free gold*, Rinehart, 1947.
- Lonn, G.  
*The mine finders*, Pitt, 1966.
- Munsterhjelm, E.  
*Fool's gold*, Allen et Unwin, 1957.
- Townsley, B. F.  
*Mine finders*, Saturday Night Press, 1935.



## méthodes spéciales de prospection

Ces dernières années, les travaux de prospection au Canada ont surtout porté sur des programmes systématiques entrepris par des sociétés, à partir de données de base publiées par des organismes gouvernementaux. Ces programmes appliquent habituellement des méthodes géophysiques, géologiques ou géochimiques à l'exploration des gîtes « enfouis » ou « aveugles », c'est-à-dire recouverts de mort-terrain ou de roche stérile (figure 5). Les méthodes spéciales de prospection, qui comprennent aussi la prospection sous-marine, font également appel à des prospecteurs du type classique pour certains travaux à exécuter sous surveillance, à des hommes de science ou à des prospecteurs spécialisés qui explorent les affleurements ou recherchent des gîtes particulièrement difficiles à identifier.

On emploie divers termes pour désigner l'ensemble de ces activités. On parle de « prospection scientifique », mais cette expression n'est pas tout à fait juste car les meilleures méthodes de prospection classique revêtent, depuis quelque temps, un caractère plutôt scientifique. On parle d'« exploration minérale », mais il est d'usage aussi de rattacher à cette expression le sens d'examen des venues plutôt que leur découverte ; de plus, elle évoque trop l'idée d'exploration géographique et on l'emploie aussi quelquefois en y incluant l'idée de prospection selon les méthodes ordinaires. La « prospection professionnelle » peut aussi couvrir, dans son acception, la prospection à plein temps selon les méthodes ordinaires. La « prospection indirecte » se dit surtout de la découverte de gîtes enfouis et invisibles qu'il faut détecter par des méthodes indirectes, mais ceci ne comprend pas les techniques avancées d'étude des affleurements. Pour toutes ces raisons, l'expression « méthodes spéciales de prospection » nous semble la plus appropriée.

Les méthodes spéciales ont une origine assez lointaine ; elles débutèrent en Scandinavie lorsqu'on utilisa des méthodes magnétiques pour circonscrire des gisements connus de fer et, plus tard, pour explorer des gîtes semblables et enfin quand les géologues entreprirent pour la première fois l'étude des affleurements avec l'idée bien arrêtée de trouver des gîtes minéraux exploitables. L'utili-

sation des méthodes géochimiques n'a débuté au Canada qu'après la première guerre mondiale. Les méthodes géologiques particulières, autres que les études géologiques détaillées et la cartographie, furent mises au point à la faveur de l'intensification des recherches de minerais aurifères par suite de la hausse de la cote de l'or en 1934. Jusque vers 1940, on ne fit pas l'essai au Canada des méthodes géochimiques, parce que la prospection des affleurements a été poursuivie ici plus longtemps que dans les pays plus petits ou plus peuplés ; d'ailleurs, l'opinion générale prétendait que notre pays, vu sa glaciation très étendue, était impropre à l'emploi des méthodes géochimiques.

La plupart des méthodes spéciales sont coûteuses. En outre elles sont tellement techniques qu'elles nécessitent la présence d'hommes de science ou d'ingénieurs ; eux seuls sont en mesure de déterminer les endroits à explorer et la marche à suivre, d'exécuter ou de surveiller les travaux et d'en interpréter les résultats. Quelques méthodes, dont les études géophysiques simples comme celles qui utilisent les aiguilles d'inclinaison ou les détecteurs de radioactivité, ainsi que quelques méthodes géochimiques, sont à la portée des prospecteurs traditionnels très compétents travaillant à leur compte. Toutefois, les chercheurs moins expérimentés doivent d'abord se familiariser à fond avec les méthodes ordinaires et, de préférence, acquérir plusieurs années d'expérience avant de recourir aux méthodes spéciales, sauf s'ils travaillent sous surveillance. Au novice qui cherche de l'uranium, on conseille un seul appareil spécial, le détecteur de radioactivité ; et s'il cherche du tungstène, une lampe à ultraviolets. Il reste que l'interprétation des résultats obtenus avec ces instruments est souvent si difficile que maints prospecteurs n'y parviennent pas. Maints débutants sont portés à croire que ces méthodes nouvelles, ces instruments perfectionnés les dispenseront de l'étude théorique et pratique des méthodes ordinaires. Ils ne semblent pas comprendre qu'il s'agit là d'équipement complémentaire destiné à des fins particulières. Il arrive aussi qu'ils soient indûment attirés par une réclame ou des étalages bien intentionnés vantant les mérites de trousse ou d'instruments peu encombrants mais destinés à des spécialistes.

La plupart des prospecteurs qui appliquent les diverses méthodes spéciales de prospection le font de bonne foi, et ils ont à leur disposition des appareils très sûrs. Il faut cependant être prudent quant à certains dispositifs, certaines techniques et certains soi-disant experts, comme il s'en est trouvé dans le passé et comme il s'en trouvera probablement d'autres encore. L'attrait de la richesse minérale cachée et l'incertitude caractéristique des travaux qui s'y rapportent ont depuis longtemps servi les chevaliers d'industrie, exposant par le fait même les naïfs à bien des embûches. Au moyen âge, d'après Agricola, on a pendu des gens qui se prétendaient capables de découvrir des gîtes minéraux au moyen de baguettes, à la façon de nos sorciers. De nos jours, certains affirment encore pouvoir trouver du minerai par des moyens aussi simples ou à

l'aide de dispositifs plus mystérieux et même par simple divination et sans aucun appareil. On s'évitera des déceptions et des pertes financières en recourant aux services de spécialistes ou d'ingénieurs réputés, en n'achetant que des instruments recommandés dans les manuels courants ou les rapports officiels, et en se tenant loin des dispositifs inconnus ou mystérieux.

## APPLICATIONS DE LA GÉOLOGIE, DE LA GÉOPHYSIQUE ET DE LA GÉOCHIMIE

Les chapitres suivants traiteront des applications de ces trois branches des sciences de la Terre, qui ne sont pas nettement distinctes sous certains aspects. Nous dirons cependant quelques mots de ces trois branches dès maintenant parce que le présent chapitre touche des questions connexes. Géologie, géophysique et géochimie ont traversé leur « crise de croissance », certaines périodes de revers et de scepticisme ; maintenant bien établies et reconnues, elles prennent une importance croissante. On accorde de plus en plus d'attention aux recherches visant à améliorer les méthodes et techniques connues de prospection et à en créer d'autres, mais il faudra multiplier encore davantage les efforts à mesure que les gisements à explorer deviendront à la fois plus difficiles à découvrir et plus pauvres. Les trois groupes d'hommes de science collaborent volontiers et se renseignent mutuellement sur leurs techniques et leurs problèmes.

C'est la géologie qu'on mentionne en premier lieu, puisque la recherche géologique et les cartes géologiques officielles constituent les éléments de base du choix initial des zones à explorer. Tout programme de prospection peut comporter certaines démarches géologiques bien particulières comme l'interprétation poussée des photographies aériennes, les études géologiques et la cartographie plus détaillées pour ajouter aux renseignements disponibles, ainsi que l'élaboration de théories (hypothèses), concernant l'existence possible et l'emplacement de gîtes minéraux particuliers. De plus, on étudie la géologie d'abord parce que les résultats des études géophysiques et géochimiques seront interprétés en fonction de la géologie et en rapport avec le milieu géologique en cause.

Les méthodes géophysiques se fondent sur la mesure des propriétés physiques des roches et des minéraux de la croûte terrestre. Ces méthodes relèvent de deux catégories principales, dont l'une s'intéresse aux phénomènes naturels et l'autre, aux effets des courants ou rayons émis par des appareils géophysiques. Parmi les phénomènes naturels mesurés (méthodes passives), mentionnons l'intensité magnétique, la gravité, la radioactivité et les courants alternatifs qui résultent d'une décharge d'électricité atmosphérique ou de sources d'énergie électrique de l'ionosphère. Parmi les effets « provoqués », mentionnons les études sismiques, qui consistent à mesurer les réflexions ou les réfractions résultant d'explosions ou de battage intentionnels ; les méthodes électriques, qui consistent à

faire circuler des courants souterrains et à en mesurer l'intensité pendant et après leur passage dans les roches ou les gîtes minéraux ; la fluorescence, occasionnée par une exposition aux rayons ultraviolets.

Les études géophysiques régionales complètent les cartes géologiques en fournissant des données sur les propriétés magnétiques, gravimétriques, sismiques, électriques et radioactives des roches, ce qui simplifie la délimitation des frontières géologiques et des structures sous-jacentes aux terrains de couverture. Tandis que les études de la radioactivité ne servent à mesurer les effets qu'à la surface des roches ou du mort-terrain, les études magnétiques, gravimétriques, sismiques et électriques peuvent indiquer quelles conditions existent en profondeur, fournissant ainsi des données sur les structures et les conditions lithologiques des assises profondes. Les études magnétiques, électriques et radiométriques d'une région sont menées habituellement à bord d'aéronefs, tandis que les études sismiques et gravimétriques ont lieu sur le terrain ou à bord de navires. Les études locales visant à obtenir des renseignements plus précis sur des secteurs choisis ou à délimiter certains gisements déterminés, sont effectuées dans certains cas à l'aide des méthodes précitées, mais on a surtout recours aux méthodes électriques, les unes applicables à bord d'un aéronef ou au sol, les autres n'ayant été appliquées qu'au sol. La prospection géophysique comporte des inconvénients dont celui-ci : malgré la diversité des moyens susceptibles d'indiquer les régions et zones propres à l'exploration en profondeur, la plupart des méthodes destinées à identifier des gîtes précis ne pénètrent, pour l'instant, pas aussi profondément qu'on pourrait le souhaiter. Diverses méthodes électriques, à moins d'être utilisées dans des trous de sonde, n'atteignent que des profondeurs de 500 à 1 000 pieds ; il y a lieu d'espérer qu'éventuellement on mettra au point des méthodes magnéto-telluriques qui permettront de déceler, jusqu'à des profondeurs de 2 000 pieds, des masses conductrices représentant quelques millions de tonnes de minerai. À l'aide de magnétomètres très sensibles, il est sans doute possible de découvrir la présence de masses de magnétite à des profondeurs encore plus grandes.

La prospection géochimique repose sur le fait que plusieurs gîtes minéraux sont entourés, totalement ou en partie, de quantités minimales d'un certain nombre des mêmes éléments qu'on retrouve dans le gisement. Les techniques en usage comportent l'échantillonnage systématique des roches, des sols, des alluvions, des eaux ou des espèces végétales ainsi que l'analyse rapide de nombreux échantillons en vue d'y déceler la présence d'un ou de plusieurs métaux. Les résultats sont relevés de diverses façons en vue de permettre un examen plus attentif des échantillons dont la teneur minérale dépasse les quantités normales trouvées dans le secteur. La plupart des techniques géochimiques ne permettent pas d'explorer au-delà du terrain de couverture d'un secteur donné, ou au-delà de quelques pieds à l'intérieur du socle, ou encore au-delà du niveau de circulation des eaux souterraines. Toutefois, les études

géochimiques peuvent convenir aux carottes de sondage ou aux débris de forage ainsi qu'à l'eau des trous de sonde.

On ne peut pas toujours établir une distinction nette entre les méthodes géologiques, géophysiques et géochimiques, non plus qu'entre ces dernières et les méthodes ordinaires de prospection. De même, il n'est pas toujours possible de distinguer entre prospection et essais. Bien qu'il s'agisse, dans tous les cas, de branches ou applications des sciences de la Terre, il faut tâcher de délimiter des frontières aussi complètes et objectives que possible, et cela, à des fins très positives, à savoir : être en mesure d'évaluer le degré d'efficacité des méthodes de prospection, de planifier les programmes de recherche et de prospection, d'organiser et de dispenser les cours, d'intituler articles, rapports et manuels.

## RÉALISATIONS

La mise en application des méthodes spéciales de prospection au cours de la dernière décennie a comporté tantôt des levés simples ne faisant appel qu'à une seule technique et tantôt des programmes très complexes pouvant s'étendre sur plusieurs années, s'appliquant à de vastes étendues, recourant plus ou moins à plusieurs techniques et intéressant le personnel des entreprises privées, des universités et du gouvernement. Ce dernier a participé à certains travaux expérimentaux et entreprises dans des régions où il s'avérait préférable de recueillir le plus de données possible avant d'entreprendre la construction de barrages qui risquaient d'inonder des territoires ou d'usines métallurgiques susceptibles de nuire à la prospection géochimique en raison de la contamination par les fumées.

Entre ces cas extrêmes, on a adopté certaines modalités générales qu'on modifie selon la région explorée, les métaux ou les classes géologiques des gisements recherchés, le temps et les fonds disponibles, ainsi que selon l'expérience et les préférences personnelles des planificateurs. D'aucuns, parmi ces derniers, préféreraient un plus vaste éventail de méthodes et de techniques individuelles, quitte à les remplacer lorsqu'elles deviennent désuètes. Habituellement, tout programme s'amorce par l'entrée en scène, au bureau, du personnel géologique de l'entreprise ou par un expert-conseil, qui étudie les rapports disponibles, les cartes géologiques et aéromagnétiques et les photographies aériennes d'une région ou d'un secteur. Le soin de déterminer et de regrouper les caractéristiques structurales et les particularités du terrain à partir de photographies aériennes peut être confié à forfait à une entreprise extérieure. Si ces études préliminaires sont suffisamment révélatrices, les planificateurs choisissent un ou plusieurs secteurs à explorer. Si les cartes topographiques ne sont pas satisfaisantes ou s'il est possible de recueillir des informations géologiques, on peut confectionner ou se procurer une mosaïque de photographies aériennes. La première étape des activités sur le terrain peut comporter, au besoin, des travaux plus détaillés de cartographie géologique ou géophysique ou de photographie aérienne,

ou encore une étude géochimique de reconnaissance, ou quelque combinaison de ces travaux. On peut entreprendre des études géophysiques ou géochimiques afin de déterminer l'orientation des gîtes connus de la région. Lorsque les cartes géologiques et aérogéophysiques n'ont pas été établies d'après des cheminements distancés d'un demi-mille, il est d'usage d'effectuer ces levés. À ce stade-ci, on peut aussi procéder à une reconnaissance géologique par avion, ainsi qu'à l'examen des affleurements par des prospecteurs classiques.

On examine alors, et sur le terrain, et au bureau principal, les résultats de ces travaux préliminaires. Si les indications sont favorables, on sélectionne certaines localités en vue d'études complémentaires, soit selon des méthodes géophysiques par avion ou au sol, soit selon des méthodes géologiques ou géochimiques au sol. On appelle d'ordinaire « techniques combinées », comme le dit l'expression elle-même, le recours à plus d'une méthode. Lorsque entrent en jeu toutes les méthodes jugées appropriées, les programmes deviennent alors de la « prospection par saturation » ; toutefois, aucun projet ne saurait épuiser toutes les possibilités d'améliorations technologiques, de conflits d'interprétation ou de fluctuation de la demande pour tel ou tel métal. En recourant successivement à diverses méthodes, à différentes échelles, en remaniant à plusieurs reprises l'interprétation des résultats, on parvient à écarter ou à retenir certaines anomalies pour fins d'essais. Il faut généralement marier plus d'une méthode géophysique ou géochimique, car les anomalies révélées par certaines méthodes laissent croire à des gîtes sulfurés, alors qu'en réalité, on est en présence de graphite ou d'autres minéraux. De plus, l'expérience a révélé que dans nombre de régions la plupart des gîtes sulfurés sont constitués de pyrite ou de pyrrhotine, pratiquement sans la moindre trace de métaux en demande. Néanmoins, l'application de ces méthodes conduit de plus en plus à la découverte de gîtes appréciables. Le détail des procédés utilisés est trop variable pour qu'il ait lieu d'en donner ici un aperçu plus complet. On trouvera des renseignements supplémentaires dans nombre d'ouvrages, dont quelques-uns figurent dans la liste ci-après. Des projets de cette nature entraînent des déboursés considérables ; certains programmes élaborés ont coûté plusieurs millions de dollars. Nous ne poursuivons pas ici cette étude des coûts, en raison de la fluctuation des prix et des longues considérations qu'il faudrait étayer par des renseignements puisés dans les publications. On trouvera des renseignements additionnels dans l'étude de Morley (ci-après indiquée), les volumes du *Canadian Mining Journal*, les tableaux statistiques de « L'Annuaire des minéraux du Canada », les rapports annuels de certaines compagnies, ainsi que dans des articles relatifs à des travaux particuliers. Les données puisées à ces sources se prêtent mal aux généralisations, étant donné que certains coûts correspondent à des régions entières ou à plusieurs années plutôt qu'à des découvertes particulières, et que les mots « prospection » et « essais » sont employés selon diverses acceptions.

## Ouvrages à consulter

- Bannerman, H. M.  
« The search for mineral raw materials », *Mining Engineering*, octobre 1957, pp. 1103 à 1108.
- Bonini, W. E. et coll. (rédacteurs)  
*The role of national governments in exploration for mineral resources*, Littoral, Ocean City (New Jersey), 1963.
- Boyle, R. W. et Garrett, R. G.  
« Geochemical prospecting — a review of its status and future », *Earth-Sci. Rev.*, vol. V, 1969.  
Un résumé mis à jour contient une section relative aux principes d'analyse statistique.
- Chisholm, E. O. et Brock, J. S.  
« The application of saturation prospecting techniques to Yukon exploration », *Can. Mining J.*, avril 1967, pp. 136 à 139.
- Hings, D. L.  
« The significance of energy sources in geophysical exploration », *Western Miner*, novembre 1968, pp. 32 à 34.
- Morley, L. W.  
« Aerogeophysics and its role in mineral exploration », Conférence des Nations Unies sur les applications scientifiques et technologiques au profit des régions moins développées. E/Conf. 39/A/100-10. Aussi Comm. géol. du Can., réimpression 58, 1962.
- Nearle, E. R. W. (rédacteur)  
*Some guides to mineral exploration*, Comm. géol. du Can., étude 65-6, 1965.
- Robinson, W. G.  
« Symposium sur l'exploration des minéraux », *Bull. Can. Inst. Min. Met.*, vol. LX, n° 657, janvier 1966, pp. 31 à 70.
- Stevenson, W. G.  
« A classification of mineral prospecting », *Western Miner*, juillet 1969, pp. 30 à 32.  
« Role of the prospector in mineral exploration », *Bull. Can. Inst. Min. Met.*, vol. LXIII, n° 698, 1970, pp. 708 à 710.
- Sullivan, C. J. et coll.  
« Symposium sur la prospection par saturation », *Bull. Can. Inst. Min. Met.*, vol. LII, n° 561, janvier 1959, pp. 31 à 60.  
« Scientific prospecting — achievements and possibilities », *Trans. Can. Inst. Min. Met.*, vol. LXVII, 1964, p. 413.
- Thorpe, R. et coll.  
« Guidelines to prospecting; a symposium », *Can. Min. J.*, avril 1969, pp. 78 à 109.

## CHOIX DES TECHNIQUES

La chance, les pressentiments, l'intuition et l'expérience qualitative demeureront sûrement des facteurs à considérer dans l'utilisation des méthodes spéciales de prospection. Toutefois, quand il s'agit du choix des techniques, c'est la démarche scientifique qui l'emporte, à cause de l'importance plus grande qu'on attache aux gîtes difficiles à découvrir et de la possibilité d'utiliser des ordinateurs. Cette démarche scientifique joue actuellement un rôle multiple, à savoir : déterminer les régions de prospection, l'espacement des cheminements et des lignes de vol, les méthodes de prospection à utiliser, le choix des anomalies

et des venues à soumettre à des essais ou à des analyses approfondies, ainsi que les intervalles entre les trous de sonde et les lieux d'échantillonnage.

Les théories d'exploration auxquelles on doit les meilleurs résultats s'appuient sur les recherches effectuées au cours de la deuxième guerre mondiale en vue de localiser des cibles militaires comme les sous-marins. Elles ont été élaborées au titre d'une recherche opérationnelle spécifique. Pour les appliquer fructueusement à la prospection, il faut une meilleure connaissance des probabilités initiales, des données statistiques plus complètes quant à l'abondance des gîtes minéraux, à l'historique des succès obtenus grâce aux diverses méthodes de prospection, ainsi qu'une connaissance des coûts de prospection, d'essais et de production.

L'historique précis et objectif des gîtes contribue au choix des techniques à utiliser dans l'appréciation et l'analyse des anomalies et des gîtes de découverte. En plus de retenir certains historiques pour leurs fins propres, certaines sociétés minières ont obligeamment autorisé la publication de beaucoup d'autres. En publiant un plus grand nombre d'historiques plus détaillés, le plus tôt possible après avoir garanti leurs intérêts miniers, elles favoriseraient sûrement l'activité future en ce domaine. Les historiques seraient encore plus utiles s'ils relataient non seulement les réussites mais aussi les échecs, s'ils portaient des jugements critiques des techniques qui ont retenu l'attention au moment du choix définitif et qui ont été appliquées, et s'ils étaient établis de façon qu'on puisse les faire entrer dans des banques de données relatives aux gîtes minéraux.

## Ouvrages à consulter

- Agocs, W. B.  
« Line spacing effect and determination of optimum spacing, illustrated by Marmora, Ontario, magnetic anomaly », *Trans. Can. Inst. Min. Met.*, vol. LVIII, 1955, pp. 397 à 400.
- Bright, J. R. (rédacteur)  
*Technical forecasting for industry and government*, Toronto, Prentice-Hall, 1968.
- Broadbent, D. E.  
« Aspects of human decision making », *Advancement of Science*, septembre 1967, pp. 53 à 63.
- Brown, A. A.  
« Search theory and problems of exploration drilling », dans « Exploration drilling », *Bull. Min. Ind. Exp. Stn., Min. Eng. Ser.*, n° 72, 1959, pp. 33 à 37, Univ. Penn.
- Flawn, P. T.  
« Exploration and discovery », dans *Mineral resources*, Chicago, New York, San Francisco, Rand McNally, 1966.
- Grayson, C. J.  
*Decisions under uncertainty — drilling decisions by oil and gas operators*, Boston, Harvard Business School, 1960.
- Slichter, L. B.  
« Geophysics applied to prospecting for ores », dans le volume du Cinquantenaire, *Econ. Geol.*, partie II, 1955, pp. 886 à 915.  
« The need of a new philosophy of prospecting », *Min. Eng.*, juin 1960, pp. 570 à 575.

Uffen, R. J. et Ellis, R. M.

« Determining an optimum prospecting plan » dans « Exploration drilling », *Bull. Min. Ind. Exp. Stn., Min. Eng. Ser.*, n° 72, 1959, pp. 27 à 31, Univ. Penn.

## TENDANCES RÉCENTES EN PROSPECTION

La meilleure façon de juger de l'efficacité des méthodes de prospection est évidemment de chercher à connaître le mieux possible les méthodes appliquées lors de la découverte de massifs minéralisés qui sont à l'origine de mines exploitées, et de tirer des conclusions générales de ces données. Deux études comportent une analyse en ce sens, couvrant la période des années 1945 à 1966; les découvertes y sont attribuées à des méthodes ordinaires, géologiques, géophysiques ou géochimiques ainsi qu'à des combinaisons de ces méthodes. On n'a pas dressé de liste des techniques particulières qui relèvent de ces quatre catégories, mais certains détails sont fournis dans des articles et rapports publiés.

Une étude parue dans l'édition annuelle spéciale de 1954 du *Northern Miner* fournissait un bref aperçu de la façon dont furent découvertes certaines mines « importantes » dont l'exploitation a été entreprise ou reprise depuis la fin de la deuxième guerre mondiale. Comme elle comprenait les mines en voie d'aménagement, l'étude couvrait à toutes fins pratiques la décennie 1945 à 1955. Elle signalait que des 77 mines mises en exploitation entre 1946 à 1955, 31 étaient d'anciennes mines ou des gîtes connus et déjà partiellement confirmés, et 46 étaient des gîtes nouvellement découverts. Bien que certains de ces derniers aient été décelés grâce à la combinaison de diverses méthodes, un essai de classification selon le mode de découverte révélait que 22 étaient attribuables aux méthodes ordinaires de prospection (y compris l'usage de compteurs Geiger), 17 au forage pratiqué surtout en raison de « présomptions » géologiques, et 7 aux méthodes géophysiques.

Nous avons analysé à notre tour l'évolution des mines dont l'exploitation a été amorcée ou reprise entre 1956 et 1966. Quelques mines dont l'aménagement était presque terminé se sont ajoutées à la liste, portant le total à 175. Plusieurs de ces gîtes, découverts depuis longtemps, avaient été mis en exploitation en raison de conditions nouvelles et ne représentaient pas les tendances modernes de la prospection; c'est pourquoi 55 des 175 mines découvertes après 1955 ont fait l'objet d'une analyse distincte. Lorsque la découverte était imputable à plusieurs méthodes, on désignait si possible la méthode principale, tenant les autres pour auxiliaires. Si les renseignements ne permettaient pas d'identifier la méthode principale, on considérait toutes les méthodes comme auxiliaires. La moyenne des laps de temps écoulés depuis le moment de la découverte jusqu'à la mise en exploitation était d'environ 30 ans pour l'ensemble du groupe, et de 6 ans et demi pour les gîtes découverts depuis 1945. Une fois confirmée la présence du gisement, on consacrait généralement de un à trois ans

à la préparation de la mine et à la construction des installations. Nous avons aussi étudié certaines données complémentaires sur les tendances récentes de 20 zones d'intérêt non identifiées, certaines d'entre elles ayant été mises en exploitation depuis. Nous avons mis en tableaux et condensé ces résultats dans le *Canadian Mining Journal* (mentionné ci-après). À notre demande, on nous a fait parvenir et, dans certains cas, on a fait publier\* plusieurs corrections et données complémentaires. Que nos correspondants veuillent bien agréer l'expression de notre reconnaissance. La plupart des observations portaient sur des mines dont l'exploitation avait été entreprise avant ou après la période étudiée, et d'autres étaient contradictoires. Ceci a permis d'apporter quelques modifications aux totaux et les chiffres révisés sont inscrits dans le tableau suivant. Les tendances sont représentées par la figure 20, tenue pour assez précise, bien que le calcul des valeurs annuelles n'ait pas été fait avec exactitude.

Méthodes de découverte des mines mises en exploitation entre 1956 et 1966

	Classiques	Géochim.	Géol.	Géophys.	X <sup>1</sup>	XX <sup>2</sup>
Toutes les mines (178)						
A. Méthode principale	92		50	25	6	5
Pourcentage	52		28	14	3	3
B. Méthode auxiliaire <sup>3</sup>	5	10	14	4		
Mines découvertes après 1945 (56)						
A. Méthode principale	18		15	20	2	1
Pourcentage	32		27	35	4	2
B. Méthode auxiliaire <sup>3</sup>	2	6	8	1		
Zones d'intérêt (20)						
A. Méthode principale	5	1	3	2	9	
B. Méthode auxiliaire <sup>3</sup>	4	6	3	9		

<sup>1</sup> X, aucune méthode principale n'est indiquée.

<sup>2</sup> XX, méthode inconnue.

<sup>3</sup> Les totaux des « méthodes auxiliaires » ne concordent pas avec le nombre des cas, vu qu'on n'a pas indiqué de méthode auxiliaire pour certaines découvertes et que, par ailleurs, on a indiqué plus d'une méthode auxiliaire pour d'autres.

Lorsque nous avons fait les relevés de cas pour la période de 1956 à 1966, nous avons aussi classé les mines selon leur principal métal ou minéral et selon les régions géologiques et les provinces tectoniques du Bouclier canadien où elles ont été découvertes. Les mines de la province du Sud et celles de la province du lac Supérieur formaient un seul groupe, les délimitations exactes n'étant

\* Dans l'imprimé, le texte indiquait que la méthode géochimique avait été utilisée dans le cas de la mine Vauze, alors que dans le tableau statistique nous attribuions cette exploitation à la méthode géologique.

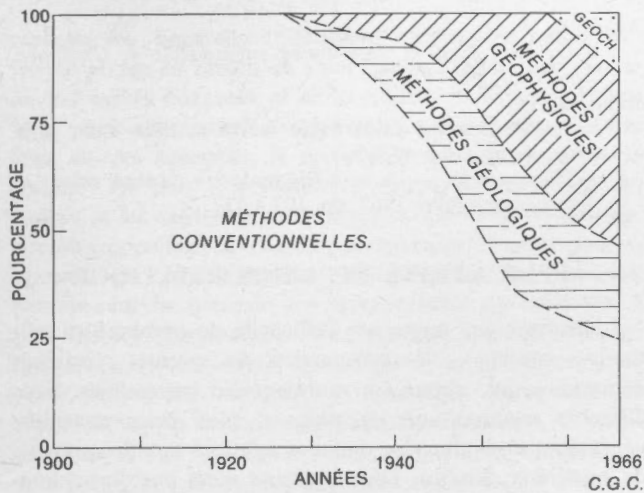


Figure 20. Pourcentages approximatifs des découvertes exploitables résultant des quatre principales méthodes, de 1900 à 1966. Le graphique ne donne pas une idée exacte de l'importance des méthodes ordinaires de prospection au cours des premières années, à moins qu'on ne comprenne qu'indépendamment du nombre des découvertes, le total pour une année représente toujours 100 pour cent.

pas alors établies. Le tableau suivant apporte ces corrections et tient également compte de quelques autres. Il fera mieux connaître les tendances récentes en matière de prospection et d'exploitation minière ; on aura tout avantage à le compléter par des données relatives aux caractéristiques géologiques, à l'importance ou à la valeur du gisement et à l'utiliser comme base d'évaluation des probabilités.

Région ou province	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Ni	U	Mo	Wo	Nb	Fe	Ind. min.	Total
<b>Bouclier</b>													
Lac Supérieur	5	8	28	1	4	2		2			7		57
Churchill			7			5	7				5		24
Grenville							4				1		5
Des Esclaves	3												3
De l'Ours			1				1						2
Du Sud			1			11	10						22
De la Cordillère	4	3	11	2	1	1		4	1		8	1	36
Des Appalaches	1	1	9	3	1							1	16
Des Plaines				1						1		11	13
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>57</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>21</b>	<b>13</b>	<b>178</b>

### Ouvrages à consulter

Derry, D. R.

« Exploration », *Bull. Can. Inst. Min. Met.*, vol. LXI, n° 670, février 1968, pp. 200 à 205.

« Exploration expenditure, discovery rate and methods », *Can. Inst. Min. Met. Trans.*, vol. LXXIII, 1970, pp. 54 à 58.

Lang, A. H.

« Discovery methods of post-1955 new producers », *Can. Mining J.*, vol. LXXXVIII, n° 1, janvier 1967, pp. 47 à 50.

Seigel, H. O.

« The contribution of geophysics to Canada's postwar mineral developments », *Can. Mining J.*, vol. LXXXVIII, n° 11, novembre 1967, pp. 45 à 48.

Spink, K.

« Prospecting », *Min. & Minerals Eng.*, décembre 1968, pp. 35 à 42 ; février 1969, pp. 35 à 44 ; mars 1969, pp. 40 à 44 ; avril 1969, pp. 31 à 34.

## GISEMENTS SOUS-MARINS

Depuis nombre d'années, on explore des gîtes littoraux dans le prolongement de mines terrestres ou en procédant à du dragage en eau peu profonde. À titre d'exemples au Canada, mentionnons la mine de fer Wabana et les charbonnages de Sydney, qui se prolongent assez loin sous l'Atlantique, ainsi que la mine Eldorado au Grand Lac de l'Ours, où des veines découvertes sur le rivage ont été exploitées en partie sous le lac. On a asséché un grand lac afin de faciliter l'exploitation, selon des méthodes ordinaires, du minerai de fer à Steep Rock. Récemment, on a foré un puits à partir d'un caisson, au lac Chibougamau, pour permettre l'exploitation d'un gisement de cuivre-or découvert par prospection géophysique. Dans plusieurs pays, dont le Canada, on s'intéresse de plus en plus aux possibilités de prospection et d'exploitation minière sous l'eau, ainsi qu'à l'extraction de métaux que contient l'eau de mer. Cet intérêt découle de la prise de conscience de l'épuisement des réserves de minerai, des succès récents de l'exploitation sous-marine du pétrole et du gaz, d'un souci accru d'exercer un contrôle sur les plateaux continentaux, ainsi que des améliorations apportées à divers matériels d'exploration. On a mis au point divers types de dragues pour usage en haute mer, de dispositifs de pompage, de caissons pour exploitation « dans le roc ». Le prix de revient initial de ce matériel sera certes élevé, mais on pourra l'utiliser à l'avenir si la demande de métaux et leurs cotes sont favorables.

Les gisements sous-marins dans différentes parties du monde sont de divers types. Sous les lacs, on trouve des filons semblables à ceux de la terre ferme, des minéraux détritiques dans des parties submergées des plages et des sédiments non consolidés tels que du sable, du fer des marais, ainsi que de la marne. Les gîtes « dans le roc » sous les plateaux continentaux comprennent des prolongements de gîtes découverts sur la terre ferme ainsi que des gîtes analogues distincts. Les gîtes détritiques à proximité des régions côtières proviennent de l'érosion marine et de dépôts dans les deltas ; certains furent peut-être charriés là par des courants qui auraient détruit les deltas du pléistocène. On trouve des nodules de phosphorite en assez grande quantité sur les plateaux continentaux de certaines régions. Il existe des nodules de manganèse et de « pavages » à teneur plus faible d'autres variétés de métaux, en divers endroits éloignés des plateaux continentaux et l'on a récemment extrait de ces nodules par dragage au large des côtes de la Colombie-Britannique. On a aussi découvert des coulées sous-marines de sau-

mures géothermales, analogues aux sources thermales sur terre, et il se peut qu'on parvienne à en extraire certains éléments. Peut-être des gîtes de sulfure dorment-ils sous les plateaux ou à de plus grandes profondeurs sous les océans; ils s'y seraient logés par des phénomènes apparentés à des coulées de laves sous-marines.

Tout comme la prospection sur terre, l'exploration des gîtes sous l'eau comporte des études préliminaires des lieux permettant un heureux choix des secteurs, suivies de la recherche de gisements déterminés ou d'anomalies, puis des échantillonnages et autres essais subséquents. Nombre de secteurs du plateau continental canadien ont fait ou font présentement l'objet d'études aéromagnétiques et d'études sismiques menées à partir de navires. À chaque endroit, les conditions géologiques ont été extrapolées à partir de l'examen des rivages, des récifs et des forages. On a fait appel à des procédés géophysiques plus élaborés dans le cas de certains lacs gelés et, pour d'autres lacs, à des procédés géochimiques. Des études géophysiques des lacs et des mers ont été effectuées à l'aide d'instruments placés à bord de petits bateaux, ou retenus, ou remorqués par eux. On a fait des observations au moyen de caméras sous-marines, de cloches à plongeurs, de sous-marins ou simplement par plongée autonome. En général, la visibilité dans la mer est meilleure que dans les lacs dont le fond est habituellement recouvert d'une mince couche de sédiments. Dragage, forage, tubes spéciaux et plongée ont fourni les échantillons nécessaires.

#### Ouvrages à consulter

- Aumento, F. et Lawrence, D. E.  
*Photographic control of deep-sea dredging*, Comm. Géol. du Can., étude 68-9, 1968.
- Austin, C. F.  
 « In the rock — A logical approach for undersea mining of resources », *Eng. Min. J.*, août 1967, pp. 82 à 88.
- Crosby, D. G. et coll.  
 « Canada's offshore mineral resources », *Bull. Can. Inst. Min. Met.*, mai 1969, pp. 489 à 509.
- Emery, K. O.  
 « Geological methods for locating mineral deposits on the ocean floor », dans *Exploiting the ocean*, Marine Tech. Soc., Washington (D.C.), 1966, pp. 24 à 43.
- Garlick, R.  
 « Mining under the sea », *Can. Min. J.*, juillet 1969, pp. 39 à 41.
- McKelvey, V. E. et Livingston, C.  
 « Selecting areas favourable for sub-sea prospecting », dans *Exploiting the ocean*, Marine Tech. Soc., Washington (D.C.), 1966, pp. 44 à 60.
- Mero, J. L.  
*The mineral resources of the sea*, Londres, Elsevier, 1965.  
 « Review of mineral values on and under the ocean floor », dans *Exploiting the ocean*, Marine Tech. Soc., Washington (D.C.), 1966, pp. 61 à 78.
- Paterson, N. R.  
 « Underwater mining — New realms for exploration », *Can. Min. J.*, avril 1967, pp. 109 à 117.
- Poole, W. H. (rédacteur)  
*Continental margins and island arcs*, Comm. Géol. du Can., étude 66-15, 1965.
- Schlee, J.  
 « Geology from a deep-diving submersible », *Geotimes*, avril 1967, pp. 11 à 13.
- Smith, D. T.  
 « Prospecting the underwater world », dans *Can. Min. Manual*, pp. 31 à 45, 1961.  
 « The sea floor — A new Eldorado? », *Advancement of Science*, septembre 1967, pp. 107 à 117.

#### APPLICATIONS DE L'INFORMATIQUE

L'informatique augmente l'efficacité de nombreuses méthodes spéciales de prospection et permet certaines démarches qui, autrement, auraient été impossibles. Sans doute y recourra-t-on de plus en plus pour recueillir, généraliser et évaluer les données relatives aux découvertes de minéraux. En soi, l'informatique n'est pas chose nouvelle; les caractéristiques nouvelles qui lui ont valu récemment un si vif essor correspondent surtout au développement des connaissances spécialisées en matière d'ordinateurs, au nombre croissant d'ordinateurs disponibles, ainsi qu'aux améliorations dues à l'utilisation des transistors. La plupart des Canadiens ont maintenant certaines notions pratiques de l'informatique, ne serait-ce que par les factures d'électricité, les réservations des lignes aériennes, les résultats d'élections. Cependant, ce bref exposé voudrait servir d'introduction à l'étude de quelques applications en matière de prospection.

Les méthodes actuelles de traitement de données ont repris et perfectionné les anciennes méthodes reposant sur les fichiers, les machines à additionner et d'autres dispositifs répandus depuis nombre d'années. En bref, la perforation de trous en des points codés sur les cartes et le tri subséquent de ces fiches grâce à l'insertion d'une sonde manuelle dans les trous appropriés ont amélioré le traitement des fiches; on parvenait, de cette façon, à retracer plus facilement un document déterminé. La mécanisation du système par dépistage des perforations au moyen de touches à mouvement rapide, ou par insufflation d'air comprimé dans les trous, a permis d'accélérer le tri d'un plus grand nombre de cartes. On utilise encore des mécanismes de ce genre dans certaines machines comptables et statistiques. Les dispositifs de calcul remontent à l'usage de l'abaque, de la machine à additionner et de la règle à calcul. Les machines à additionner manuelles, et les additionneuses et calculatrices électriques inventées plus tard, sont des exemples de machines numériques qui utilisent le zéro et les chiffres de 1 à 9 pour les opérations d'addition, de soustraction, de multiplication et de division, par le jeu d'additions ou soustractions multiples. Une règle à calcul, au contraire, se fonde sur les logarithmes, qui jouent un rôle « analogique » par rapport aux nombres. En d'autres termes, les distances sur une règle à calcul sont des analogies logarithmiques des nombres qui permettent de multiplier ou de diviser par déplacement des échelles de la règle.

C'est vers 1930 que l'on a tenté de transformer les nombres en signaux électroniques et d'additionner ceux-ci au moyen de tubes à vide. Il a fallu environ 15 ans pour

réaliser des appareils utilisables ; ceux-ci ne connaissent pas de vogue en raison de leurs dimensions encombrantes, de la fragilité des tubes et de la chaleur qu'ils dégagent. Si le perfectionnement des transistors n'a guère réduit le coût de ces appareils, il en a tout de même réduit le volume ; de plus il a éliminé à toutes fins pratiques les pannes et les dégagements de chaleur. Ces « ordinateurs », que l'on appelle fréquemment « cerveaux électroniques », agissent en prolongements électroniques du cerveau humain, car ils peuvent lire et enregistrer en mémoire, à des vitesses fulgurantes, un nombre considérable de données, les transformer, les compiler, les additionner, les soustraire ou les multiplier. Ces calculs permettent de déchiffrer des formules mathématiques complexes. On peut appliquer divers systèmes à des ordinateurs numériques ou analogiques. Dans la plupart des systèmes, l'« entrée » consiste en cartes perforées, en bandes de papier perforé ou en données présentées sous d'autres formes comportant des indications codées au crayon. Puis les données sont transférées sur bande magnétique et emmagasinées. L'« information de sortie » prend d'ordinaire la forme de nombres imprimés sur feuilles de papier continues. Ces nombres sont tantôt les résultats du calcul requis, tantôt des renvois à un dossier, à un volume, et *cetera*. L'avantage des ordinateurs actuels, c'est qu'ils peuvent reproduire exactement et rapidement des tableaux et des graphiques avec leurs coordonnées ainsi que certaines cartes. Il en va de l'ordinateur comme de toute nouveauté : reste toujours le risque d'en attendre l'impossible ou de les utiliser à mauvais escient. Le modèle ou autre sujet à traiter doit être conçu et « programmé » de façon adéquate et les données doivent être codifiées avec exactitude.

L'informatique est utile à la prospection, à la géologie, à la géophysique et à la géochimie sous deux aspects principaux. Elle permet d'emmagasiner et de répertorier efficacement et globalement les résultats des recherches effectuées sur le terrain et en laboratoire, ainsi que les conclusions d'autres études ; ses calculs sont extrêmement rapides. Les calculatrices électroniques, en plus de leurs mérites propres, permettent des applications mathématiques auparavant impossibles à cause des facteurs temps et argent. On « programme » pour l'ordinateur des « modèles » d'options, de plans, de solutions à un problème ; un tel traitement des données contribue grandement à trouver la solution la plus avantageuse. C'est ce qu'on entend essentiellement par « recherche opérationnelle ».

Au sens large, le terme « archives » comprend publications, documents inédits, dessins, répertoires sur cartes et bobines de bandes magnétiques. On appelle aussi « banque de données » particulièrement celles qui sont constituées de données à code numérique et alphabétique. Ces archives sont subdivisées en dossiers « d'archives », accessibles au public, et en dossiers « d'entreprise », habituellement confidentiels. Ces derniers peuvent comprendre des données utilisées en cours d'exécution d'un projet et destinées à la publication ou des données qui seront tenues confidentielles. Les ordinateurs utilisés pour des

dossiers d'archives, aux fins d'identification des minéraux et d'analyses chimiques, permettent l'emmagasinage et l'extraction de renseignements, tellement nombreux désormais qu'on ne pourrait les publier et même qu'on ne saurait retrouver s'ils étaient publiés.

On emploie fréquemment le mot « modèle » en rapport avec l'informatique et l'utilisation des méthodes quantitatives. Dans ce sens, le modèle est un objet ou une formule qui sert à organiser ou « structurer » une étude ou une théorie. Les modèles peuvent être d'échelle, mathématiques ou conceptuels. Comme exemples de modèles d'échelle, mentionnons les modèles réels de relief topographique, de travaux miniers et de cristaux faits à l'échelle. En un certain sens, les dessins à l'échelle qui servent à résoudre des problèmes de géologie tectonique sont des modèles d'échelle. Un modèle mathématique est une expression qui contient des variables, des constantes ou des paramètres (c.-à-d. des constantes ou des variables qui permettent de distinguer des cas particuliers). Le modèle conceptuel est une représentation mentale d'un phénomène naturel, exprimée qualitativement, quantitativement ou sous forme d'organigramme. À titre d'exemple, mentionnons le recours à de multiples hypothèses de travail, au cours d'une étude géologique, et le choix d'une hypothèse ou d'un modèle conceptuel, comme étant celui qui convient le mieux. Les modèles mathématiques se subdivisent en modèles de processus déterministe, de processus statistique et de processus stochastique. Les modèles déterministes sont résolus sans analyses ni observations sur le terrain, mais on peut en vérifier la validité par expérimentation. Krumbein cite le cas d'une formule utilisée pour déterminer la rapidité de décantation d'une particule de grosseur déterminée dans un liquide de viscosité donnée. Les modèles statistiques traitent de variables, de constantes et de paramètres associés à un ou plusieurs facteurs aléatoires. On utilise des modèles de ce genre pour l'analyse de données géochimiques et géophysiques comportant des considérations comme celles des écarts types et des données asymétriques. Autre exemple : le traitement mathématique des échantillons prélevés d'un gîte minéral à intervalles irréguliers. Le modèle de processus stochastique est une sorte de modèle statistique qui comporte un processus spécifique d'échantillonnage au hasard. Tel est le cas du traitement mathématique d'un projet d'échantillonnage dans lequel les choix sont faits au hasard mais selon des règles précises.

#### Ouvrages à consulter

Brant, A. A.

« The pre-evaluation of the possible profitability of exploration prospects », *Mineral Deposita* (Berlin), vol. III, 1968, pp. 1 à 17.

Brisbin, W. C. et Ediger, M. M. (rédacteurs)

*A national system for storage and retrieval of geological data in Canada*, 1967. Rapport du comité spécial sur l'emmagasinage et l'extraction des données géologiques au Canada, Comité consultatif national de recherche en sciences géologiques. On peut l'obtenir de la Commission géologique du Canada.



- Brown, G. A.  
« Computers in geophysics and geochemistry », *Mining in Canada*, avril 1968, pp. 19 à 23.
- Cameron, E. M.  
*A computer program for factor analysis of geochemical and other data*, Comm. géol. du Can., étude 67-34, 1967.
- Lohberg, R. et Lutz, T.  
*Electronic brains*, New York, Sterling Publ., 1965.  
Traité d'initiation aux ordinateurs, abondamment illustré, à l'intention des profanes.
- Ruskin, V. W.  
« Versatile applications of computers to mining exploration and evaluation », *Bull. Can. Inst. Min. Met.*, septembre 1967, pp. 1051 à 1059.
- Sharp, D. A.  
« Computer applications in the petroleum and mineral industries », *Bull. Can. Inst. Min. Met.*, septembre 1967, pp. 1046 à 1050.
- Wilson, E. B.  
« Operations research for the mining industry », *Can. Mining J.*, août 1967, pp. 61 à 64 ; novembre 1967, pp. 63 à 68 ; décembre 1967, pp. 55 à 58 ; juin 1968, pp. 58 à 62.



# la géologie au service de la prospection

## RÔLE DES GÉOLOGUES

La géologie s'applique de diverses façons à plusieurs aspects de l'industrie minière. Ses applications les plus courantes sont l'établissement des cartes géologiques et la recherche fondamentale ; mais la plupart des programmes de recherche dans ce domaine influent sur la prospection ou l'exploitation minière. À l'extrême opposé, mentionnons le rôle que jouent les géologues depuis une quarantaine d'années au Canada dans l'exploitation et l'évaluation des mines. Les premiers géologues employés par les compagnies n'ont pas été acceptés dès leur entrée en fonction ; cependant l'utilisation rationnelle de leur savoir s'est avérée essentielle à l'exploitation minière. Les compagnies importantes s'assurent les services d'au moins un géologue et la plupart recourent en outre aux services de géologues-conseils.

Entre ces extrêmes, les géologues ont un vaste champ d'activité, relié plus précisément au sujet du présent chapitre et à celui qui traite de l'appréciation et de l'exploration des gîtes minéraux. Le géologue peut en effet être appelé, dans le cadre d'un programme de prospection, à choisir les terrains et les méthodes de travail spéciales, et, au besoin, à établir de nouvelles cartes géologiques et à effectuer des études sur le terrain et en laboratoire. On peut encore lui demander de formuler des raisonnements et des hypothèses afin de déterminer l'emplacement possible de gîtes particuliers, d'interpréter des anomalies géophysiques ou géochimiques, d'apprécier des découvertes et d'en diriger l'exploration ou, enfin, de recueillir des données sur la géologie de gîtes connus.

Les méthodes utilisées par les géologues sont le plus souvent qualitatives mais la tendance est aux méthodes quantitatives. Les géologues doivent procéder par déduction à partir de données limitées puisque le mort-terrain recouvre une bonne partie de la roche de fond et qu'il est difficile de faire des observations sous la surface ; ou bien ils doivent procéder par induction et tenter de prouver le bien-fondé de leurs théories. Consciemment ou inconsciemment, ils recourent fréquemment à des

hypothèses de travail multiples et choisissent l'explication la plus plausible.

Si l'on décide de prospecter dans une région parce qu'il y existe des gîtes connus ou des mines en activité ou parce qu'on s'attend à une amélioration des moyens de transport ou pour quelque autre raison n'ayant aucun rapport avec la géologie, il faut d'abord chercher à se renseigner le mieux possible sur la géologie de la région par la lecture de publications et de rapports, puis procéder à des observations sur le terrain si l'on décide de pousser plus avant. Il arrive encore qu'on choisisse une zone de prospection parce qu'elle est dite propice. Comme ceci est en fait question d'expérience personnelle ou de jugement, peu de choses ont été écrites à ce sujet. À ce stade, les compagnies se livrent une vive concurrence, et on peut croire qu'elles conservent jalousement les méthodes de sélection et de « prospection géologique » qui leur ont réussi.

Dans le compte rendu inédit d'une discussion d'experts, D. R. Derry expose en ces termes son opinion sur une sélection des zones fondée sur les similitudes lithologiques, structurales et métallogéniques avec des régions productives :

Le premier choix fait [ . . . ] l'étape suivante consiste à examiner ce qu'on peut appeler les « contraintes », dont les principales sont :

- a) La difficulté d'accès — pour la prospection elle-même ou le manque de moyens de transport dans un avenir prochain pour l'exploitation rentable d'un gîte ;
- b) L'étendue des territoires ouverts à la prospection ou, au moins, des territoires où l'on pourra obtenir une concession à bon prix. Ce facteur peut évidemment entraîner l'élimination de plusieurs régions repérées sur la foi de rapports ou de découvertes antérieures ;
- c) L'étendue des études déjà menées d'après des méthodes ou avec un matériel identiques à ceux qu'on se propose d'utiliser. Il est souvent difficile d'apprécier la valeur de cette contrainte, non seulement parce qu'on ne peut déterminer l'étendue des travaux de prospection et des études géophysiques déjà réalisés par d'autres organisations, mais encore parce qu'on ne peut se fier à l'efficacité des méthodes ou du matériel mis en œuvre.

C'est pourquoi, une fois qu'on a choisi un certain nombre de zones, on doit étudier soigneusement les contraintes, éloignement ou travaux antérieurs, avant de prendre une décision finale.

La statistique démontrerait probablement qu'une méthode aussi courante et ordinaire offre autant de chances de succès que toute autre, et il est également probable qu'elle laisserait inexplorés certains gîtes importants et insolites, comme cela s'est déjà vu. Ainsi peuvent réussir, contre toute attente, des procédés inhabituels ou quasi improvisés.

Les déductions fondées sur la géologie qu'on applique au choix des emplacements éventuellement soumis à des études géophysiques ou géochimiques, au creusage de tranchées, au forage ou à l'examen minutieux des affleurements, procèdent largement de l'intuition et reposent sur l'obtention et la compilation d'observations détaillées du milieu. On s'est moins servi des spéculations inductives, probablement parce qu'on les considérait comme le fruit

des cogitations de géologues « en pantouffles » et qu'il aurait coûté cher d'en faire la preuve, et aussi parce qu'on a dû affecter les géologues à d'autres tâches. L'accroissement de la demande des terrains de prospection et des sites de forage fera sans doute monter la cote d'amour envers les géologues habiles à échafauder des hypothèses et réputés réalistes ; on devrait normalement augmenter la somme des fonds disponibles pour vérifier leurs théories.

L'interprétation des anomalies et des découvertes de minéraux échoit généralement aux géologues. Elle exige de l'expérience et de l'imagination, de même qu'une solide formation ; c'est un sujet sur lequel on a peu écrit. Comme nous l'avons déjà mentionné, nous considérons que la publication de rapports détaillés sur le mode de découverte de gîtes importants et les méthodes de sélection et d'analyse des indices, serait grandement appréciée des géologues. Ce sont là des documents qui permettraient aussi de préciser le rapport entre les anomalies et les venues, d'une part, et entre les anomalies et les gisements rentables d'autre part. On estime que le rapport entre les venues et les gîtes rentables est de 1 000 pour 1, sans parler des anomalies dans lesquelles on n'a pu trouver aucun minéral métallique. Qui plus est, le compte rendu d'un vaste programme d'études menées dans le Bouclier canadien révèle qu'un pour cent seulement des venues de pyrite ou de pyrrhotine contenait même un peu d'autre métal que le fer. Il semble donc qu'il faille plus de recherches, de renseignements et une meilleure analyse des données obtenues si on désire améliorer l'interprétation et bien fonder son choix.

#### Ouvrages à consulter

Chamberlain, T. C.

« The method of multiple working hypotheses », *J. Géol.*, vol. V, 1897, pp. 837 à 848. Aussi dans : *Source book in geology*, vol. I, McGraw-Hill, 1939.

Hill, M. L.

« Geological revolution of the 60s », *Geotimes*, septembre 1968, pp. 10 à 12.

Robinson, S. C. et coll.

« Guidelines to prospecting », *Can. Mining J.*, mai 1968, pp. 49 à 57.

Routhier, P.

*Essai critique sur les méthodes de la géologie de l'objet à la Genèse*, Paris, Masson, 1969.

#### NOTES PARTICULIÈRES

Les applications de la géologie à la prospection reposent sur un certain nombre de disciplines secondaires étroitement reliées pour la plupart. Nous en traiterons séparément. Les paragraphes suivants sont constitués de notes et d'extraits de l'abondante documentation publiée sur ces questions.

##### Origines et âges des gîtes

L'origine des gisements connus et l'époque de leur formation sont évidemment des données importantes quand il s'agit de choisir une région ou un lieu précis où

rechercher des gîtes plus ou moins semblables. À cause de la présence d'indices contradictoires et de l'ignorance du processus de minéralisation en profondeur, on ne peut, dans bien des cas, déterminer avec exactitude l'âge et l'origine des gîtes. Les rapports annuels du Sous-comité des gîtes minéraux du Comité consultatif national sur la recherche en sciences géologiques passent en revue les recherches effectuées dans ce domaine au Canada ; ils contiennent une étude complète du gîte Coronation, incluant plusieurs études préliminaires et projets corollaires. Il serait trop long de reproduire en détail ces rapports ; toutefois notons que les plus récents font ressortir la nécessité d'un examen complet du milieu dans lequel se trouvent les gîtes, y compris l'analyse géochimique, l'étude de la roche favorable et des relations avec les géosynclinaux, de même que des études physicochimiques, tectoniques et minéralogiques.

Les recherches sur la datation isotopique des gîtes minéraux et des roches favorables se poursuivent mais semblent poser plus de difficultés que la datation des orogénèses par le même procédé. L'étude des isotopes stables semble devoir nous renseigner sur le mode de formation de certains gisements.

Plusieurs problèmes de génétique intéressent tous les pays, ce qui fait dire à certains membres du sous-comité qu'on devrait, d'une part tenir compte des travaux effectués ailleurs afin d'éviter de les répéter et que, d'autre part, on devrait intensifier les recherches sur les genres de gîtes particulièrement fréquents au Canada et sur ceux qui contiennent des métaux très en demande en Amérique du Nord.

#### Ouvrages à consulter

Boyle, R. W.

« Diffusion in vein genesis », *Symposium — Problems of post-magmatic ore deposition*, vol. I, Prague, 1963.

Gill, J. E.

« Orogenesis and ore deposits », *Can. Mineralogist*, vol. VII, pt. 3, 1963, pp. 378 à 389.

Hawley, J. E.

« The magmatic vs metamorphic source of ores », *Trans. Soc. Roy. Can.*, vol. L, 3<sup>e</sup> série, sec. IV, 1956, pp. 1 à 18.

Knight, C. L.

« Ore genesis — The source-bed concept », *Econ. Geol.*, vol. LII, 1957, p. 808.

Parker, P. D.

« Some effects of environment on ore deposition », *Econ. Geol.*, vol. LVII, n<sup>o</sup> 3, 1962, pp. 293 à 324.

Sales, R. H.

« Critical remarks on the genesis of ore as applied to future mineral exploration », *Econ. Geol.*, vol. LV, 1960, p. 805.

#### Lithologie et stratigraphie

On a souvent souligné l'importance des roches pluto-niennes, volcaniques et sédimentaires comme sources ou milieux encaissants des gîtes minéraux. Le type (la lithologie), la position stratigraphique et l'âge de ces roches sont des éléments à considérer dans le choix des régions et des méthodes spéciales de prospection. Plusieurs de

ces facteurs sont inséparables des relations existant entre les structures et la stratigraphie, comme nous l'exposons plus loin, mais les facteurs suivants s'appliquent au moins partiellement au sujet que nous traitons ici : la porosité, la perméabilité, la propension aux fractures et aux cisaillements, la composition chimique par rapport à la précipitation des métaux contenus dans les fluides, la restriction de la circulation des fluides par les roches relativement imperméables et les divers types (faciès) de roches qui se sont formés dans différents genres de géosynclinaux, de plateaux, de terrasses, de morts-terrains et de milieux métamorphiques.

Les relations entre des métaux particuliers ou des genres de gîtes et leurs roches favorables permettent quelques généralisations : on associe par exemple l'or et les métaux non précieux aux zones de roches volcaniques et sédimentaires du précambrien inférieur ; le molybdène, l'étain, le tungstène et l'uranium aux granites ; d'autres gîtes d'uranium aux conglomérats ; certains types de gîtes de plomb et de zinc aux roches calcaires et autres roches carbonatées ; des venues d'argent natif au sein ou à proximité de la diabase, et on établit des relations entre plusieurs gîtes et les roches volcaniques y compris les tufs rhyolitiques. Dans l'ensemble, cependant, les données lithologiques sont plus spécifiques que les exemples énoncés peuvent le laisser croire et il faut d'ordinaire les interpréter différemment dans chaque district.

#### Ouvrages à consulter

- Buddington, A. F.  
« Correlation of kinds of igneous rocks with kinds of mineralization », dans *Ore deposits of the western states*, Am. Inst. Mining Met., Lindgren vol, 1933, pp. 350 à 385.
- Campbell, N.  
« The lead-zinc deposits of Pine Point », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXIX, 1966, pp. 288 à 295.
- Goodwin, A. M. (rédacteur)  
*The relationship of mineralization to Precambrian stratigraphy in certain mining areas of Ontario and Quebec*, Geol. Assoc. Can., doc. spéc. 3, 1966.
- McCartney, W. D. et Potter, R. R.  
« Mineralization as related to structural deformation, igneous activity and sedimentation in folded geosynclines », *Can. Mining J.*, vol. LXXXIII, n° 4, 1962, pp. 83 à 87.
- Mitchell, J. G.  
« Variations in the composition of granitic rocks as a guide to ore », extrait du *Can. Mining J.*, janv. 1961, p. 75. (Thèse disponible à la bibliothèque principale de l'université de Toronto.)
- Pekar, E. L. et coll.  
« Symposium on strata-bound sulphides and their formative environment », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXVIII, 1965, pp. 253 à 300.
- Pienaar, P. J.  
*Stratigraphy, petrology, and genesis of the Elliot group, Blind River, Ontario, including the uraniferous conglomerate*, Commission géol. du Canada, bull. 83, 1963.

#### Tectoniques et structures

On a reconnu, il y a fort longtemps, la relation entre la tectonique d'une région, ses caractéristiques structurales et certains types de gîtes minéraux. Il existe beaucoup de publications à ce sujet et la liste s'allonge à mesure que l'on comprend mieux ces relations et que l'on découvre de nouveaux moyens de les utiliser. Les caractéristiques tectoniques d'une région ou d'un district peuvent influencer sur le choix des zones à prospecter ; les divers accidents topographiques et anomalies de structure désignent parfois les emplacements propices et ils aident à apprécier et à explorer les anomalies et les découvertes.

On trouvera dans la liste des volumes sur la tectonique (chapitre v), et dans celles des ouvrages sur la géologie structurale des gîtes métallifères au Canada (fin de cette section), certaines indications quant à la quantité et au genre de renseignements qu'on peut obtenir sur ces sujets. Lors du premier symposium sur les structures, organisé à l'occasion du cinquantième anniversaire de la fondation du Canadian Institute of Mining and Metallurgy, on a songé à publier un volume sur la géologie des gîtes du Canada, leur genèse, leurs aspects structuraux et autres. Mais on s'est vite rendu compte qu'il faudrait plus d'un volume et qu'il était peu probable qu'on puisse obtenir à temps des articles sur les sujets les plus controversés comme la genèse, par exemple. Le comité d'organisation a donc fait porter le symposium uniquement sur les structures des régions, des zones et des mines à propos desquelles on pouvait trouver beaucoup de données inédites, la plupart empiriques ; la documentation était abondante parce que, d'une part, les compagnies d'exploitation employaient des géologues depuis assez longtemps pour que ceux-ci connaissent bien les caractéristiques structurales des mines et des districts et, d'autre part, parce qu'à cette époque plusieurs géologues étaient d'avis que l'étude des structures pouvait apporter beaucoup à la prospection et à l'exploration alors que, dans bien des cas, on ne disposait d'aucune explication fondamentale sur l'origine des gîtes. Le premier volume fut suivi d'un supplément. D'autres ont été publiés plus récemment sur la tectonique et les gîtes minéraux du Bouclier canadien, de la région des Appalaches et de la Cordillère occidentale. On a aussi publié des symposiums sur les relations entre les gîtes de couches homogènes et la stratigraphie, ce qui contribue à la synthèse de la question des gîtes canadiens.

L'un des faits qui prouvent l'importance générale des aspects tectoniques, c'est l'intérêt que l'on porte à la Cordillère occidentale, aux zones longeant la frontière du lac Supérieur-Churchill au Manitoba et, plus loin à l'est, à l'Ungava et au Labrador, ainsi qu'à la zone de l'Abitibi dans la province du lac Supérieur. On étudie entre autres les relations entre les gîtes et les discordances le long de ces zones et ailleurs. On s'attarde aux discordances parce qu'elles offrent la possibilité de retracer la source des minéraux détritiques dans les conglomérats et autres roches sédimentaires recouvrant des discordances, ou dans la partie supérieure des régolithes (sol de débris) sous les discordances.

Citons comme exemples d'applications heureuses de la géologie structurale et stratigraphique, les découvertes des minerais aurifères Con-Rycon et des gîtes de plomb-zinc de Pine Point dans les Territoires du Nord-Ouest. Après la mise en valeur d'une large zone de cisaillement aurifère à la mine Giant, la Consolidated Mining and Smelting Company a entrepris une étude détaillée dans l'espoir de découvrir le prolongement de la zone de l'autre côté d'une large faille ; on a interprété la structure en comparant plusieurs dykes déplacés, et des forages au diamant fondés sur cette étude ont mené à la découverte de corps minéralisés le long de ce qu'on a appelé par la suite la zone de cisaillement Campbell. Même si on s'est d'abord intéressé à la région de Pine Point parce qu'en 1897-1898 des Indiens y avaient signalé une venue à des prospecteurs, les gisements de minerai ne furent finalement découverts qu'à la suite de patientes recherches géologiques entreprises parce que des failles importantes de roches précambriennes, situées plusieurs milles à l'est, étaient orientées vers la région ; et aussi parce que les cartes aéromagnétiques indiquaient que les failles se prolongeaient probablement dans la roche de fond, sous le mort-terrain paléozoïque. Étant donné que le gîte se trouve dans un récif de dolomie paléozoïque, on peut en déduire que les failles se relient à la présence du minerai parce que d'anciens escarpements de failles ont pu servir de plates-formes propices à la formation de récifs.

On a découvert le gîte cuprifère de Vauze près de Noranda, à la suite de forages fondés sur une application intéressante de données stratigraphiques et structurales. On avait remarqué que, dans cette région, plusieurs gisements se trouvaient près de l'intersection de deux séries de traits visibles sur des photographies aériennes. On pratiqua des forages près d'une autre de ces intersections, à un endroit où les roches de surface étaient stratigraphiquement plus élevées que l'horizon favorable.

La découverte et l'exploration de gîtes d'uranium dans le secteur de Beaverlodge est un autre exemple de l'application des connaissances tectoniques. Le journal d'un prospecteur qui, avec un collègue aussi expérimenté que lui, était engagé dans des études minutieuses, relate qu'ils ont découvert de la radioactivité dans ce qu'ils ont été les premiers à identifier comme une faille importante. Ils examinèrent l'endroit de façon systématique, à l'aide d'un compteur Geiger et selon les méthodes traditionnelles, et découvrirent les premiers indices du gîte Ace. Après la découverte et l'examen préliminaire de certaines d'autres venues de pechblende dans le secteur de Beaverlodge, les géologues-conseils recommandèrent un forage complet des venues Ace parce que la zone de faille paraissait théoriquement plus favorable là qu'ailleurs, ce qui entraîna l'établissement de la première mine d'uranium au Canada, après l'ouverture de celle du Grand Lac de l'Ours. Des examens supplémentaires du gîte Ace et d'autres dans le même secteur révélèrent que plusieurs gîtes s'associent à des zones de broyage intense (mylonitisation) et qu'un bon nombre d'entre eux plongent vers le sud-ouest. Ces généralisations structurales et d'autres du

même genre ont influé sur la prospection et les forages subséquents.

### Ouvrages à consulter

- Aho, A.  
« Anomalous structure, an exploration guide », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LII, n° 561, janvier 1959, pp. 42 à 44.
- Campbell, N.  
« The Con-Rycon mine, Yellowknife, N.-W. T. », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLII, n° 446, 1949, pp. 288 à 292.  
« The lead-zinc deposits of Pine Point », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXIX, 1966, pp. 288 à 295.
- Davies, J. F.  
« Mineral deposits related to major structures in the Precambrian of Manitoba », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LVII, n° 626, juin 1964, pp. 661 à 665.
- Derry, D. R.  
« Economic aspects of Archean-Proterozoic boundaries », *Econ. Geol.*, vol. LVI, n° 4, 1961, pp. 635 à 647.
- Gilbert, G. (rédacteur)  
« Structural geology of Canadian ore deposits », vol. II, *Can. Inst. Mining Met.*, Congress vol., 1957.
- Goodwin, A. M. et coll. (rédacteurs)  
« Precambrian symposium », *Geol. Assoc. Can.*, doc. spéc. 3, 1966.
- Henderson, J. F. et Brown, I. C.  
*Geology and structure of Yellowknife Greenstone Belt, District of Mackenzie*, Commission géologique du Canada, bull. 141, 1966.
- Kuhn, T. H.  
« Subsurface methods as applied in mining geology », dans *Subsurface geologic methods*, 2<sup>e</sup> éd., Colorado School of Mines, 1950, pp. 969 à 988.
- Mills, J. W. et Eyrich, H. T.  
« The role of unconformities in the localization of epigenetic mineral deposits in the United States and Canada », *Econ. Geol.*, vol. LXI, n° 7, 1966, pp. 1232 à 1257.
- Wilson, M. E. et Lang, A. H. (rédacteurs)  
« Structural geology of Canadian ore deposits », *Can. Inst. Mining Met.*, Jubilee vol., 1948.

### Provinces et cartes minéralogiques et métallogéniques

On sait depuis longtemps que certains métaux et certains types de gîtes ne se trouvent généralement que dans certaines régions ou zones, ou qu'ils y abondent particulièrement. Vers la fin du siècle dernier, on a qualifié ces provinces ou zones de « métallogéniques ». Puis, on s'est désintéressé de la question jusqu'après la deuxième grande guerre, même si, au Canada du moins, on a continué à publier des « cartes minéralogiques » montrant l'emplacement des mines et des zones d'intérêt choisies. Ces cartes couvraient généralement le pays entier ou des provinces administratives. Certaines étaient imprimées sur des cartes géologiques simplifiées, d'autres sur des fonds de cartes topographiques correspondant à ceux des cartes géologiques afin qu'on puisse les comparer.

Le besoin de ressources minérales supplémentaires a stimulé l'intérêt pour les provinces et les cartes métallogéniques. On en a préparé ou publié dans plusieurs pays, et un comité international s'occupe d'en tirer une carte mondiale. Beaucoup de géologues croient que les cartes de ce genre et les recherches sur les provinces et les zones

en cause sont utiles, mais les opinions diffèrent quant à la nature et à la nomenclature des provinces et des cartes qui les représentent. C'est pourquoi certains experts hésitent à employer l'adjectif « métallogénique » pour qualifier les provinces et les cartes ; ils attendent que soient nettement définies les différences entre les provinces métallogéniques et géochimiques ; entre-temps, ils parlent de « provinces minéralogiques » et de « cartes de gîtes minéraux ». Une définition précise des provinces géochimiques et métallogéniques canadiennes ainsi que les cartes qui y correspondront devraient nous aider considérablement à évaluer les richesses minérales de diverses régions.

Deux sortes de cartes métallogéniques et de cartes de gîtes minéraux ont été publiées récemment au Canada. L'une illustre, sur un fond de carte géologique simplifiée, les mines anciennes et actuelles ; différents symboles représentent les gîtes qui ont été productifs ou qui le sont encore, et donnent une idée de leur importance ; par exemple, la carte métallogénique du Manitoba (n° 66-2) et la carte minéralogique du Canada (1252A). L'autre genre de cartes donne la répartition des venues minérales connues et certaines incluent même les résultats d'échantillonnages dépassant une quantité arbitraire. La Commission géologique du Canada a publié de telles cartes à propos du fer, de l'uranium, du lithium, de l'étain, du béryllium et du molybdène, de même que des cartes expérimentales mixtes, établies à partir des précédentes et d'autres cartes inédites (étude 60-33).

#### Ouvrages à consulter

- Baragar, W. R. A.  
« Major-element geochemistry of the Noranda volcanic belt », *Can. J. Earth Sci.*, vol. V, n° 4, 1968, pp. 773 à 790.
- Behre, C. H.  
« Metallogenic provinces », dans *Advancing frontiers in geology and geophysics*, Indian Geophysical Union, Hyderabad, 1964.
- Bilibin, Yu. A.  
*Metallogenic provinces and metallogenic epochs*, traduit du russe par E. A. Alexandrov, Dept. of Geol., Queens College, City Univ., N.Y., *Geol. Bull.* n° 1, 1968.
- Gervasio, F. C. et Fernandez, H. E.  
« Concept in the preparation of a metallogenic map of the Philippines », *Philippine Geologist*, vol. XXI, n° 4, 1967, pp. 117 à 127.
- Lafitte, P., et coll.  
« Metallogenic mapping, metalotect and regional geochemistry », dans *Problems of regional geochemistry*, Acad. Sci. U. R. S. S., 1965.
- Lang, A. H.  
*A preliminary study of Canadian metallogenic provinces*, *Geol. Surv. Can.*, étude 60-33, 1961.  
« Metallogenic maps » ; *Econ. Geol.*, vol. LVI, 1961, pp. 1123 à 1132.
- Roscoe, S. M.  
« Metallogenic study, Lake Superior-Chibougamau region », extrait, *Econ. Geol.*, vol. LXI, n° 7, novembre 1966, p. 1311.
- Routhier, P. J.  
« Lois générales de distribution des gisements minéraux, les provinces métallogéniques, la métallogénie régionale », dans *Les gisements métallifères*, chap. XXX, Paris, 1963.

Sullivan, C. J.

« The classification of metalliferous provinces and deposits », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LX, 1957, pp. 333 à 335.

Turneuvre, F. S.

« Metallogenic provinces and epochs », *Econ. Geol.*, vol. 50° anniv., pt. I, 1955, pp. 38 à 98.

Wickman, F. E.

« The concept of domain and regional geochemical abundances », dans *Problems of regional geochemistry*, Acad. Sci. U. R. S. S., 1965.

#### Minéralogie avancée

Les études minéralogiques s'imbriquent à plusieurs des sujets dont il est question dans ces pages, en particulier : la genèse, l'altération, la fluorescence, la zonalité de même que l'interprétation et l'appréciation des découvertes. La minéralogie fournit, dans les études génétiques des gîtes primaires, des identifications précises, des renseignements et de bons échantillons — généralement des minéraux qui se présentent sous forme de particules très fines et en très faibles quantités — pour la datation isotopique et l'étude des isotopes stables. La détermination précise de l'existence d'une substitution à l'origine d'un gîte ou la mise en évidence de la présence, du degré et de la nature d'une minéralisation secondaire, requièrent parfois des études minéralogiques détaillées. Des études paragenétiques indiquent l'époque d'apparition des différents minéraux dans un gîte et aident à expliquer les caractéristiques changeantes de la minéralisation. Elles peuvent en outre indiquer des changements possibles en profondeur et la zonalité horizontale d'un gîte ou d'un camp minier. On peut considérer que certains rapports anciens contenaient des descriptions fastidieuses de la paragenèse, mais elle joue certainement un rôle utile dans les études génétiques. Un examen minéralogique détaillé doit en outre comporter des études du métamorphisme et de la réorganisation des minerais. La synthèse des minéraux, réalisée en laboratoire, permet de comprendre les circonstances présidant à la formation des gîtes naturels.

Pour interpréter les découvertes des prospecteurs, on peut effectuer des études minéralogiques spéciales afin d'éclairer certains cas d'origine secondaire probable ou d'autres questions de génétique. Il importe aussi de connaître la facilité de traitement d'un minerai ; on recourra pour ce faire à l'identification et à l'étude de la composition des minéraux d'après leur granulométrie ou le mode d'imbrication des grains de deux minerais.

Pour certaines études minéralogiques poussées, des géologues recueillent sur le terrain des échantillons qui seront étudiés en laboratoire par des minéralogistes. D'autres cas nécessitent la présence des minéralogistes eux-mêmes sur le terrain et au laboratoire. Des techniques et des instruments perfectionnés pour polir des coupes d'agrégats, faire les examens au microscope et la photographie, séparer des grains très fins de minéraux particuliers, identifier des minéraux aux rayons-X et les



R. E. Follinsbee 90863

Planche LVI Appréciation d'un gîte de scheelite au moyen d'une lampe à l'ultraviolet tenue sous une bâche. Remarquer la tranchée (à moitié remplie d'eau de pluie) creusée pour dénuder le gîte.

analyser facilitent maintenant les travaux de laboratoire. Dans ce dernier cas, on se sert de sondes électroniques qui donnent la composition d'un grain pendant qu'on l'examine au microscope.

### La fluorescence

Nous avons déjà parlé de la fluorescence dans les chapitres sur la prospection classique, surtout en ce qui a trait au tungstène. La fluorescence s'utilise à d'autres fins en minéralogie et aussi sans doute dans certaines techniques de prospection scientifique. Il s'agit, à strictement parler, d'un phénomène géophysique mais qui se relie si étroitement à la minéralogie que nous jugeons nécessaire d'en parler ici.

La fluorescence est une « lueur » provoquée par l'excitation des atomes de certains minéraux sous l'effet des rayons ultraviolets, c'est-à-dire de rayons dont la longueur d'onde est inférieure à celle de la lumière ordinaire. Ces dernières années, on a mis au point des lampes portatives plus légères et plus maniables que les anciens modèles du genre de celui qu'on voit en

planche LVI et qui produisent des rayons ultraviolets accompagnés de très peu de lumière ordinaire ; cette dernière masque l'effet des ultraviolets. On peut en voir un modèle en planche LXI. Certaines lampes sont conçues pour émettre des rayons à grande et petite longueur d'onde. Il faut éviter de regarder le faisceau d'une lampe à ultraviolets ou d'en retirer le filtre sans détourner ou éteindre la lampe, car les rayons peuvent blesser les yeux.

Malheureusement, si certains échantillons de minéraux émettent une fluorescence bien visible, il en est qui ne laissent rien paraître. On peut d'ailleurs relever sur un même échantillon des lueurs fluorescentes de diverses couleurs, probablement à cause de la présence d'impuretés. On comprendra alors qu'une liste ou une illustration des couleurs ne peut guère servir à l'identification rapide des minéraux. On utilise surtout la fluorescence comme moyen simple et sûr de diviser les minéraux en deux catégories : ceux qui émettent des lueurs visibles et ceux qui ne luisent pas. On fait aussi des épreuves de fluorescence sur des « perles » produites au chalumeau, mais les couleurs fluorescentes du minéral peuvent aussi aider à son identification quand on ne dispose pas d'autres méthodes.

La fluorescence est extrêmement utile à la détection de la scheelite, principal minerai de tungstène, et à l'évaluation des gîtes ou au tri des fragments de roches qui en contiennent. Comme la scheelite ressemble à d'autres minéraux non fluorescents, la lampe à l'ultraviolet s'avère précieuse. On peut s'en servir la nuit, ou sous un capuchon de tissu ou une bâche le jour, ou n'importe quand dans les mines souterraines. La scheelite (et la variété contenant du molybdène appelée autrefois « powellite ») sont les seuls minerais de tungstène qui soient fluorescents. On a pu remédier à la pénurie aiguë de tungstène du début de la deuxième grande guerre grâce à la scheelite récupérée dans une grande mine d'or canadienne, où l'on découvrit beaucoup plus de scheelite que prévu quand un géologue examina les chantiers souterrains à l'aide d'une lampe à l'ultraviolet. Un autre géologue a conçu une méthode d'évaluation de la teneur d'un gîte de scheelite en tungstène par la mesure des zones fluorescentes et leur comparaison avec le reste de la zone échantillonnée.

La fluorescence a également servi à déceler certains autres minéraux comme les minéraux secondaires d'uranium, mais il est d'ordinaire préférable de se servir d'un appareil de radioprospection pour la recherche de l'uranium au Canada.

On a également utilisé la fluorescence dans les études géologiques sans rapport direct avec la prospection, notamment pour différencier certaines roches granitiques et certains gneiss en se fondant sur la présence ou l'absence de zircon fluorescent.

Voici une liste des principaux minéraux fluorescents et des notes sur leur réaction aux ultraviolets. Nos connaissances en cette matière s'améliorant peu à peu, il ne faut pas considérer ces notes comme complètes ou définitives. On trouvera des tableaux détaillés dans le livre de S. Gleason (référence dans la liste des ouvrages à consul-



ter) où nous avons puisé certains des renseignements qui suivent.

L'apatite n'est pas fluorescente d'ordinaire, mais certains spécimens provenant de diverses localités le sont.

La barytine présente généralement une fluorescence jaunâtre ou blanche ou, plus rarement, bleue.

La brucite est généralement fluorescente ; ses lueurs sont blanches, bleuâtres ou verdâtres.

Le béryl n'est généralement pas fluorescent mais certains spécimens présentent une faible fluorescence jaune ou vert pâle.

La calcite est souvent fluorescente avec une gamme de couleurs étendue, attribuable à des altérations superficielles.

La célestine présente parfois une fluorescence blanche avec des reflets verdâtres.

Le cinabre n'est pas fluorescent, mais on peut déceler la présence de mercure au moyen d'une lampe de quartz à l'ultraviolet et d'un écran spécial. Quand un spécimen contenant du cinabre est chauffé à la flamme, on voit des raies noires sur l'écran. (Évitez de respirer les vapeurs toxiques.)

Le feldspath peut présenter une fluorescence de couleur crème ou bleu pâle.

La fluorine fut le premier minéral qui donna lieu à des études sur la fluorescence. Elle présente généralement des lueurs jaunâtres ou bleues, parfois vertes, blanches, crème ou d'un vert jaunâtre. La plupart des couleurs paraissent plus vives quand on expose le spécimen à des radiations longues.

Le gypse, généralement, n'est pas fluorescent, mais certains spécimens présentent des lueurs jaunes ou d'un crème pâle.

La scheelite présente d'ordinaire une vive fluorescence, bleue lorsqu'elle est pure, et jaune à l'état impur ; aussi le minéral présentant une fluorescence bleue est-il probablement plus précieux que celui qui présente une fluorescence jaune.

Le spodumène présente parfois une fluorescence orange, jaune ou crème, surtout après avoir été exposé environ 10 minutes à la lampe. Quand on le fait fondre au chalumeau, la fluorescence est bleue.

Les composés d'uranium : nombre de minéraux uranifères secondaires, tels l'autunite et l'uranophane, présentent une fluorescence d'un vert jaunâtre. La gummite, mélange variable, a d'ordinaire une fluorescence violette.

Le zircon : certains spécimens ont une brillante fluorescence orange qui pourrait en faciliter la découverte et aider à en estimer la quantité dans les roches et les placers.

#### Ouvrages à consulter

Gleason, S.

*Ultraviolet guide to minerals*, Toronto, Van Nostrand, 1960

Jolliffe, A. W. et Folinsbee, R. E.

« Grading Scheelite deposits with an ultra-violet lamp », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLV, 1942, pp. 91 à 98.

McLaren, D.

« Detection of scheelite by ultra-violet radiation », *Can. Mining J.*, vol. LXIV, n° 8, 1943, pp. 494 à 500.

#### Altération de la roche encaissante

Des zones de roches modifiées par les fluides qui ont accompagné le dépôt des minerais entourent plusieurs gîtes épigénétiques. Ces zones s'appellent halos ou auréoles et ont trois dimensions. Généralement plus larges que le gîte, et parfois beaucoup plus larges, elles peuvent donc fournir des indices précieux à ceux qui savent les reconnaître et les interpréter, bien que plusieurs auréoles d'altération n'entourent que des gîtes de peu d'importance. Pour ceux qui s'y connaissent, différents genres d'altérations comme la silicification, la chloritisation, la formation de matières argileuses, les skarns, la pyritisation et l'altération en hématite qui accompagne la majorité des gîtes de pechblende, sont visibles à l'œil nu. Cela est particulièrement vrai des surfaces fraîchement exposées des carottes de forage et des chantiers souterrains dans lesquels les altérations ont souvent facilité l'exploration des gîtes ou ont indiqué la présence d'autres minerais à proximité. Les altérations fortement contrastées comme celles souvent associées à la pechblende peuvent toutefois fournir un indice dès le début de la prospection. D'autres genres d'altérations ne se décèlent qu'au microscope ou par analyse, et les plus faibles et les plus anciennes correspondent aux halos de dispersion étudiés en prospection géochimique. Il faudra poursuivre les recherches sur le terrain et en laboratoire pour mieux préciser les relations entre les altérations et les gîtes de genre, de taille et de valeur différents, ainsi que les divers types de roches encaissantes ; recherches que facilitent les nouvelles techniques et les procédés améliorés tels que le traitement électronique des données, la spectroscopie, l'identification des minéraux, la fluorescence et l'analyse thermique différentielle. On ferait bien d'inclure, dans les rapports descriptifs des gîtes, des renseignements critiques sur l'utilité des altérations.

La cryoluminescence et la thermoluminescence peuvent parfois servir à l'étude détaillée des altérations, notamment pour certains minerais qui normalement ne présentent pas de fluorescence à l'ultraviolet, mais y réagissent sous des températures élevées, ou inférieures à zéro. McDougall a constaté la présence de halos luminescents des deux genres autour de gîtes de substitution sulfurés.

#### Ouvrages à consulter

Lovering, T. S. et coll.

*Rock alteration as a guide to ore — East Tintic district*, *Econ. Geol.*, Mono. n° 1, 1949.

McDougall, D. J.

« Thermoluminescence of rocks as a prospecting tool — equipment and methods », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXVIII, 1965, pp. 247 à 252.

« A study of the distribution of thermoluminescence around an ore deposit », *Econ. Geol.*, vol. LXI, n° 6, 1966, pp. 1090 à 1103.

McDougall, D. J. (rédacteur)

*Thermoluminescence of geological materials*, Londres et New York, Academic Press, 1968.

Schwartz, G. M.

« Hydrothermal alteration as a guide to ore », *Econ. Geol.*, vol. 50<sup>e</sup> anniv., 1955, pt. 1, pp. 300 à 323.

### La photogéologie

Nous avons déjà parlé dans les chapitres VIII, IX et X des différentes utilisations des photographies aériennes, des agrandissements et des mosaïques et nous avons indiqué comment se les procurer. En plus de servir au choix des régions à prospector par les méthodes spéciales, ces documents peuvent, si le terrain, l'échelle et certains autres facteurs s'y prêtent, apporter un secours précieux à la réalisation de cartes ou d'études géologiques, à la prospection des affleurements, au choix d'endroits géologiquement propices et à l'interprétation des anomalies géophysiques et géochimiques. Si l'on ne peut obtenir de cartes topographiques satisfaisantes, on peut se servir de photographies pour le traçage de cartes et de plans non rectifiés ou encore compenser la distorsion des photos ou des mosaïques à l'aide d'instruments tels que l'orthophotoscope. Si l'on dispose d'un bon fond de carte, on pourra y reporter des données géologiques ou autres à vue, ou en se servant d'un compas à pointe sèche, d'un pantographe photomécanique ou d'autres instruments.

Souvent, dans un pays vaste et au relief varié, la végétation masque les affleurements au point qu'ils sont invisibles sur les photographies aériennes. Dans les endroits aux affleurements bien visibles, la détermination du type de roche ou de structure, par simple examen de la photographie, ne se fait que très rarement. Mais s'il est possible de comparer la photo à une bonne carte géologique, on peut apprécier le terrain avec assez de justesse avant même de s'y rendre. L'expérience sur le terrain permet d'ordinaire de faire une extrapolation valable des prolongements de formations rocheuses, de zones de contact et d'autres structures. Dans certaines régions aux affleurements rares ou non apparents, on peut tenter une extrapolation aux endroits où le grain de la roche de fond se retrace facilement sous une mince couche de mort-terrain ou par l'étude de la végétation. Les photos révèlent souvent des caractéristiques importantes pour la prospection des drifts et peuvent faciliter les études géomorphologiques effectuées par les prospecteurs de placers.

Bostock a préparé, en 1968, un catalogue de photographies aériennes représentant plusieurs caractéristiques géologiques fréquentes au Canada ; étudiants et géologues des compagnies minières pourraient sans doute s'y familiariser avec certaines régions.

Si les photographies disponibles sont insatisfaisantes à cause des échelles, des ombres ou pour toute autre raison, on peut en obtenir d'autres par contrat. À ce sujet, mentionnons un article sur l'utilisation de la photographie en Sibérie, où il est dit que des photos à petite échelle n'ont pas fourni les renseignements désirés non plus que des photos très détaillées, mais qu'une échelle intermédiaire de 1/15 000<sup>e</sup> a donné de bons résultats. Il semble donc

qu'au Canada, avant d'entreprendre des programmes de grande envergure, on ferait bien de prendre d'abord des photographies à différentes échelles.

Haman et Ozsezginer ont appliqué à la cartographie des structures dans les Rocheuses une méthode appelée « stéréogrammétrie ». La direction et le pendage d'éléments linéaires et plans, visibles sur les photographies aériennes, ont été analysés au moyen de projections stéréographiques.

On peut maintenant obtenir de la Photothèque nationale de l'Air des photographies aériennes imprimées d'après un procédé spécial appelé « log E », qui font ressortir certains détails absents des photographies tirées par contact et où il y a eu surexposition. Les photographies « log E » coûtent deux fois plus cher que les autres, mais une commande de photos pour une ligne de vol donnée peut être remplie en partie à l'aide d'épreuves par contact et en partie d'épreuves « log E » pour les points où la dépense semble justifiée.

Les pellicules couleur s'améliorent à un point tel qu'on les utilise de plus en plus, même si elles coûtent cher. Quoique dans la plupart des régions du Canada, l'exposition des affleurements rocheux ne permette pas de tirer parti de leur couleur, on pourra parfois détecter des chapeaux de fer et d'autres détails colorés. La photographie couleur pourra encore trouver d'autres applications puisque certains types de végétaux croissent sur certains types de sol ou de roche et que leur couleur peut être caractéristique. On a ainsi procédé à des études expérimentales sur la teinte que prend l'eau envahie par les algues quand elle recouvre certaines particularités géologiques. La photo couleur donne par ailleurs d'excellents agrandissements.

On effectue actuellement des explorations à l'infrarouge, avec pellicules et filtres spéciaux, pour voir s'il est possible de déceler les changements de température des roches et pour relever, grâce à des détecteurs spéciaux, la fluorescence des roches et des gîtes minéraux lors de vols à basse altitude à la tombée de la nuit.

Enfin, on a aussi expérimenté avec le radar dont les ondes peuvent pénétrer la couverture végétale et peut-être enregistrer la présence de métaux en surface. On étudie présentement les applications géologiques possibles de la photographie à haute altitude à partir d'avions ou de satellites. Aucune de ces expériences dans le domaine de la photogéologie et des sujets connexes n'est suffisamment avancée pour justifier l'abandon des photographies classiques en noir et blanc dans la plupart des cas ; cependant, les expériences en cours ne sont pas sans intérêt.

### Ouvrages à consulter

Allum, J. A. E.

*Photogeology and regional mapping*, Pergamon, 1966.

Bostock, H. S.

*Catalogue of selected air photographs*, Commission géol. du Can., étude 67-48, 1968.

Haman, P. J. et Ozsezginer, O.

*Stereogrammetry applied to Rocky Mountain structure in the Mt. Yamnuska area, Alberta, Calgary (Alberta)*, West Canadian Research Publications.

- Kobets, N. V. et Komarov, B. V.  
« Some questions of aerial methods of searching for diamond deposits in situ », *Izvestiya Akademii Nauk. SSSR, Geol. Ser.* n° 2, 1958, pp. 85 à 93.
- Miller, V. C.  
« Current trends in photogeology and in the use of other remote sensing methods in geological interpretation », *Earth-Sci. Rev.*, n° 4, 1968, pp. 135 à 152.
- Rydstrom, H. O.  
*Interpreting local geology from radar imagery*, Goodyear Aerospace Corp., étude GERA-1122, 1966.
- Sabins, F. F.  
« Infrared imagery and geologic aspects », *Photogrammetric Engineering*, vol. XXXIII, n° 7, juillet 1967.
- Saull, V. A.  
« Examples of natural photography from Renfrew Co., Ontario », *Can. J. Earth Sci.*, vol. IV, n° 4, août 1967, pp. 619 à 623.
- Slaney, V. R.  
« Airborne imaging systems and the geologist », *Can. Mining J.*, vol. LXXXIX, n° 6, 1968, pp. 41 à 45.
- Smith, J. T. (rédacteur)  
« Manual of colour aerial photography », *Am. Soc. Photogrammetry*, Falls Church (Va.), 1968.

### Roches et minéraux industriels

Comme nous l'avons déjà dit (chapitre IV), la géologie des gîtes industriels présente certaines ressemblances et différences par rapport à celle des gîtes métallifères. L'industrie a besoin de géologues ou de spécialistes connaissant bien certains types de gîtes industriels, et cela pour les raisons suivantes. Plusieurs gîtes non métallifères consolidés exigent une connaissance particulière des minéraux et des caractéristiques géologiques d'un type donné. À cause du volume et du prix unitaire assez bas des matériaux de construction, il faut exploiter les gîtes des matériaux recherchés aussi près que possible des centres industriels ou des villes. Guillet prétend que municipalités, cantons ou autres administrations devraient confier à un spécialiste la recherche des gîtes de ce genre et les études de ressources ; cet expert en matière de gîtes exploitables est en mesure de conseiller l'urbaniste ; grâce à la collaboration de ces deux types de spécialistes, les administrations sauront mieux prévoir les besoins de l'industrie. Toujours selon Guillet, le géologue devrait être particulièrement renseigné sur les sujets suivants : géologie du pléistocène et du paléozoïque, géologie économique et économie des minéraux, utilisation rationnelle des matériaux en cause, géographie, transport, industrialisation et sciences politiques.

### Ouvrage à consulter

- Guillet, G. R.  
« The role of the geologist in the industrial minerals field » *Can. Mining J.*, août 1967, pp. 71 à 73.

### Étude systématique des affleurements

L'examen systématique des affleurements offre un vaste champ d'action aux géologues ou aux prospecteurs classiques guidés par de tels spécialistes. Nombre d'affleure-

ments n'ont pas encore été prospectés à fond ; on ne s'est guère appliqué, par exemple, à déceler des gîtes à basse teneur ou contenant des minéraux importants difficiles à identifier. Dans certaines régions, tout particulièrement dans le Bouclier canadien, on pourrait certainement découvrir, en effectuant des cheminements systématiques ou en dénudant la roche de son « tapis » de mousse ou de végétaux, des affleurements encore inconnus des prospecteurs classiques ou des géologues. Des équipes semi-spécialisées s'occuperaient du repérage, du dégagement et du marquage des affleurements ; ensuite, une fois bien au fait de l'objectif des travaux, des prospecteurs d'expérience, dont certains sont réputés pour leur « flair » et leur aptitude à exécuter des tracés préliminaires et à exposer des venues, iraient examiner les affleurements.

### Recherche de traînées de minéraux dans les matériaux glaciaires

Il a déjà été question, à propos de la prospection classique, de rechercher l'origine des traînées de minéraux par l'observation directe ou par le lavage à la batée. Dans les pays scandinaves, on a tiré grand profit des méthodes plus raffinées mises au point pour retrouver la source des matériaux glaciaires dispersés, souvent à quelques milles de leur point d'origine ; les mêmes méthodes prennent de plus en plus d'importance au Canada, où les conditions sont comparables. La plupart d'entre elles exigent un matériel considérable, un géologue, expert en glaciologie ou une équipe dirigée par un spécialiste. Des prospecteurs expérimentés, sans formation spéciale mais bien au courant de la question, peuvent utiliser certaines de ces méthodes. Les recherches ainsi effectuées peuvent mener à la découverte d'un dépôt affleurant mais, le plus souvent, elles permettent tout au plus de repérer une région où des études géologiques, géophysiques et géochimiques pourraient justifier le forage au diamant.

Le chapitre II décrit brièvement le procédé de formation, de progression et de fonte de vastes glaciers et de calottes glaciaires sur la majeure partie du territoire canadien à diverses époques du pléistocène. Ces glaciers et calottes glaciaires retiennent des morceaux plus ou moins gros de roche, et parfois des fragments de minerais ; arrachés aux gîtes minéraux, entraînés ensuite par l'avance des glaces, ils se déposent, avec la fonte, sous forme de moraines et autres dépôts glaciaires. La plupart des pierres et des blocs erratiques que l'on trouve dans ces dépôts ne viennent pas de loin, et c'est le cas pour nombre de minéraux métallifères, trop tendres ou trop solubles pour être transportés sur de grandes distances. Au Canada, il y aurait probablement grand avantage à rechercher l'origine des fragments de minerais extraits des dépôts glaciaires, à l'intérieur ou à proximité du Bouclier canadien ou d'autres régions géologiques favorables à la rencontre de gîtes minéraux ; plus les indices abondent, plus on doit s'interroger sur leur provenance. Dans les Plaines par contre, loin du Bouclier canadien, il serait difficile ou même impossible, de remonter vers le lieu d'origine des blocs erratiques pré-

camabriens contenant des minéraux métallifères. Le dénombrement des roches et des minéraux dans les zones de transport glaciaire échantillonnées est fort utile ; grâce à lui, on peut savoir si, en remontant vers la source, on pourra ou non aboutir à la découverte de certains minéraux ou roches favorables.

C'est dans les parties supérieures de la Cordillère, où la plupart des glaciers ont descendu les vallées, que les recherches de ce genre sont le plus à propos. Il est toujours possible, quoique peu favorable, que certains fragments, charriés au-delà de leur vallée d'origine par la glace, aient passé d'une vallée à une autre. Ailleurs au pays, le mouvement glaciaire, généralement moins limité, complique sérieusement la remontée jusqu'au point d'origine des indices, d'autant plus que la glace a pu, au cours des nombreuses glaciations, se déplacer dans un sens ou dans l'autre.

Les débris sont parfois si épars qu'ils n'ont rien à offrir aux chercheurs ; mais ailleurs ils s'échelonnent en « traînées » quasi rectilignes qui conduisent directement jusqu'à la source ou presque. On parle alors de « traînées de blocs », mais A. Dreimanis préfère les appeler des « traînées indicatrices » parce qu'elles peuvent contenir des galets plutôt que des blocs ou des fragments minuscules qu'on ne découvrira que grâce à des analyses chimiques ou autres. On trouve encore des traînées dans les cônes d'éboulis glaciaires dont on peut retrouver la source en marquant sur une carte l'emplacement des galets et en reliant les indices les plus éloignés du centre par des lignes qui doivent se recouper près du sommet du cône. En 1963, Lee a étudié des cônes d'éboulis glaciaires à Kirkland Lake, Ontario ; il a obtenu des résultats positifs sur une moraine de fond au sud-est de gisements connus et des résultats négatifs dans des zones où on ne connaissait ni ne soupçonnait l'existence d'aucun gîte. Il en conclut que la méthode s'appliquait bien quand les débris n'avaient subi qu'un seul déplacement, mais qu'il était difficile, voire impossible de trouver l'origine de débris transportés et déposés plusieurs fois. Il met actuellement au point un système appelé « glaciofocus » pour l'échantillonnage et la recherche de minéraux dans les graviers d'esker ou des moraines de fond. On espère pouvoir appliquer cette méthode, dans les régions propices, à la prospection directe et à l'évaluation des anomalies géophysiques, géochimiques et géologiques.

Il semble qu'on n'ait jamais fait une étude systématique des deltas post-glaciaires qui mériteraient sans doute plus d'attention.

Pour obtenir des indices probants sur la direction et d'autres caractéristiques de l'avance glaciaire en certains endroits, on consultera les cartes publiées sur la question, notamment la *Carte glaciaire du Canada* et la *Glacial Map of North America* ; on peut aussi observer, sur le terrain même, les stries, les rainures, les drumlins et autres profils topographiques. Les stries sont des sillons creusés dans les affleurements par de petits morceaux de roche aigus fixés dans la glace. Par rainures, on entend des traces parallèles plus profondes taillées à la surface

des affleurements. Les drumlins sont des collines ovales de dépôts glaciaires, orientés dans la direction de l'avance glaciaire ; on peut les voir sur des photographies aériennes. En général, striures, rainures et drumlins indiquent simplement l'une des deux orientations possibles du mouvement glaciaire ; la plupart des prospecteurs peu versés en cette matière auraient peine à distinguer l'une de l'autre. Il leur faudrait presque toujours faire des recherches dans les deux directions ou consulter les cartes disponibles. Les spécialistes se servent des indices que fournissent faces amont et aval, traînées de débris, stries en tête de clou, coups de gouge, moraines terminales, moraines ondulées et analyse des dépôts glaciaires (till). On trouvera la définition de ces termes dans quelques-unes des publications énumérées ci-dessous et dans d'autres ouvrages sur la géologie glaciaire.

Les études récentes de Lee sur des eskers et des vallées couvertes de matériaux de transport glaciaire stimuleront vivement la prospection spécialisée. Il y a beaucoup d'eskers au Canada, et à plusieurs endroits ils contiennent les seules roches ou les seuls fragments minéraux de la roche de fond qu'on puisse trouver. Le trajet de transport a dû être assez court, parce que les courants qui ont déposé les eskers n'auraient existé que peu de temps et auraient été surchargés de sédiments. Les vallées enfouies offrent parfois des indications sur l'état de la roche de fond et peuvent en outre contenir des placers. On peut confirmer l'existence d'une vallée par la dureté relative des roches, les structures géologiques ou la présence de minéraux métallifères dont la surface s'altère plus rapidement que celle des autres roches. On a fait des études préliminaires à l'aide de photographies aériennes à haute altitude, d'analyses de la surface de la roche de fond sous le mort-terrain et de levés sismiques.

#### Ouvrages à consulter

- Flint, R. F.  
*Glacial geology and the Pleistocene Epoch*, Wiley, 1947 (notamment les pages 102 à 132).
- Grip, E.  
« Tracing of glacial boulders as an aid to ore prospecting in Sweden », *Econ. Geol.*, vol. XLVIII, n° 8, 1953, pp. 715 à 725.
- Hyyppä, E.  
« Tracing the source of the pyrite stones from Vihanti on the basis of glacial geology », *Bull. Comm. Geol. Finlande*, vol. XXI, n° 142, 1948, pp. 97 à 122 (en anglais).
- Krumbein, W. C.  
« Preferred orientation of pebbles in sedimentary deposits », *J. Geol.*, vol. XLVII, 1939, pp. 673 à 699.
- Lee, H. A.  
*Glacial fans in till from the Kirkland Lake fault ; a method of gold exploration*, Comm. géol. du Canada, étude 63-45, 1963.  
*Investigation of eskers for mineral exploration et Burried valleys near Kirkland Lake, Ontario*, Commission géol. du Canada, étude 65-14, 1965.  
*Glaciofocus*, Imprimeur de la Reine, n° de cat. M40-3066, 1966.  
*An Ontario kimberlite occurrence discovered by application of the glaciofocus method to a study of the Munro esker*, Comm. géol. du Canada, étude 68-7, 1968.

## Traitement des données géologiques

Nous avons parlé dans le chapitre précédent du traitement des données et de la Banque de données géologiques du Canada. La méthode de classement de cette banque comprend la normalisation de divers procédés tels que : codage des noms et expressions géologiques, établissement de références et de coordonnées géographiques, constitution de fichiers sur les gîtes minéraux. Ceci facilite déjà le travail des bibliothécaires qui cataloguent et indexent les données sur les fiches et tiennent à jour des listes de minéraux, de fossiles et d'autres renseignements géologiques. Autres avantages à signaler : simplification des échanges de données fondamentales, uniformité des enregistrements, extraction sélective et comparaison des données, recherche documentaire plus aisée, stockage des renseignements complémentaires aux publications.

Outre le stockage et l'extraction des données, les ordinateurs permettent d'appliquer de diverses façons les mathématiques aux problèmes géologiques. Autrefois, on ne s'est guère servi des mathématiques que pour l'étude des données minéralogiques et pétrographiques ou pour celle des anomalies géophysiques et géochimiques. En géologie, le travail était plutôt qualitatif que quantitatif en raison de l'abondance des données statistiques, ainsi que du temps et des connaissances spéciales nécessaires à l'établissement des modèles par des calculs compliqués. Les études quantitatives et mathématiques permettent pratiquement toujours de mieux comprendre et de résoudre les problèmes de géologie. En prospection scientifique, les données géologiques touchent plusieurs points, notamment : choix des régions à prospecter, énoncé et vérification théorique d'hypothèses sur l'existence de gîtes minéraux, évaluation des anomalies et des gîtes du point de vue géologique. Le traitement des données accélérera sûrement les recherches sur les provinces métallogéniques et la préparation des cartes. On envisage de passer à l'ordinateur soit directement, soit après traitement selon les méthodes statistiques ou autres, les données détaillées sur les facteurs d'environnement et les modes de décou-

verte de gîtes de minerai connus, en même temps que les données codées relatives aux cartes géologiques et métallogéniques.

En 1957, Allais appliqua les techniques de la recherche opérationnelle à la distribution possible des gîtes minéraux dans le désert algérien en se fondant sur les statistiques de gîtes connus. Il en conclut que la distribution statistique obéissait aux lois suivantes : loi normale des coupes géologiques, loi des probabilités de Poisson et loi des paramètres inférieurs à ceux qui étaient enregistrés sur les cartes. En 1964, Graham appliqua cette méthode à une région de deux milles carrés dans le district de Slokan, en Colombie-Britannique. Cette région n'avait pratiquement pas été prospectée parce qu'elle était recouverte de mort-terrain : il a donc fondé ses recherches sur des chiffres relatifs aux gîtes connus dans les régions environnantes. En analysant les probabilités de découvertes de mines, de gîtes importants, d'exploitations possibles et de venues minérales, ainsi que les frais de découverte, il en conclut que la méthode permettait d'établir une évaluation réaliste et utile.

### Ouvrages à consulter

Allais, M.

« Évaluation des perspectives économiques de la recherche minière sur de grands espaces », *Bull. Bureau de Recherches de l'Algérie*, Alger, Hors Série, 1957, pp. 1 à 101.

Graham, J. D.

« The appraisal of a mineral exploration venture in the Sandon mining camp, British Columbia », *Can. Mining J.*, vol. LXXXV, n° 10, octobre 1964, p. 116.

Thèse disponible à la bibliothèque principale de l'Université de Colombie-Britannique.

Krumbein, W. C. et Graybill, F. A.

*An introduction to statistical models in geology*, Toronto, McGraw-Hill, 1965.

Smith, F. G.

*Geological data processing using Fortran IV*, New York et Londres, Harper et Row, 1966.

Vistelius, A. B.

*Studies in mathematical geology* (traduit du russe), Consultants Bureau, New York, 1967.



## prospection géophysique

La géophysique, branche de la physique expérimentale appliquée à l'étude de la Terre, a beaucoup facilité l'intelligence des phénomènes géologiques. La prospection géophysique se pratique depuis longtemps, mais le développement des techniques modernes ne remonte qu'à la fin de la deuxième guerre mondiale.

On estime que la géophysique remonte à 1600 environ, époque où William Gilbert découvre que la Terre constitue un gigantesque aimant qui oriente l'aiguille de la boussole. Cette découverte ouvrait la voie à d'autres recherches sur le magnétisme. La sismologie a également contribué au développement de la géophysique. Il y a 2 000 ans, on utilisait en Orient des instruments grossiers pour mesurer la direction et l'intensité des tremblements de terre. En 1761, John Mitchell mettait au point un instrument capable de localiser un séisme et de mesurer avec précision le temps d'arrivée des ondes de choc en divers points. Environ un siècle plus tard, Robert Mallet avançait la théorie selon laquelle les diverses formations géologiques modifient la vitesse de propagation des ondes sismiques qui les traversent. La mesure des variations du champ de gravité provoquées par des différences de composition et de localisation des divers éléments de l'écorce terrestre, constitue une autre partie importante de la géophysique. En 1687, Newton découvre la loi de la gravitation universelle. Un siècle plus tard, Cavendish effectue la première mesure de la pesanteur. En 1880, von Eotvos inventait la balance de torsion portative, qui permet de mesurer la force de gravitation en divers points. Avec la découverte de la radioactivité en 1896 et, quelques années plus tard, la théorie de la radioactivité de Rutherford, naissait une nouvelle branche de la géophysique. Le compteur Geiger, inventé à cette époque, permet en 1932 la mise au point d'instruments de mesure des variations de la radioactivité selon les roches et les gîtes minéraux.

Peu après la publication de la théorie de Gilbert, on utilise en Suède des barres aimantées pour la prospection de gîtes de magnétite. Des instruments plus perfectionnés,

comme les boussoles d'inclinaison, servent à la délimitation des gisements de fer connus et à la prospection, ce qui conduira à la mise au point des divers magnétomètres utilisés de nos jours. Vers 1917, la balance de torsion facilite la prospection des dépôts de sel et, quelques années plus tard, on l'utilise pour délimiter les structures susceptibles de contenir du pétrole. Les détecteurs de vibrations utilisés pendant la première guerre mondiale servent tôt après à la prospection et à l'étude des champs pétroliers connus. En 1930, la découverte d'un champ électrique naturel provoqué par la plupart des gisements de sulfures permet d'utiliser pour la détection les propriétés électriques des roches et des gisements minéraux. On étudie ensuite les effets des courants électriques introduits artificiellement dans le sol, mais c'est au XX<sup>e</sup> siècle surtout que progresseront les méthodes électriques. Les techniques géophysiques de prospection de gîtes minéraux par des levés effectués en surface ou dans les mines sont perfectionnées et généralisées entre les deux guerres. Les progrès de l'aviation au cours de la deuxième guerre mondiale et l'invention d'une méthode magnétique de détection des sous-marins du haut des airs ont permis le perfectionnement et la généralisation des levés géophysiques aériens caractéristiques des années d'après-guerre. Des expériences sont actuellement en cours sur des méthodes comme la photographie à l'infrarouge et d'autres méthodes de perception et de mesure de phénomènes tels que l'émission de chaleur des divers points de la surface terrestre.

La géophysique appliquée, qui évolue rapidement, est devenue une branche importante et complexe des sciences de la Terre. Elle a beaucoup contribué aux découvertes de gisements au Canada au cours des récentes années — (chapitre x) — ainsi qu'à l'évaluation de certains gisements et à la recherche de prolongements de massifs minéraux connus. Cette discipline a fait l'objet de nombreux ouvrages ; beaucoup d'articles traitent de ses applications et de ses progrès récents ; nous en mentionnons quelques-uns dans les listes figurant à la fin de cette section et des sections suivantes. Dans ce chapitre, on trouvera des données de base destinées aux experts et aux non-spécialistes, ainsi que l'exposé des principales méthodes, y compris les procédés magnétiques et radioactifs plus simples des prospecteurs et géologues classiques. P. J. Hood et D. G. Hobson, de la Division de la géophysique d'exploration de la Commission géologique du Canada, ont rédigé respectivement les articles sur les méthodes magnétiques et sur les méthodes gravimétriques et sismiques ; L. S. Collett, de la même division, est l'auteur de l'introduction à l'article sur les méthodes électriques. Le reste de la section s'inspire d'un article publié dans l'édition précédente par les géophysiciens d'exploration du Canada ; l'auteur a ajouté un article sur les méthodes de polarisation spon-

tanée; il a également rédigé l'article sur les méthodes de radioactivité.

### Ouvrages à consulter

de Wet, J. P. (rédacteur)

*Methods and case histories in mining geophysics*, 6th Commonwealth Mining Met. Congress, Volume cong., 1957.

Dobrin, M. B.

*Introduction to geophysical prospecting*; Toronto, McGraw-Hill, 1960.

Griffiths, D. H. et King, R. F.

*Applied geophysics for engineers and geologists*, Londres et New York, Pergamon, 1965.

Hansen, D. A. et coll. (rédacteurs)

« Mining geophysics, case histories », *Soc. Expl. Geophys.*, vol. I, 1966.

Hood, P. J.

« Mineral exploration : trends and developments in 1968 », *Can. Mining J.*, vol. XC, n° 2, 1969, pp. 157 à 180.

« Trends and developments in 1969 », *Can. Mining J. Ann. Rev.*, février 1970, pp. 185 à 209.

Hood, P. J. et Ward, S. H.

« Airborne geophysical methods », *Advances in Geophysics*, New York, Academic Press, vol. XIII, 1969, pp. 1 à 112.

Morley, L. W. (rédacteur)

*Mining and groundwater geophysics*, 1967; Comm. géol. du Canada, Rapp. géol. écon. n° 26, 1970.

Rapport rédigé à la suite d'un colloque international multidisciplinaire.

Nettleton, L. L.

*Geophysical prospecting for oil*, Toronto, McGraw-Hill, 1940.

Parasnis, D. S.

*Mining geophysics*, Amsterdam, Elsevier, 1962.

Siegel, H. O.

« The contribution of geophysics to Canada's postwar mineral developments », *Can. Mining J.*, novembre 1967, pp. 45 à 48.

## MÉTHODES MAGNÉTIQUES

par P. J. HOOD

### La boussole et l'aimant

L'aimant est un morceau de fer ou d'alliage de fer ayant la propriété d'attirer les éléments de même nature. C'est sur cette propriété physique, qui porte le nom de magnétisme, que sont fondés des instruments de prospection géophysique comme la boussole ordinaire, la boussole d'inclinaison et le magnétomètre. Un simple aimant permet de reconnaître certains minéraux.

Une aiguille mise en contact d'une façon répétée avec le champ magnétique d'un des pôles d'un aimant devient elle-même un aimant. Si l'on suspend cette aiguille par le milieu au bout d'un fil ténu, elle se stabilise en direction nord-sud et s'incline vers le bas. Quels que soient les

mouvements qu'on lui imprime, l'aiguille revient toujours à la même position, ce qui prouve qu'une force directrice agit sur elle. On appelle pôle nord l'extrémité qui pointe vers le nord et pôle sud celle qui pointe vers le sud. La Terre elle-même est comme un immense aimant, et l'aiguille magnétique s'oriente dans la direction du champ magnétique terrestre. Ce champ peut être considéré comme le résultat de deux composantes, l'une horizontale, l'autre verticale.

L'aiguille ne pointe pas directement vers le nord vrai ou géographique, car le pôle nord magnétique de la Terre se trouve actuellement dans l'île Bathurst (district de Franklin, Territoires du Nord-Ouest). Durant les dernières années, il s'est déplacé vers le nord d'environ 5 milles marins par an.

L'angle horizontal entre l'orientation d'une aiguille suspendue qui pointe vers le nord magnétique et la direction du nord géographique s'appelle déclinaison ou, en termes de marine, « variation ». On appelle « inclinaison » l'angle vertical que fait l'aiguille suspendue avec l'horizontale. La boussole ordinaire indique la direction de la composante horizontale; la boussole d'inclinaison mesure l'inclinaison du champ terrestre par rapport à l'horizontale; et le magnétomètre mesure soit l'intensité du champ terrestre, soit les composantes horizontale ou verticale.

### Propriétés magnétiques des roches

On attribue généralement les propriétés magnétiques des roches ordinaires à la présence de magnétite (oxyde de fer); les autres minéraux magnétiques n'ont guère d'importance, sinon aucune. Chaque grain de magnétite de la roche possède deux genres de magnétisme. Le premier, magnétisme induit dans les grains de magnétite par le champ magnétique terrestre, disparaîtrait si le champ terrestre était supprimé. Le magnétisme induit dans une roche donnée est proportionnel à une propriété physique qu'on appelle la susceptibilité magnétique. L'autre est le magnétisme rémanent ou permanent de la magnétite dans la roche. Les roches peuvent l'acquérir de diverses manières; certaines produisent un magnétisme fort, d'autres un magnétisme faible. Les facteurs forts correspondent au magnétisme rémanent d'un aimant permanent et les facteurs faibles au magnétisme que peut acquérir un morceau de fer doux. Les roches ignées acquièrent un magnétisme permanent après avoir été refroidies à un degré inférieur à la température critique (580°C pour la magnétite). On a prouvé que la direction du magnétisme permanent est rigoureusement parallèle à la direction d'un champ terrestre lors du refroidissement de la roche. Le magnétisme total d'une roche est donc la somme de son magnétisme induit et de son magnétisme permanent. Le champ terrestre s'est inversé plusieurs fois au cours des temps géologiques. La direction du magnétisme permanent d'une



roche refroidie dans un champ inversé sera donc aussi de direction inverse. Si le magnétisme rémanent d'une roche est supérieur au magnétisme induit, l'anomalie magnétique que cela implique sera également de sens opposé à celle du champ magnétique terrestre ; on parlera alors d'une anomalie négative. On en a trouvé beaucoup dans le Bouclier canadien. Les dykes de diabase de la région de Fort Hope, dans le nord-ouest de l'Ontario, par exemple, comportent des anomalies négatives. Ce phénomène est cependant beaucoup plus fréquent dans les roches basiques jeunes, en bordure des continents par exemple. La foudre peut aussi produire une légère anomalie négative sur des zones de 20 pieds de diamètre environ, dans des affleurements rocheux. On trouve aussi des anomalies négatives dans les roches contenant de l'ilménite et de l'hématite, à cause de l'inversion spontanée provoquée par une propriété magnétique particulière à ces minéraux. Les corps minéralisés d'ilménite-hématite du lac Allard dans le sud-ouest du Québec, par exemple, produisent des anomalies magnétiques négatives très nettes.

### Identification des minéraux magnétiques

Tout prospecteur devrait posséder une boussole ; c'est un instrument géophysique élémentaire. Elle permet de reconnaître certains minéraux, de localiser divers types de roches et de déterminer le point de contact de certaines masses.

La magnétite et la pyrrhotine sont les minéraux les plus magnétiques ; placées à proximité d'une boussole, elles attirent fortement l'aiguille. La franklinite, la jacobsite, la chromite et l'ilménite exercent une attraction plus faible. Pour connaître l'attraction magnétique d'un minéral, le mieux est de placer la boussole à plat et d'approcher l'échantillon de l'aiguille plusieurs fois et dans des directions différentes.

On peut rendre une boussole plus sensible aux effets magnétiques des échantillons de roches en utilisant un long barreau aimanté, pour compenser la majeure partie de la composante horizontale du champ magnétique terrestre près de la boussole. On utilisera une boussole à aiguille courte que l'on déposera sur une surface plane non magnétique, une chaise en bois, par exemple. On tournera la boussole jusqu'à ce que l'aiguille marque le nord. À angle droit avec l'aiguille de la boussole, c'est-à-dire à l'est ou à l'ouest, le barreau magnétique se place au centre, son pôle nord orienté vers le nord. Si l'aimant n'est pas indiqué, on peut déterminer les pôles à l'aide de la boussole, les pôles semblables se repoussant. Il faut alors déplacer le barreau magnétique selon un plan est-ouest en le maintenant orienté nord-sud jusqu'à ce que l'aiguille de la boussole oscille doucement et se fixe dans la direction est-ouest. Dans cette position, la composante horizontale est totalement compensée et une très légère rotation de l'aimant entraînera une rotation de 180° de l'aiguille de la boussole. On peut mettre en évidence l'accroissement de sensibilité de l'ensemble à l'aide d'une pièce de cinquante cents (monnaie canadienne). Si on la tient au centre et

au-dessus de la boussole, une face parallèle à la vitre et qu'on la fasse tourner, l'aiguille de la boussole suivra la direction de l'aimantation permanente de la pièce.

L'aimant ordinaire (en forme de fer à cheval ou de barreau) peut également servir au prospecteur, notamment pour reconnaître des minéraux magnétiques selon une des trois méthodes suivantes : la première consiste à placer délicatement l'aimant en équilibre et à en approcher l'échantillon ; la seconde à le suspendre à une ficelle et à l'élever vers l'échantillon ; la troisième à pulvériser l'échantillon et à faire l'essai de la poudre à l'aide de l'aimant. Par cette dernière méthode, on constatera que la quantité de substance magnétique est très faible. Pour déterminer en gros la proportion de minéraux aimantés que renferme un échantillon, il faut d'abord en broyer un morceau, éliminer toutes les particules magnétiques en passant et repassant plusieurs fois l'aimant dans la poudre (on nettoiera chaque fois l'aimant) ; puis, lorsqu'il ne se produit plus aucune attraction, on compare la partie enlevée à la partie restante.

### Prospection magnétique à la boussole

La boussole permet de détecter la présence de roches enfouies. C'est le cas chaque fois que la boussole révèle l'existence d'une force d'attraction magnétique nettement supérieure à celle qui émane des roches environnantes. On peut déceler cette différence en approchant de la boussole un spécimen de la roche adjacente et en notant la déviation de l'aiguille selon la méthode précédemment décrite. Si une des roches provoque une déviation importante de l'aiguille et l'autre pas, c'est qu'il y a différence de comportement magnétique et il doit donc être possible de relever la formation rocheuse par des méthodes magnétiques. Même si un fragment qu'on tient dans la main ne suffit pas à faire dévier l'aiguille de la boussole, la masse de toute une formation rocheuse peut exercer assez d'attraction pour le faire.

Pour dresser une carte des formations et des lignes de contact au moyen d'une boussole, on conseille de suivre sur le terrain la méthode suivante : établir une ligne de jalons en travers du contact ou des formations, en s'assurant qu'elle s'étend bien au-delà du contact ou bien en deçà ou au-delà des formations dont on veut dresser la carte. L'on commence à une extrémité de la ligne et l'on note les indications de la boussole à tous les 100 ou 200 pieds, le long de la ligne. Si l'aiguille s'éloigne de 5 à 10 degrés de la direction prise au départ (déviation de la normale), c'est que les propriétés magnétiques de la roche sous-jacente ont changé, de même sans doute que sa composition.

La déviation de l'aiguille peut être forte, comme on le voit à la figure 21. En l'occurrence, on a fait des lectures à intervalles de 100 à 200 pieds, tout le long de la ligne jalonnée, en travers de la formation ferrifère. Les petites flèches indiquent la direction de l'aiguille. On a dressé de cette façon la carte de dykes de diabase, de masses de gabbro, de syénite, de granite, d'ardoise, de roches volca-

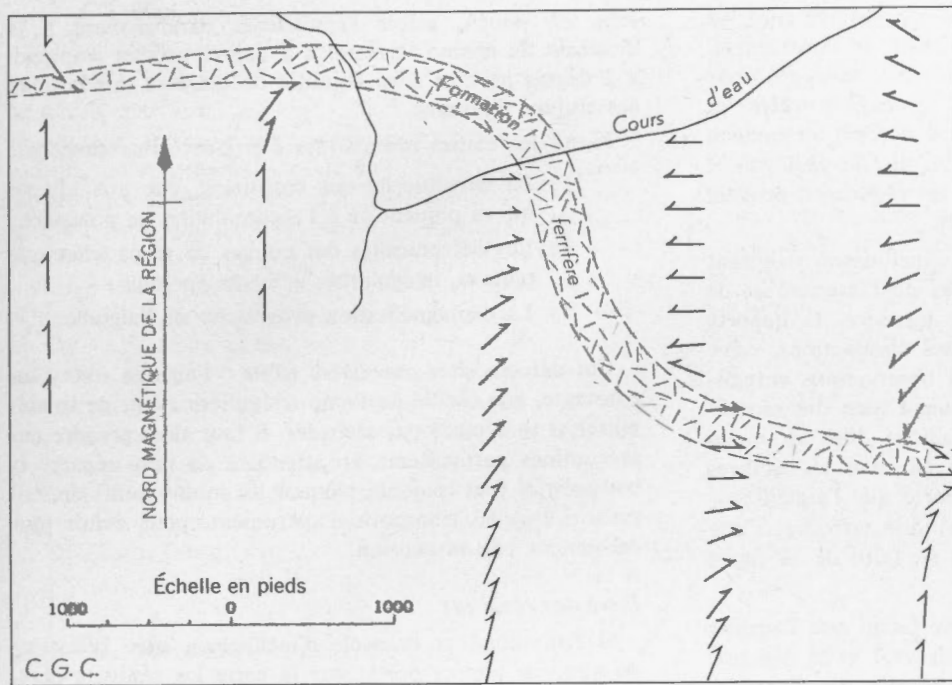


Figure 21  
Délimitation d'une zone ferrifère par levé à la boussole.

niques, aussi bien que de formations ferrifères. Si les déviations magnétiques sont très prononcées dans un secteur peu étendu, il est très possible qu'il y ait une concentration locale de magnétite, mais seul l'échantillonnage permettra de savoir s'il s'agit d'un gisement exploitable.

#### La boussole d'inclinaison

La boussole ordinaire permet de localiser la ligne de contact entre des masses rocheuses de magnétisme très différent, mais plus le magnétisme des masses rocheuses s'uniformise, moins elle est utile. Pour différencier les deux zones magnétiques, il faut alors recourir à un instrument plus sensible, comme la boussole d'inclinaison.

La première boussole d'inclinaison, appelée « cercle d'inclinaison », consistait essentiellement en une aiguille magnétique délicatement montée sur un axe horizontal. Si l'on tenait le cercle d'inclinaison de façon que l'aiguille puisse osciller dans le plan vertical du méridien magnétique (direction du champ magnétique terrestre à un point donné), cette aiguille finissait par se stabiliser dans la direction du champ magnétique total, permettant ainsi de mesurer l'angle d'inclinaison de ce champ. La boussole d'inclinaison utilisée actuellement est inspirée du cercle d'inclinaison ; l'aiguille est pourvue d'un contre-poids mobile attaché à l'une de ses extrémités. Dans l'hémisphère nord, le poids se place sur le bras à polarité sud — (planche LVII). En maintenant la boussole d'inclinaison dans le plan du champ magnétique terrestre, l'aiguille, sous l'effet du contre-poids, accuse un angle arbitraire par rapport à l'inclinaison de ce champ. Le contre-poids exerce sur l'aiguille un effet contraire à la force magnétique. L'intensité de la pesanteur est à peu près constante d'une région à l'autre, tandis que la force magnétique varie en direction et en intensité d'un point



P. J. Hood 200717

Planche LVII Boussole d'inclinaison.

d'observation à l'autre, modifiant ainsi la position d'arrêt de l'aiguille. En déplaçant le poids, on peut rééquilibrer l'aiguille pour qu'elle soit à peu près horizontale, quand on entreprend le levé d'une région donnée, ce qui accroît la sensibilité de l'instrument. Toutefois, pour parvenir au maximum de sensibilité, l'aiguille devrait être à angle droit avec l'inclinaison du champ magnétique terrestre.

Quand on utilise les divers instruments magnétiques, on ne doit avoir, ni sur soi, ni à proximité de l'instrument, la moindre parcelle de fer ; cela agit sur la boussole ordinaire, la boussole d'inclinaison et le magnétomètre, et donne lieu à des erreurs. Un trousseau de clés, un couteau de poche, une boucle de ceinture, un pic de géologue et même des fermetures à glissière sur les vêtements, peuvent fausser les observations magnétiques.

Les lectures faites à la boussole d'inclinaison montrent les variations plus ou moins grandes de l'intensité et de l'inclinaison du champ magnétique terrestre. Il importe donc que l'utilisateur, au cours de ses observations, suive une méthode constante afin que les observations enregistrées par la boussole d'inclinaison soient bien des modifications du champ et non des variations dues au mode d'utilisation. C'est pourquoi on doit effectuer les lectures sur un instrument orienté de telle sorte que l'aiguille oscille dans le plan du champ magnétique terrestre. Cette orientation et cette lecture peuvent se faire de la façon suivante :

- 1) Tenir l'instrument à plat de façon que l'aiguille se trouve dans un plan horizontal, et la dégager. Un niveau à bulle d'air permet de placer la boussole d'inclinaison à l'horizontale pour cette lecture d'azimut (direction horizontale) ;
- 2) observer la direction du nord magnétique ;
- 3) Se poster face à l'ouest magnétique ;
- 4) Élever l'instrument à hauteur du visage, de façon que l'aiguille oscille dans un plan vertical ; ainsi le plan vertical de l'instrument coïncide avec celui du champ magnétique terrestre. Pour effectuer ce mouvement, certains tiennent l'instrument à deux mains, les avant-bras repliés près du corps ; ils redressent la boussole d'inclinaison de sa position horizontale à sa position verticale en un mouvement simple et constant ;
- 5) Lire la position de l'extrémité nord de l'aiguille et s'assurer que la bulle d'air du second niveau indique bien la position horizontale.

On peut éliminer beaucoup de sources d'erreurs en éprouvant la boussole au préalable et en opérant avec précaution lors du levé. Les erreurs proviennent des défauts de l'instrument ou du mode d'utilisation. Un débutant peut s'exercer à utiliser l'instrument en faisant le levé d'une formation magnétique connue.

De façon générale, on tient la boussole d'inclinaison dans les mains ; son orientation et son aplomb sont approximatifs. En théorie, l'instrument devrait être d'aplomb, à la verticale et exactement dans le plan du champ magnétique terrestre. Il y a des boussoles d'inclinaison sans niveau, mais comme on les suspend par un seul point, la gravité les ramène à l'horizontale, donc au niveau. L'expérience a montré que la position de l'aiguille peut varier jusqu'à 5 degrés de la verticale ou de la direction du champ magnétique terrestre avant que les indications de la boussole varient d'un degré. En procédant avec

soin, on pourra placer l'instrument parallèlement à la direction du champ terrestre à 5 degrés près et d'aplomb à 2 degrés près, et ainsi éliminer de manière satisfaisante ces risques d'erreurs.

Parmi les causes mécaniques d'erreurs, nous citerons :

- 1) La défectuosité des coussinets, due aux chapes qui se piquent où à l'accumulation de poussière ;
- 2) Les défectuosités des pointes de pivot telles que piqûres, irrégularités et bouts épointés ;
- 3) La démagnétisation progressive de l'aiguille.

Ces défectuosités ont divers effets : l'aiguille n'est plus constante, elle oscille de façon irrégulière avant de se stabiliser et se déplace par saccades. Il faut alors prendre des précautions particulières, en attendant de faire réparer la boussole. Il faut toujours bloquer les mouvements de l'aiguille lorsqu'on transporte l'instrument, pour éviter tous dommages à la suspension.

### *Levé des résultats*

Si l'on utilise la boussole d'inclinaison avec beaucoup de soin, on pourra porter sur la carte les résultats obtenus à chacun des points d'observation et relier les points d'intensité relative égale par des lignes analogues aux courbes de niveau que l'on inscrit sur les cartes topographiques. Supposons qu'on fasse des lectures de la boussole d'inclinaison à intervalles de 200 pieds, le long de lignes jalonnées espacées de 400 pieds et qu'on effectue un levé des points d'observation. On rapporte les points sur un plan à l'échelle et on inscrit aux points voulus les données recueillies à la boussole d'inclinaison. On relie alors par une courbe les points où l'intensité est la même ou à peu près, ce qui facilite l'interprétation des observations, comme le montre la figure 22. Il faut évidemment être prudent dans l'estimation des valeurs magnétiques entre points d'observation.

On appelle anomalies des inscriptions portées sur une carte magnétique indiquant des lectures inférieures ou supérieures à la valeur moyenne de la région. La plus évidente se révèle à des courbes magnétiques fermées. Son importance est fonction du problème à résoudre ou du caractère de la roche. Par exemple, des bandes de magnétite provoqueront de fortes anomalies, alors que des dykes contenant peu de magnétite ne comportent qu'une différence de quelques degrés par rapport aux roches ordinaires qu'ils traversent.

La boussole d'inclinaison est très utile pour reconnaître rapidement les anomalies magnétiques qui accompagnent ou révèlent certaines structures géologiques, certains massifs rocheux ou certaines répartitions de minéraux. Elle est toute désignée pour localiser les formations ferrifères, déceler les failles dans les formations fortement magnétiques, repérer les dykes et les zones de contact des masses ignées, et, si les roches s'y prêtent, faciliter la cartographie des lignes de contact des formations géologiques, avec une précision qu'on ne pourrait obtenir en se fondant seulement sur la présence d'affleurements épars.

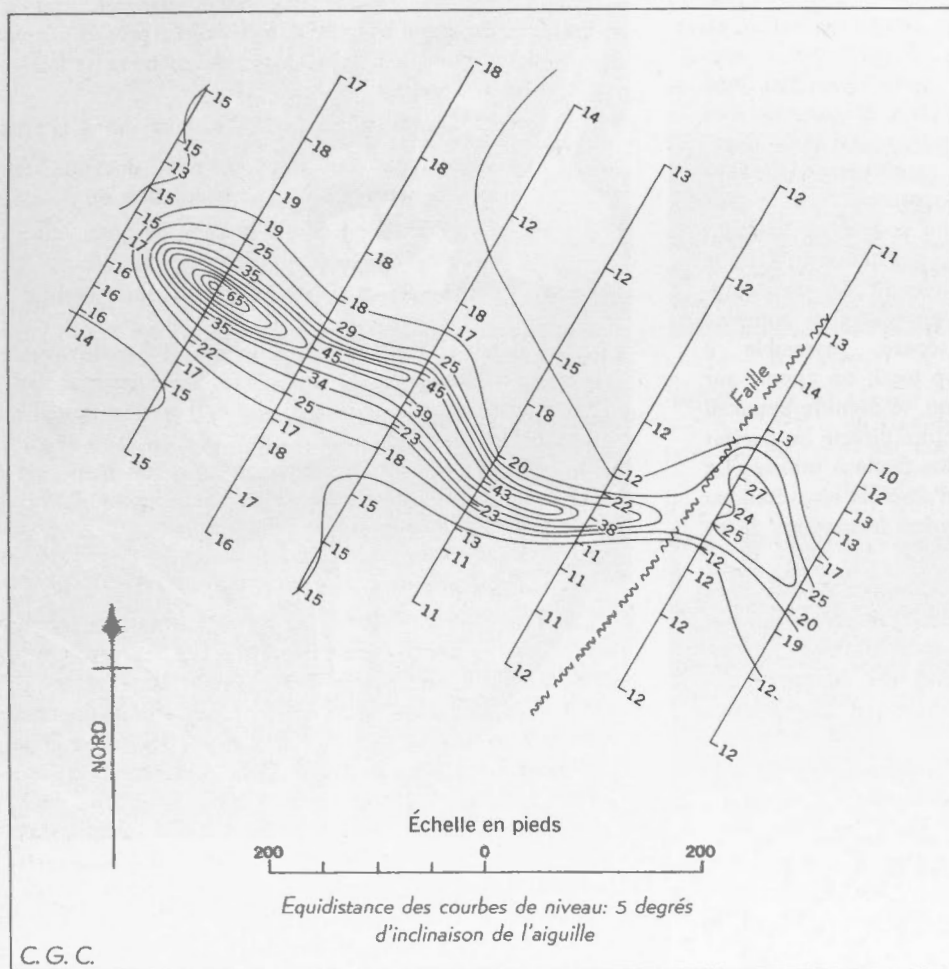


Figure 22  
Exemple d'un levé à la boussole  
d'inclinaison.

### Ouvrages à consulter

Brant, A. A.

« Interpretation of dip needle survey » *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLI, 1938, pp. 501 à 516.

Stearn, N. H.

« The dip needle as a geological instrument ; Geophysical Prospecting », *Am. Inst. Mining Eng.*, vol. LXXXI, 1929, pp. 345 à 363.

### Magnétomètres au sol

Depuis au moins trois siècles, les chercheurs de minerais de fer emploient la boussole ordinaire et la boussole d'inclinaison qui suffisent pour les gisements fortement magnétiques. Cependant les formations de faible magnétisme exigent l'utilisation d'un instrument plus sensible, le magnétomètre.

Certains magnétomètres mesurent la variation de la composante verticale du magnétisme terrestre, c'est-à-dire de l'attraction vers le bas. D'autres, pouvant mesurer la composante horizontale ou l'attraction vers le nord, servent surtout dans les régions équatoriales, où la composante verticale est très faible. Le champ magnétique de la Terre se mesure en « gammas », unité qu'il ne faut pas confondre avec les rayons gamma dont on parle en

radioactivité. L'intensité totale du champ terrestre au Canada est de 60 000 gammas environ.

On a mis au point, il y a environ un siècle, des magnétomètres destinés aux observatoires scientifiques, mais ce n'est qu'en 1915 que l'Allemand, Adolf Schmidt, a conçu le premier instrument pouvant servir sur le terrain, la balance magnétique. Elle mesure ou « pèse » l'intensité du champ magnétique au lieu de marquer tout simplement les angles de déclinaison ou d'inclinaison. Le magnétomètre de Schmidt comporte deux aimants montés sur une suspension analogue à celle des balances de précision, c'est-à-dire sur des couteaux de quartz reposant sur des appuis de même substance. L'équilibre des aimants les maintient en position horizontale si le champ magnétique est normal. L'influence de la composante horizontale du champ terrestre s'annule si on oriente l'axe de rotation du système d'aimants sur l'axe magnétique est-ouest. Un oculaire intégré à l'appareil facilite la lecture des déviations du système mobile. Les déviations sont proportionnelles aux variations de la composante verticale du champ magnétique. Dans la plupart des manuels modernes de prospection géophysique, on décrit les magnétomètres au sol du type Schmidt.

Grâce au transistor, on fabrique de nos jours des magnétomètres électroniques portatifs pour la prospection au sol. Les deux modèles principaux, le fluxmètre et le magnétomètre à protons enregistreurs, remplacent dans une large mesure les modèles à balance magnétique ; ils sont d'un emploi plus souple et plus facile, et on peut effectuer les observations beaucoup plus rapidement. Les fluxmètres portatifs actuellement sur le marché sont munis d'une courroie qu'on passe autour du cou, et se manient sans perte d'aplomb, grâce au niveau circulaire à bulle d'air ; le champ vertical se lit directement sur un compteur. Les magnétomètres à protons enregistreurs comportent un appareil de mesure séparé, insensible à l'orientation ; pour mesurer le champ total, on appuie sur un bouton ; après une seconde environ, le nombre apparaît sur un enregistreur électronique à lecture directe ou parfois sur un cadran. C'est le modèle le plus facile à utiliser. Le fluxmètre a cependant une gamme d'emplois plus étendue et donne de meilleurs résultats sur les formations ferrières fortement magnétisées.

Le magnétomètre au sol est un instrument délicat dont on ne doit confier l'entretien qu'à des techniciens spécialisés. Il se dérègle assez souvent, et l'utilisateur ne s'en aperçoit pas toujours. Il faut examiner et étalonner périodiquement les magnétomètres utilisés par les néophytes et les profanes.

Le champ magnétique varie chaque jour de 25 à 100 gammas ; à ces variations s'ajoutent des perturbations majeures, les orages magnétiques, dus à des perturbations solaires qui brouillent même les réceptions radiophoniques. On ne peut les détecter qu'avec des instruments magnétiques ; c'est pourquoi les géophysiciens ne font pas de levés au cours d'un orage magnétique. Pour apporter les corrections que nécessitent les variations quotidiennes, ils effectuent des mesures de contrôle aux stations de base. Pour dresser des cartes magnétiques à des fins minières, il suffit de noter et d'établir des courbes à partir d'observations magnétométriques non corrigées. Pour dresser une carte plus précise, il faut apporter des corrections pour les variations quotidiennes et les variations dues à la température.

#### *Interprétation des lectures magnétométriques*

On utilise les magnétomètres pour la prospection directe de corps minéralisés magnétiques tels que le minerai de fer magnétique ou les gîtes complexes de minéraux sulfurés à pyrrhotine. Ils ont permis la découverte de nombreux gîtes de minerai. Malheureusement, les gisements minéraux entraînent peu d'anomalies magnétiques, mais dans les régions de Sudbury ou de Noranda par exemple, où il y a des venues de minerai magnétique, certains types d'anomalies justifient le forage. Une analyse mathématique minutieuse, par des géophysiciens compétents, permet généralement de connaître la profondeur et la largeur du massif produisant l'anomalie, ainsi que l'intensité de son magnétisme. Elle peut servir à différencier les gisements minéraux des roches ignées. En général, la profondeur à laquelle on peut déceler un massif magnétique — qu'il



P. J. Hood 121715

Planche LVIII Lecture du fluxmètre.

s'agisse de minerai magnétique ou de roche plus magnétique que la roche adjacente — augmente avec les dimensions du gisement. C'est pourquoi les magnétomètres n'enregistrent pas les petits gisements de magnétite situés en profondeur.

On peut découvrir des minéraux non magnétiques ayant de la valeur, s'ils sont associés à des minéraux magnétiques ou à des roches qui en contiennent. Nous citerons les massifs amiantifères de serpentine et les dykes de diorite quartzifère contenant des filons aurifères.

Le magnétomètre peut déceler des structures métallifères enfouies sous les terrains de couverture, si elles sont à une distance précise d'une zone de roche magnétique n'ayant aucune valeur économique. Le cas le plus célèbre à cet égard a été la découverte du prolongement occidental, au-delà d'une faille majeure, de la fameuse série de couches aurifères du Witwatersrand (Afrique du Sud).

Les exemples ci-dessus ont trait à des minerais directement ou indirectement associés à des anomalies magnétiques. Mais le magnétomètre au sol sert à bien d'autres fins. Dans les régions minières du Canada, où les glaciations ont travaillé la plupart des formations géologiques et les ont recouvertes de dépôts, le magnétomètre sert surtout à délimiter les structures et les formations géologiques enfouies sous les terrains de couverture. Étant

donné que les structures associées aux gîtes métallifères sont, d'ordinaire, de faibles dimensions et n'apparaissent pas souvent sur une carte aéromagnétique, on a généralement recours au magnétomètre au sol pour les déceler. Les magnétomètres au sol sont d'excellents instruments géophysiques qui ont fait leurs preuves au Canada dans la prospection minière et la détection des structures géologiques masquées par les terrains de couverture.

#### Ouvrage à consulter

Hood, P. J.

« The ground fluxgate magnetometer — a new versatile prospecting tool », *Can. Mining J.*, vol. LXXXV, 1964, pp. 59 à 64.

#### Magnétomètres aéroportés

Le magnétomètre aéroporté est un instrument complexe fondé sur des principes d'électronique ; il mesure les variations de l'intensité totale du champ magnétique terrestre. Le magnétomètre aéroporté est un peu plus sensible que le magnétomètre au sol et permet des levés beaucoup plus rapides. Le fluxmètre aéroporté, mis au point pendant la deuxième guerre mondiale et très efficace comme détecteur de sous-marins, a été modifié après la guerre pour servir à la prospection pétrolière, puis minière. Actuellement, on utilise surtout quatre modèles de magnétomètres pour les levés aéromagnétiques : le fluxmètre, le magnétomètre à faisceau d'électrons, le magnétomètre à protons enregistreurs et le magnétomètre optique à absorption ; ils permettent tous de mesurer l'intensité totale du champ magnétique terrestre.

#### Levés aéromagnétiques

On établit les profils magnétiques le long de lignes de vol espacées selon les variations géologiques (en général, perpendiculairement aux formations de la région), et à une altitude déterminée, qui variera entre 300 et 1 000 pieds. On prend, de l'avion, une photographie en continu de la bande de terrain pour situer par la suite sur la carte les divers profils relevés. Il faut rectifier le profil en fonction de divers facteurs, comme la variation diurne du champ magnétique terrestre. Souvent, on installe un autre appareil à une station de base située dans la région étudiée, ou tout près, pour déterminer les variations diurnes et interrompre les levés pendant les orages magnétiques importants.

On reporte ensuite les résultats rectifiés sur la carte, en les reliant par des lignes semblables aux courbes de niveau pour en faciliter l'interprétation. On met parfois en doute l'exactitude des cartes aéromagnétiques. C'est qu'on ne fait pas la distinction entre l'exactitude et la multiplicité des détails. Instrument stable et sensible, le magnétomètre aéroporté d'aujourd'hui peut enregistrer des variations de 1/60 000<sup>e</sup> du champ magnétique terrestre. Il surpasse en général les magnétomètres au sol. Utilisé à une altitude d'environ 1 000 pieds, il réagit aux phénomènes magnétiques qui se produisent à un moment précis sur une vaste



NAE GS 6088

Planche LIX A. Aéronef utilisé par la Commission géologique du Canada pour les relevés aéromagnétiques. Il est doté d'un magnétomètre à très haute définition placé sur «l'aiguillon» qui prolonge la queue de l'avion.



200099A

Planche LIX B. Magnétomètre aéroporté qu'on utilise à bord des hélicoptères (gracieuseté de A. Aho).

échelle. Par exemple, il ne distinguera qu'une anomalie, alors que le magnétomètre au sol détecterait deux anomalies voisines. Par contre, l'enregistrement d'un profil ininterrompu compense dans une certaine mesure l'imprécision due à l'altitude, tandis que les levés au sol ne donnent que des mesures ponctuelles. Quand on dresse une carte aéromagnétique, on donne au magnétisme une valeur arbitraire supérieure à zéro, pour que les courbes soient de valeur positive.

Depuis 1947, la Commission géologique du Canada a déjà publié plus de 4 000 cartes aéromagnétiques de nombreuses régions du pays. Chacune couvre environ 375

milles carrés ; une vaste superficie a donc été couverte. La plupart des levés sont effectués en vertu d'accords de coopération fédéraux-provinciaux. De nombreuses compagnies minières donnent des contrats de levés aéromagnétiques à des sociétés de levés aériens. Des sociétés d'exploration minière les effectuent elles-mêmes, soit dans des régions sur lesquelles il n'existe pas de cartes du gouvernement, soit dans les régions prometteuses sur lesquelles elles veulent plus de détails ; elles effectuent souvent des levés électromagnétiques et magnétiques d'un même avion.

Dans quelque temps, la plupart des régions prometteuses auront sans doute fait l'objet d'études aéromagnétiques. Les gisements étant de plus en plus difficiles à découvrir, les géologues et prospecteurs canadiens envisageront toutes les méthodes. Il est essentiel qu'ils connaissent les limites des levés aéromagnétiques. Les anomalies provoquées par les minéraux magnétiques ou par les variations du magnétisme des roches s'estompent rapidement avec l'éloignement de la source. Par conséquent, les levés aéromagnétiques, effectués à une altitude de plusieurs centaines de pieds, n'indiquent que les principales caractéristiques. Le magnétomètre aéroporté ne peut donc remplacer le magnétomètre au sol ; les levés aéromagnétiques seront suivis de levés magnétiques complémentaires au sol.

#### *Interprétation des cartes aéromagnétiques*

Bien que l'interprétation détaillée des cartes aéromagnétiques soit du ressort des spécialistes, le prospecteur les étudiera aussi avec profit. Mais il doit tenir compte de divers facteurs.

*L'amplitude (force)* de presque toutes les anomalies magnétiques résulte uniquement et directement des variations du magnétisme des gisements minéraux ou des roches. La magnétite est l'un des minéraux accessoires les plus répandus, particulièrement dans les roches ignées ou métamorphiques ; aussi, dans certaines régions, ne doit-on pas s'étonner de trouver beaucoup d'anomalies magnétiques. Une anomalie découverte par levé aéromagnétique dans le Bouclier canadien n'est donc pas nécessairement l'indice d'un gîte minéral. Les valeurs réelles du champ magnétique, comme les anomalies maximales, ne doivent pas être comparées telles quelles avec celles de cartes d'autres régions. On exprimera l'intensité d'une anomalie en fonction de l'écart avec le champ normal environnant, plutôt que d'après le chiffre maximal figurant sur la carte. Les propriétés magnétiques des roches dépendent en général de la présence de la magnétite ; par conséquent, si une roche contient de la magnétite répartie assez uniformément, les lignes isomagnétiques indiqueront directement l'emplacement des massifs de ce type de roche.

#### *Comment distinguer les unités géologiques à l'aide des cartes aéromagnétiques*

En général, on peut trouver la carte géologique d'une partie au moins de la superficie étudiée, et ainsi comparer les données magnétiques aux formations géologiques connues et, en fonction de celles-ci, étudier les points suivants :

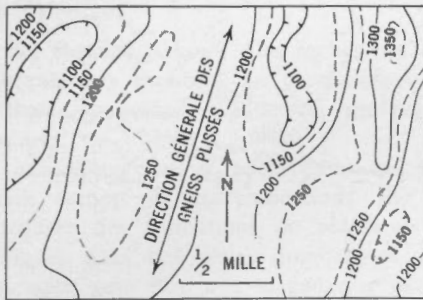
valeur maximale du champ magnétique au-dessus d'une formation rocheuse, forme de l'anomalie (ces deux éléments constituent le relief magnétique) ; configuration des anomalies sur la carte magnétique en fonction de l'orientation, de l'importance, de la forme, de l'espacement et de la continuité. On peut alors considérer comme composées d'un seul type de roche les régions qui ont même relief et même texture magnétiques, surtout lorsqu'elles correspondent à des formations connues. Pour délimiter une unité géologique, il faut qu'elle ait des propriétés magnétiques distinctes de celles des unités voisines, des contacts assez accusés et, comme la carte magnétique donne une impression de relief, que leur pente soit assez abrupte. L'unité géologique n'est repérable qu'à partir de certaines dimensions, variant selon la hauteur de vol, l'espacement des lignes de vol et les intervalles minimaux des courbes de la carte aéromagnétique. Les indications du magnétomètre ne seraient pas différentes sans terrain de couverture sur les roches magnétiques actives. La « pénétration » des mesures magnétiques n'a donc pas de limites, contrairement aux méthodes radioactives ; une carte magnétique présente des analogies avec une radiophotographie. Dans une région peu étudiée, ou non immédiatement observable en raison du terrain de couverture, on peut quand même interpréter de façon générale les types de roches à partir de levés aéromagnétiques. Cependant, il faut prendre garde, car les propriétés magnétiques de bien des roches sont difficiles à interpréter. Voici quelques indications à ce sujet.

*Roches sédimentaires.* Les levés aéromagnétiques sur des zones de roches sédimentaires, généralement peu magnétiques, révèlent surtout les anomalies dues aux roches ignées sous-jacentes. L'espacement des lignes isomagnétiques est lié à l'épaisseur de la couche sédimentaire ; la mollesse du relief magnétique est un indice de l'épaisseur des roches sédimentaires.

*Roches ignées en général.* Les roches ignées ont des propriétés magnétiques extrêmement variables (figure 23). Les roches acides sont en général moins magnétiques que les roches basiques, attendu qu'elles contiennent moins de magnétite.

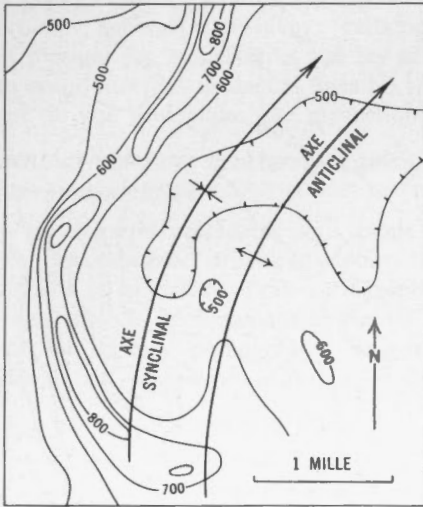
*Roches plutoniques.* Souvent les granites peuvent avoir des propriétés magnétiques si leur teneur en quartz diminue ; il y a des syénites assez magnétiques. Les gabbros ont d'ordinaire des propriétés magnétiques assez fortes donnant des images magnétiques ovales ou irrégulières. Mais quelques-uns font exception. Les roches ultra-basiques, particulièrement les roches jeunes, sont en général les plus magnétiques. Les dykes de diabase se reconnaissent facilement parce qu'ils provoquent des anomalies longues et étroites qui peuvent s'étendre sur plusieurs milles.

*Roches volcaniques.* Les laves basiques sont d'ordinaire plus fortement magnétiques que les laves acides et leur configuration magnétique est beaucoup moins régulière. La figure 24 illustre un massif de granodiorite butant contre des laves plus magnétiques ; le contact est apparent.



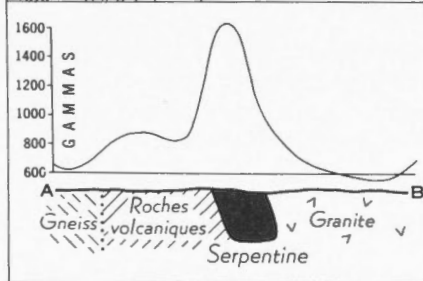
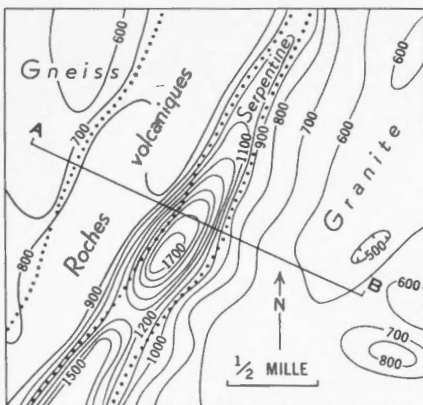
A

Malgré la faible variation du magnétisme dans cette région, les courbes isanomaies relevées au magnétomètre aéroporté sont parallèles à la direction des gneiss abruptement plissés et déformés. La direction générale apparaît au premier coup d'oeil, et dans ce cas particulier, il faudrait prendre nombre d'observations au sol pour obtenir des résultats équivalents.



B

Les courbes isanomaies aéromagnétiques dénotent l'existence d'une zone de roches volcaniques plus ou moins magnétiques situées dans la moitié ouest du schéma. Le repli dans la courbe, au sud, correspond à des plissements déjà connus et dont les axes sont indiqués sur le schéma. L'avion volait à 500 pieds au-dessus du sol.



C

Anomalie magnétique marquée produite par un amas, en forme de sill, de péridotite serpentini-sée. Le ressaut observé du côté nord-ouest de l'anomalie provient d'une zone de couches de roches volcaniques. Si le profil est asymétrique, c'est à cause du pendage de la serpentine vers le sud-est.

C.G.C.

Figure 23  
Schémas d'interprétation  
de données aéromagnéti-  
ques.



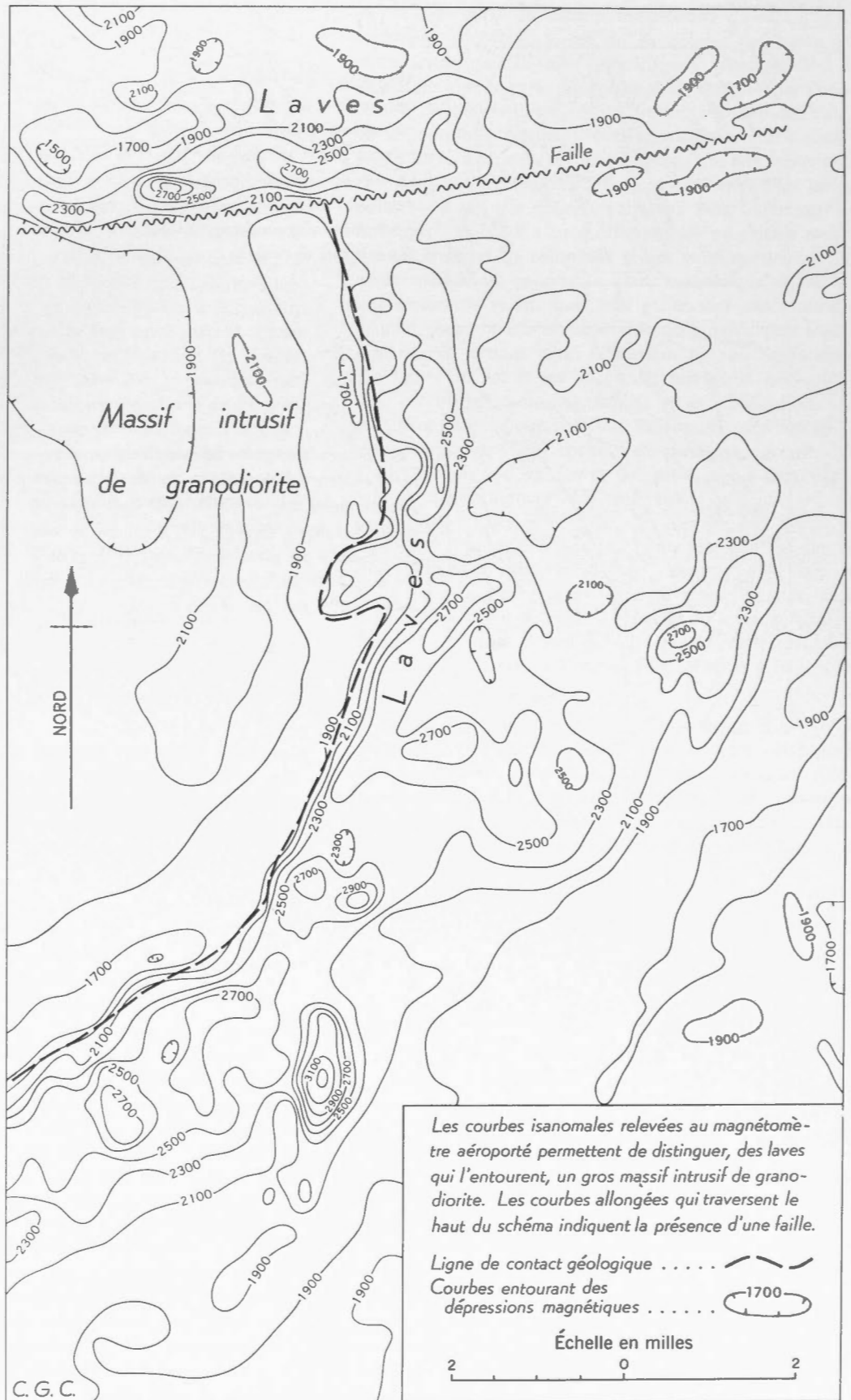


Figure 24  
Lignes isomagnétiques relevées au magnétomètre aéroporté et révélant un massif intrusif de granodiorite.

La roche plutonique a formé un halo magnétique dans les laves ; c'est là souvent un bon indice de la présence d'un massif plutonique.

**Roches métamorphiques.** Ces roches ont des propriétés magnétiques très variables. Le parallélisme des anomalies magnétiques associées indique en général la direction des feuilletés.

Les exceptions sont si nombreuses qu'on pourrait ne pas tenir compte de ces indications. Par exemple, on peut trouver des formations de sédiments ferreux très magnétiques dans des séries uniquement sédimentaires ; la lave acide peut être très magnétique par endroit ; les dykes de diabase peuvent n'être pas plus magnétiques que le grès contigu ; dans certaines régions, le granite cause d'importantes anomalies positives ; certaines serpentines ne sont presque pas magnétiques ; et les sills de gabbros peuvent manifester des tendances linéaires marquées, tant au point de vue géologique que magnétique.

**Comment identifier des structures à l'aide de cartes aéromagnétiques**

Dans les chapitres précédents nous avons souligné l'importance des éléments structuraux pour la prospection traditionnelle et spécialisée. Pour cartographier des structures régionales, le géologue rassemble les données établies au sol ou par photographie aérienne. Avec ces méthodes il faut parfois plusieurs années de travail pour

connaître la structure d'une région. Le magnétomètre aéroporté, par contre, permet de connaître rapidement de grandes structures et de repérer des structures moins étendues, mais importantes pour la recherche de gîtes minéraux. Pour interpréter les structures, notamment à grande échelle, il faut utiliser à la fois données aéromagnétiques, photographies aériennes et cartes géologiques.

**Contacts.** Aux latitudes magnétiques élevées, un contact à fort pendage entre des masses de roches ayant des propriétés magnétiques très différentes sera assez bien délimité par le point d'un profil où la tangente au profil est le plus inclinée ; c'est ce qu'on appelle point d'inflexion de la courbe ; cette méthode empirique est plus précise pour les contacts verticaux peu profonds, et pour les points où la pente du champ magnétique terrestre est également verticale. Lorsque le massif est profondément enfoui, les points d'inflexion apparaissent à l'extérieur des contacts.

**Direction.** Les lignes isomagnétiques suivent en général la direction des massifs sous-jacents (figure 25). On établit l'orientation générale des structures en traçant une ligne le long de l'axe principal de l'anomalie magnétique.

**Pente.** Pour un massif tabulaire comme un dyke, on calcule la direction générale de la pente d'après l'asymétrie de l'anomalie magnétique (figure 25). Les massifs tabulaires penchent du côté de l'anomalie ayant la plus

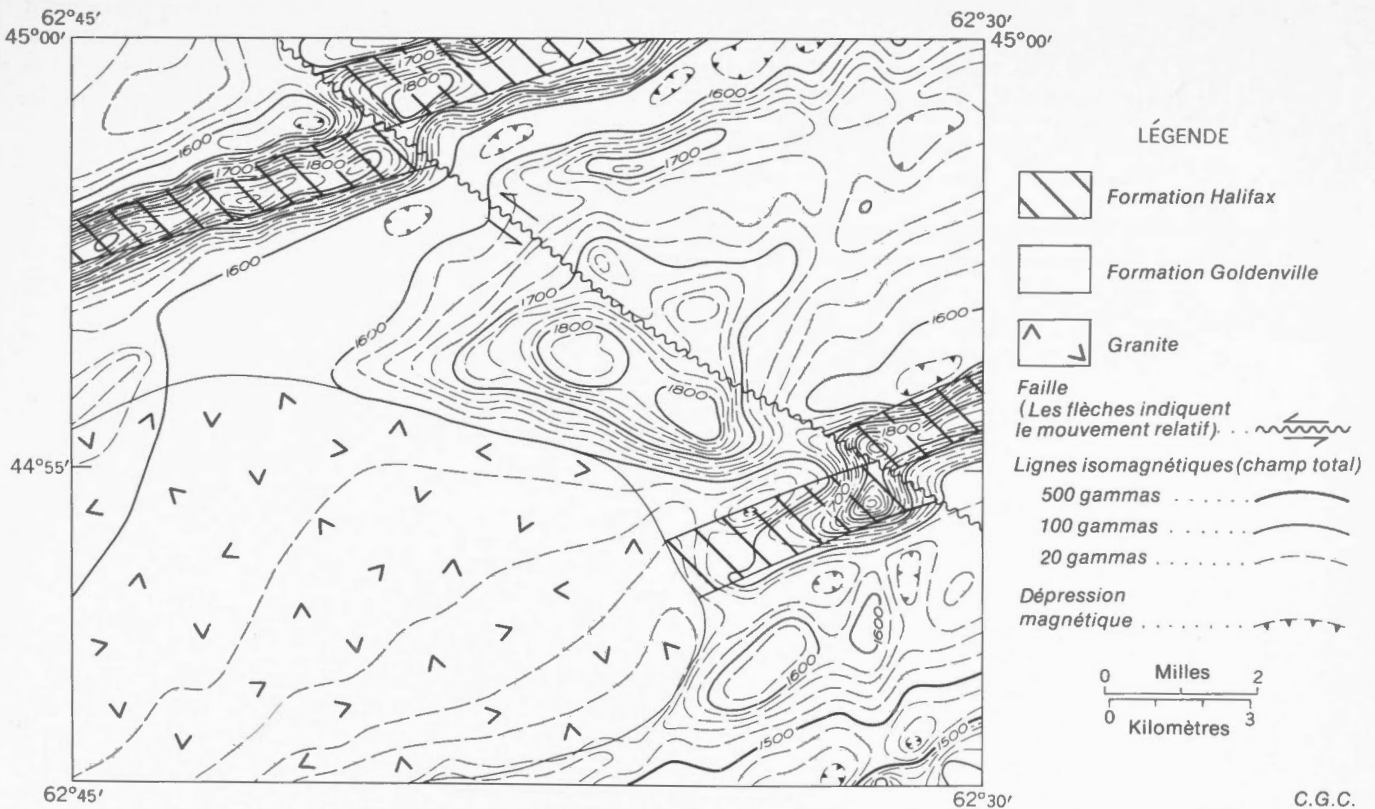


Figure 25. Décalage de lignes isomagnétiques dû au déplacement horizontal d'une faille. Données tirées de la carte aéromagnétique 7031 G et de la carte géologique 592. Commission géologique du Canada.

faible pente. Les séries inclinées ou plissées de roches stratifiées, notamment celles qui contiennent des termes volcaniques, peuvent également engendrer des mouvements magnétiques linéaires.

**Faïlles.** On décèle souvent des failles à une brusque modification ou à une dislocation des courbes magnétiques. Généralement, on peut mesurer le sens et l'amplitude de tout déplacement horizontal à droite ou à gauche surtout lorsqu'une structure linéaire telle qu'un dyke a été déportée (figure 25). Si le déplacement horizontal est faible, la présence d'une faille peut être révélée uniquement par les inflexions des lignes isomagnétiques qui s'étendent sur une distance suffisante. Si le tracé est parallèle à la direction de la ligne de vol, ces inflexions ont pu être provoquées par de légères erreurs de navigation. Une bonne précaution consiste à vérifier si un indice superficiel de la faille figure aussi sur les photographies aériennes. Le déplacement vertical d'un dyke par une faille provoquera une anomalie de faible amplitude dans la lèvre affaissée, mais légèrement plus large. Ainsi « l'intensité » d'une anomalie sert d'indice de la profondeur du massif qui en est la cause.

On doit donc connaître les dangers d'une interprétation effectuée sans donnée géologique. Il faut indiquer dans quelle mesure on a soumis l'analyse à l'épreuve géologique et tenir compte de ces données dans son travail. S'il n'y a pas eu de contrôle, on s'efforcera quand même à l'exactitude, tout en sachant que les analyses devront être révisées à la lumière des observations géologiques ultérieures. Sur les cartes et sur les rapports, il y a donc lieu d'indiquer le degré de certitude du chercheur.

Les cartes aéromagnétiques constituent un des meilleurs moyens d'étudier toutes les régions sur lesquelles il n'existe encore aucune carte géologique ou du moins aucune carte suffisante. Les données exactes et détaillées qu'elles comportent sur la nature des affleurements et des zones recouvertes de dépôts glaciaires, compensent l'insuffisance des affleurements ou l'absence de cartes géologiques récentes.

#### Ouvrages à consulter

- Jensen, H.  
« The airborne magnetometer », *Sci. Am.*, vol. CCIV, 1961, pp. 151 à 162.
- Leney, G. W.  
« Geophysical exploration for iron ore », *Am. Inst. Mining Eng. Trans.*, vol. CCXXIX, 1964, pp. 355 à 372.
- MacLaren, A. S. et Charbonneau, B. W.  
« Characteristics of magnetic data over major subdivisions of the Canadian Shield », *Proc. Geol. Assoc. Can.*, vol. XIX, 1968, p. 57.
- Reford, M.S. et Sumner, J. S.  
« Aeromagnetism », *Geophysics*, vol. XXIX, 1964, pp. 482 à 516.

### MÉTHODES SISMIQUES

par George D. HOBSON

Les méthodes sismiques de prospection sont fondées sur la diffusion ou la propagation d'ondes sismiques dans des

roches plus ou moins élastiques. Les ondes « élastiques » provoquées par des explosions déclenchées par l'homme se propagent vers le bas, dans toutes les directions, selon des lois physiques analogues à celles de la théorie optique. Les interfaces des couches profondes réfléchissent et réfractent ces ondes qui reviennent vers la surface de la terre où elles sont enregistrées. Une interface est une zone de contact entre deux strates, aux propriétés physiques suffisamment différentes pour provoquer des modifications décelables dans le comportement des ondes. Ce comportement constitue la propriété « acoustique » de la strate ou du massif. Interpréter les données d'enregistrement sismique revient à déterminer la vitesse de propagation de ces ondes élastiques et à analyser les phénomènes de réflexion et de réfraction qui se produisent à l'interface. Qu'il s'agisse d'une exploration sismique par réflexion ou par réfraction, la valeur mesurée et enregistrée à chaque point représente l'intervalle de temps entre la production des ondes de choc par une explosion ou un coup de masse et les ébranlements successifs du sol détectés par un sismomètre à une distance connue de la source d'énergie. Les méthodes sismiques ont surtout servi à la prospection du pétrole et du gaz naturel et aux travaux de construction ; on les a expérimentées avec succès pour la prospection minière et la cartographie de certaines régions précambriennes.

La figure 26 illustre la méthode utilisée et le graphique temps-distance correspondant pour un profil de sismique-réfraction utilisant une masse comme source d'énergie et un récepteur à canal unique pour enregistrer les données

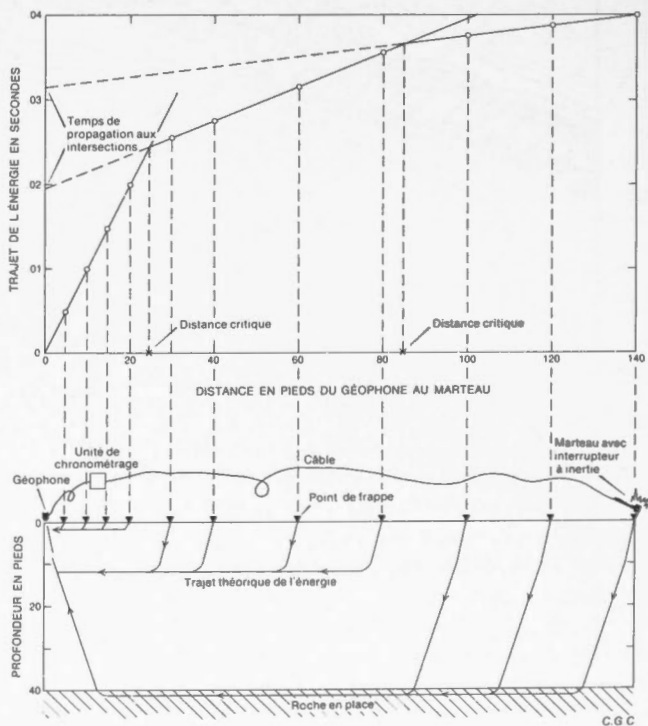


Figure 26. Éloignement du point de frappe et durée de transmission (d'après G. D. Hobson)

sismiques. La proportion d'énergie réfractée est fonction de la différence entre les vitesses de propagation de part et d'autre de la frontière acoustique. La technique de réfraction est fondée sur la loi de Snell et sur le principe de Huygen. Le succès de cette technique repose sur l'augmentation de la vitesse en fonction de la profondeur. Une diminution de la vitesse dans toute partie de la section ne réfléchira pas l'onde le long des interfaces pour une réfraction éventuelle vers les sismographes récepteurs en surface, mais la réfractera vers le bas ou l'éloignera de la surface du sol jusqu'à la rencontre d'une couche propageant l'énergie plus rapidement. Une telle inversion ou diminution de vitesse en fonction de la profondeur fournit des données qui, lors de l'interprétation, donneront des valeurs trop élevées pour la profondeur des interfaces sous-jacentes. Les couches intermédiaires entre la surface et une interface profonde doivent également avoir une épaisseur supérieure à un minimum qui est fonction de la profondeur et de la différence entre les vitesses de propagation dans les couches voisines. Si la couche est trop mince, elle ne peut pas transmettre une onde de réfraction. Si la différence de vitesse entre des couches voisines est faible, elle est très difficile à déceler par la méthode de réfraction.

Les travaux de Heiland (1940), Nettleton (1940), et Dobrin (1960), ont bien établi la théorie de la réfraction sismique pour les cas simples de deux ou trois couches. On base les calculs de profondeur, pour les interfaces entre zones à vitesses de propagation différentes, sur la distance critique ou la durée d'interception et les vitesses correspondantes. Les équations simples pour les cas à double couche, basées sur la distance critique et les durées d'interception, sont les suivantes :

La formule générale pour un nombre quelconque de couches, désigné par  $(n+1)$ , est la suivante :

où  
 $Z$  = profondeur de la discontinuité =  
 $n$  = dernière couche traversée  
 $V_n$  = vitesse dans la dernière couche traversée  
 $t_n$  = temps d'interception de  $V_n$

Un graphique du temps de transmission de l'onde de la source au détecteur, établi en fonction de la distance entre la source et le détecteur, permet une détermination de la vitesse de l'onde de choc à travers les divers milieux. La vitesse de l'onde sismique est inversement proportionnelle à la courbe du graphique temps-distance pour les diverses sections du graphique.

En général, le problème de réfraction simple comporte des solutions pour trois interfaces. Dans la plupart des



Planche LX A. Sismographe portatif (photo de Gilbert A. Milne and Co. Ltd.).



Planche LX B. Levé sismique au marteau. La plupart des points de frappe sont plus éloignés de la station d'enregistrement. P. J. Hood 121899



Planche LX C. Gravimètre moderne. P. J. Hood 121898

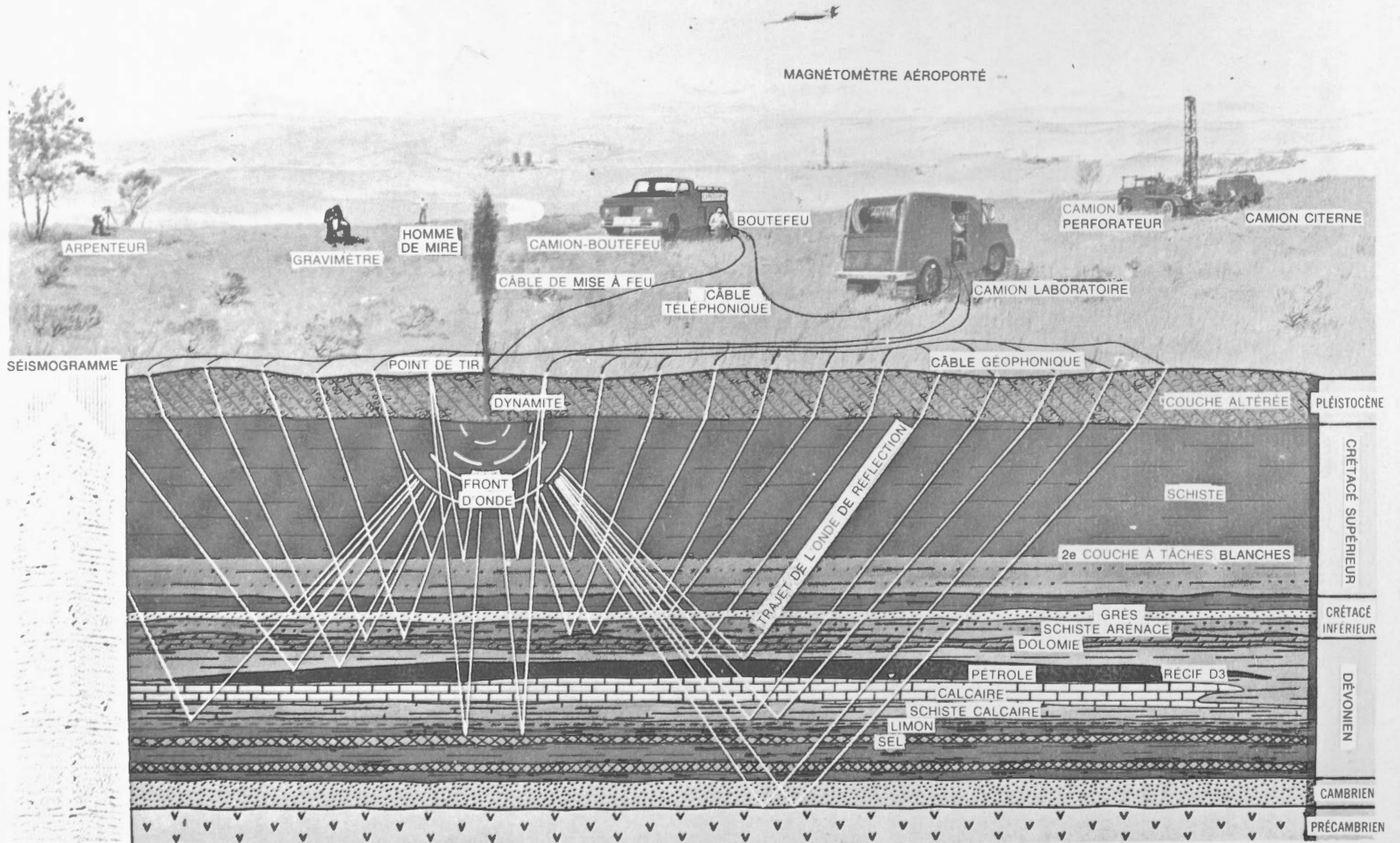


Figure 27. Illustration théorique des méthodes sismiques, montrant le matériel de dynamitage et d'enregistrement et les ondes de choc. À gauche, les sismogrammes, à droite, les étages stratigraphiques.

cas, une couche superficielle à très faible vitesse, épaisse de quelques pieds seulement, recouvre des matériaux secs sus-jacents à des matériaux humides, qui recouvrent à leur tour la roche en place. L'interface entre la deuxième et la troisième couche correspond généralement à la nappe phréatique. Les techniques d'interprétation sont maintenant tellement perfectionnées que l'on distingue les divers terrains de couverture, comme les sables, l'argile et le till, par la vitesse des ondes de choc qui les traversent. On détermine souvent la nature du socle rocheux par les vitesses sismiques des divers types de roches.

La figure 27 illustre la méthode de sismique-réflexion. L'onde sismique ne traverse pas les surfaces séparant deux milieux voisins dotés de propriétés acoustiques différentes, mais frappe simplement ces barrières acoustiques qui la réfléchissent comme un miroir réfléchit la lumière. L'angle d'incidence égale l'angle de réflexion. Il faut connaître ou évaluer les vitesses verticales pour effectuer les calculs de profondeur à partir des données observées. La durée enregistrée comprend le temps aller et retour : l'énergie se transmet à partir de la source vers le bas jusqu'au détecteur en surface.

De façon générale, on utilise deux types d'instruments pour effectuer des levés par la méthode sismique : les instruments conventionnels de prospection pétrolière comportant douze ou vingt-quatre canaux de données complétés par une bande magnétique d'enregistrement, le tout monté sur camion, et les instruments légers facilement transportables ne comportant qu'un canal. Les premiers peuvent exiger une équipe de dix-huit personnes, par exemple pour forer des trous de mine ; deux hommes peuvent utiliser les seconds en envoyant l'onde de choc au moyen d'une masse avec laquelle ils frappent une plaque d'acier posée sur le sol. Ce dernier type d'équipement a acquis une grande vogue au cours des dix dernières années (planche LX A).

Fréquemment utilisés pour choisir les emplacements de forages où les terrains de couverture étaient le plus minces, les sismographes à marteau permettraient aussi de choisir l'emplacement de vastes tranchées. Bien souvent, tous les fonds disponibles en vertu de contrats de forage n'ont servi qu'à pénétrer le terrain de couverture, alors qu'une étude sismique rapide aurait indiqué les endroits les plus favorables. Dans bien des cas, on peut déplacer un site de forage de quelques centaines de pieds sans que l'objectif devienne inaccessible. Les sismographes portatifs à marteau peuvent généralement indiquer sans explosifs une épaisseur de mort-terrain allant jusqu'à 350 pieds. Le sismographe peut déceler des sillons dans la roche de fond (Hobson, 1964), et dans certains cas, il indique que la nature du socle rocheux a changé. Dans tous les cas, les vitesses peuvent être mises en corrélation avec les types de terrain de couverture. Ces sillons contiennent fréquemment des dépôts de sable et de gravier qui constituent d'excellents aquifères. Parfois, ils contiennent des minéraux lourds qui ont de la valeur. Hobson et Lee (1967) ont délimité des sillons dans la région de Kirkland Lake en Ontario. Les méthodes sismiques ont

également servi à esquisser la topographie du socle rocheux de certains cours d'eau du Yukon recelant des placers, en des régions où les morts-terrains et le gravier sont gelés en permanence (Hobson, 1966).

Les techniques sismiques superficielles servent également de complément à des études biogéochimiques. Le prospecteur doit porter attention à l'épaisseur et à la nature du terrain de couverture à travers lequel des divers minéraux ont été entraînés pour atteindre les racines des arbres étudiés.

Les données recueillies jusqu'à maintenant semblent indiquer que les roches basiques transmettent les ondes sismiques plus rapidement que les roches acides. Dans la région de Kirkland Lake, les ondes traversent les roches acides à une vitesse variant de 13 500 à 17 400 pieds à la seconde, et les roches basiques à une vitesse variant de 15 400 à 20 900 pieds à la seconde. Il semble qu'il y ait chevauchement entre ces deux gammes de vitesses. Ces données peuvent faciliter l'exploration. Les géologues s'attacheront à différencier de cette façon roches basiques et roches acides, quand les affleurements sont rares.

Les méthodes sismiques permettraient de limiter les bassins sédimentaires protérozoïques à l'intérieur du Bouclier précambrien, notamment dans les régions des gisements d'uranium de Blind River, en Ontario, et des grès de l'Athabaska, dans le nord de la Saskatchewan. Il faudra recourir à des instruments sismiques classiques plutôt qu'au sismographe portatif à marteau, en raison de la profondeur des couches. Des programmes de recherche sismique ont été lancés dans les deux régions ; les données recueillies étaient à l'étude au moment de la rédaction du présent ouvrage.

L'application des méthodes sismiques peut sans doute résoudre d'autres problèmes de structure. Une étude de sismique-réflexion au camp Cobalt, effectuée à l'aide d'un sismographe à marteau, a eu un succès moyen. Elle a quand même permis quelques observations précises : on a détecté des barrières acoustiques et des interfaces réfléchissantes entre le conglomérat de Cobalt et la diabase de Nipissing, ainsi qu'entre le conglomérat de Cobalt et les roches volcaniques du Keewatin, mais aucune interface n'a pu être décelée de manière précise entre les roches de Nipissing et celles du Keewatin. Un matériel et des techniques de levé perfectionnés faciliteront sans doute la prospection de l'argent au camp Cobalt ; d'après les spécialistes, les structures révèlent en effet la présence de dépôts d'argent.

La méthode sismique a donc servi à la prospection minière et à la cartographie des zones précambriennes ; elle pourrait servir à bien d'autres fins. Par exemple, on pourrait délimiter les prolongements des failles sous des terrains de couverture ou sous les eaux des lacs, si les roches ont les propriétés voulues. On pourrait entreprendre des expériences dans les galeries souterraines, vers le haut, le bas ou les côtés, selon que les détecteurs seraient sur le toit, le mur ou les parois de la galerie. Gendzwill (1966) a appliqué avec beaucoup de succès la technique sismique inversée pour résoudre une difficulté que posait une mine de potasse de la Saskatchewan. On pourrait peut-être

établir le tracé de failles à partir de sites souterrains, pourvu que la faille soit une surface de contact entre milieux ou masses rocheuses ayant des propriétés acoustiques différentes. On pourrait également déceler des failles et des phénomènes structuraux, en fixant des détecteurs sismiques sur les parois d'un puits de mine ou dans un trou de sonde et en faisant détoner des explosifs pour recueillir les ondes transmises et réfléchies ou réfractées latéralement.

On n'a pas beaucoup utilisé la méthode sismique dans le Bouclier canadien, ni dans les autres régions minières ; pourtant, elle permettrait de localiser certaines structures favorables à la minéralisation. On sait qu'elle permet de déceler et de délimiter des surfaces de contact précises dans le Bouclier. Géophysiciens et géologues ne devraient pas penser que l'exploration sismique ne s'effectue que de la surface et que les observations portent sur des ondes dirigées vers le bas. On peut améliorer les techniques ; les géophysiciens, les géologues et les prospecteurs classiques compétents disposent en effet du matériel nécessaire à tous levés sismiques. Les méthodes traditionnelles s'appliqueront dans bien des cas ; dans d'autres, il faudra élargir le champ d'application de la sismographie.

#### Ouvrages à consulter

- Gendzwil, D. J.  
*An underground application of seismic refraction in a Saskatchewan potash mine*, Sask. Res. Council, étude P-66-7, 1966.
- Hobson, G. D.  
« A shallow seismic experiment in permafrost, Klondike area, Yukon Territory », dans *Report of Activities*, Commission géol. du Canada, étude 66-2, 1966, pp. 10 à 14.
- Hobson, G. D. et Grant, A. C.  
« Tracing buried river valleys in the Kirkland Lake area of Ontario with a hammer seismograph », *Can. Mining J.*, avril 1964, pp. 79 à 83.
- Hobson, G. D. et Lee, H. A.  
*Thickness of drift, Lebel, Gauthier, Boston and McElroy Townships, Ontario*, Commission géol. du Canada, carte 11-1967, 1967.
- Tremblay, J. J. L. et Hobson, G. D.  
*Vaudreuil map-area, Québec* ; 2<sup>e</sup> partie, « The seismic method applied to a bedrock channel problem », Commission géol. du Canada, étude 61-20, 1962.

## MÉTHODES GRAVIMÉTRIQUES

par George D. HOBSON

La prospection gravimétrique consiste actuellement à mesurer les variations infimes de l'attraction qui s'exerce entre une petite masse de matière et la Terre. On donne à cette attraction le nom de gravitation. Tout le monde connaît bien ce phénomène. En 1687, Newton formulait la loi d'attraction universelle. On peut l'énoncer ainsi : tous les corps matériels dans l'univers exercent les uns sur les autres une attraction directement proportionnelle au produit de leurs masses et inversement proportionnelle au carré de leur distance. Plus deux masses sont rapprochées, et plus elles sont considérables, plus grande est la

force qui s'exerce entre elles. Chaque fois que nous nous pesons, nous mesurons la force de gravité ou l'attraction qui s'exerce entre nous et la Terre. En fait, en utilisant une balance très sensible, un expérimentateur pourrait mesurer l'attraction qui s'exerce entre lui et une montagne, à proximité.

Les instruments servant actuellement aux levés gravimétriques peuvent mesurer des variations très faibles de la pesanteur. Un bon instrument mesurera au cent millionième près. Un dépôt massif de sulfure de 50 000 tonnes à une profondeur de 200 pieds, dans de la roche verte, provoquera une anomalie d'environ un cent millionième de la force totale de gravité de la Terre et se trouvera par conséquent à la limite des possibilités de repérage. En réduisant d'un pied l'altitude de l'instrument de mesure, on provoque également une variation d'un cent millionième de la force de gravité observée. Comme instrument de mesure de forces, le gravimètre est donc plusieurs fois plus sensible que la meilleure balance de précision, et il est assez solide pour servir sur le terrain. Une lecture isolée demande deux à trois minutes. L'un des types courants de gravimètre ressemble un peu à une balance à ressort : une masse est suspendue à un ressort à boudin ; le ressort se tend selon l'intensité de l'attraction entre la Terre et la masse. On mesure les moindres variations de la longueur du ressort par des dispositifs optiques et mécaniques. L'extension du ressort est proportionnelle à la force de gravité au point d'observation. Les lectures s'expriment en « milligals », un milligal équivalant environ à un millionième de la force totale de gravité à la surface de la Terre. Comme on l'a dit ci-dessus, un bon instrument a une précision d'un centième de milligal.

Toute structure sous-jacente dont la densité est supérieure à celle des matières environnantes exerce une force de gravité supplémentaire qui s'ajoute à la force normale de gravitation de la Terre autour d'elle. Supposons sous la surface du sol une masse importante de matière très dense, par exemple un massif de minerai sulfuré, entouré de roches de densité moindre. À cause de cet excédent de masse du gîte, la force de gravité sera légèrement plus considérable directement au-dessus de cette masse que de l'un ou de l'autre côté. Le gravimètre mesure uniquement la composante verticale de cette force « supplémentaire » ou anormale.

Ainsi, un massif plus dense entraîne une anomalie gravimétrique positive, c'est-à-dire une aire d'attraction plus forte. Par ailleurs, une anomalie négative indique la présence, dans le sous-sol, de matières de densité moindre.

Comme on le fait pour d'autres levés géophysiques, on trace au-dessus de la formation géologique ou du gîte de minerai à étudier un quadrillage ou une série de lignes. Avant de faire des déductions sur la nature du sous-sol, il faut apporter certaines corrections aux lectures faites sur le terrain. En premier lieu, l'instrument est d'une grande sensibilité, qui varie même selon la position du Soleil et de la Lune, de sorte que la force de gravité en un point quelconque change constamment au cours de la journée. On obviera à cette difficulté, ainsi qu'à la « dérive » instru-

mentale durant la journée, par des contrôles fréquents effectués à une station témoin pendant toute la durée du levé ; les données ainsi obtenues permettent d'apporter les corrections voulues pour la variation diurne et pour la dérive.

Il faut effectuer des corrections pour tenir compte des différences d'altitude, étant donné que plus on s'éloigne du centre de la Terre, plus diminue la force d'attraction. Pour faire les rectifications, il faut déterminer de façon précise, par nivellement, l'altitude de chaque point de lecture. Comme la Terre n'est pas parfaitement sphérique et qu'elle tourne sur elle-même, la pesanteur augmente à mesure qu'on va vers le nord et, pour faire la correction nécessaire, il faut relever avec précision les positions horizontales. Bien que le gravimètre ne mesure que l'attraction verticale, il est toutefois sensible à la masse des collines et des vallées avoisinantes. Pour éliminer cet effet, on apporte des corrections dites « topographiques ». Un levé gravimétrique comporte donc autre chose que la simple lecture d'un instrument.

Il est vrai que l'ampleur des corrections dépasse de beaucoup celle des mesures. Cependant la possibilité d'erreur pour ces corrections compte si peu par rapport aux quantités mesurées que le résultat final est parfaitement valable si on fait des calculs exacts.

Nous avons déjà souligné que la quantité physique effectivement mesurée dans un levé gravimétrique constitue la densité des roches sous-jacentes, et qu'une carte gravimétrique définitive ne représente en réalité que des densités sous-jacentes. La rédaction d'une carte gravimétrique est du domaine des sciences exactes, et il faut recourir aux connaissances, à l'expérience et à l'habileté d'un géophysicien pour en interpréter les données en termes géologiques.

L'instrument est particulièrement efficace dans les cas où les minéraux recherchés ont une forte densité et se présentent en masses assez importantes. Par exemple, une hématite dure à haute teneur en fer est dense et massive. Par levé gravimétrique, on peut la déceler et estimer assez exactement sa masse, quelles qu'en soient la forme, les dimensions ou la distribution. Les levés gravimétriques permettent aussi de déterminer les structures géologiques, car la densité est un élément distinctif de bien des roches. En général, les roches basiques sont plus denses que les roches acides. Cependant, l'interprétation des structures d'après des données gravimétriques exige un contrôle géologique rigoureux.

Une grande masse de densité relative, située près de la surface du sol, donnera les mêmes indications gravimétriques qu'une masse moindre de haute densité située à une plus grande profondeur. Pour cette raison, on ne peut déterminer qu'imparfaitement la position exacte et la forme d'une masse causant une anomalie, mais on peut en établir les limites supérieures et inférieures en fonction de sa profondeur. À cet égard, l'interprétation des données gravimétriques s'apparente à celle des données magnétiques. Par la méthode gravimétrique, on peut étudier le sous-sol à plus grande profondeur que par la plupart des

autres méthodes. Il arrive même souvent que des masses profondes de forte densité causent des anomalies qui peuvent apparemment masquer les anomalies moins profondes, ordinairement dues à la présence de minerai.

En somme, toute masse de matière dont la densité diffère de celle de la roche environnante cause des anomalies gravimétriques. Les levés gravimétriques complètent, en général, les études régionales de structures, mais ils nécessitent un volume assez considérable de matière dense pour en déceler l'effet. L'instrument sert donc plus à la recherche des dépôts massifs de métaux communs, tels l'hématite, les sulfures massifs et la magnétite, qu'à la recherche des gîtes minéraux disséminés.

### Ouvrages à consulter

- Demuth, H. P.  
*Gravity measurement operations in the field*, U.S. Coast and Geodetic Survey, Bull. techn. 9, 1959.
- Goetz, J. F.  
« A gravity investigation of a sulphide deposit », *Geophysics*, vol. XXIII, 1958, pp. 606 à 623.
- Hammer, S., Nettleton, L. L. et Hastings, W. K.  
« Gravimeter prospecting for chromite in Cuba », *Geophysics*, vol. X, 1945, pp. 34 à 49.
- Hinze, W. J.  
« Application of the gravity method to iron ore exploration », *Econ. Geol.*, vol. LV, 1960, pp. 465 à 484.
- Innes, M. J. S.  
« An investigation of the applicability of gravimetric and magnetometric methods of geological prospecting » *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLII, 1949, pp. 378 à 384.
- Seguin, M.  
« Discovery of direct-shipping iron ore by geophysical methods in northern Canada », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, août 1968, pp. 948 à 959.

## MÉTHODES RADIOACTIVES

### Principes

En 1896, Henri Becquerel, en constatant l'action d'un échantillon de sel d'uranium sur une plaque photographique, découvrait le principe de la radioactivité. Rutherford et d'autres physiciens ont attribué cette action à trois sortes de rayons, *alpha*, *bêta* et *gamma*. Les recherches ont également révélé que le minerai d'uranium irradie beaucoup plus que le métal pur, à cause du radium qu'il contient, dans une proportion de 1 pour 3 000 000 et qui, avec ses produits de désintégration, est fortement radioactif.

À l'exception du potassium et du rubidium, faiblement radioactifs, les éléments radioactifs que l'on trouve généralement sont parmi les plus lourds, avec des poids atomiques de 210 ou plus. Les noyaux de leurs atomes contiennent tant de particules qu'ils sont instables et se décomposent constamment en produits de filiation qui constituent de nouveaux éléments plus légers ou isotopes (atomes ayant les mêmes propriétés chimiques que les atomes initiaux mais avec des noyaux plus légers et, par suite, des propriétés physiques différentes). La désintégration libère de l'énergie sous la forme des rayonnements mentionnés plus haut.



Le rayon alpha est une particule quatre fois plus lourde que l'atome d'hydrogène et portant deux charges électriques positives ; une fois sa charge neutralisée, il se transforme en atome d'hélium. Une feuille de papier arrête les rayons alpha. Quoique plus petits d'environ  $1/1800^e$  de la masse d'un atome d'hydrogène, les rayons bêta sont plus puissants que les rayons alpha, mais il suffit, pour les arrêter, d'une mince feuille de métal. Les rayons gamma ne sont pas des particules, mais de puissantes vibrations électromagnétiques, assez semblables aux rayons X produits artificiellement, émises en petites « explosions » d'énergie. Leur puissance et leur pouvoir de pénétration varient ; on distingue les rayonnements durs, ou à grande énergie, et les rayonnements mous, ou à faible énergie. Quelques-uns possèdent une énergie plus grande que les rayons X, mais la plupart seront arrêtés par 3 pouces de plomb, ou encore un pied de roche ordinaire, 4 pieds de terrains de couverture, 2 pieds d'eau, 2 à 4 pieds de neige, selon le degré d'entassement et d'humidité. Les rayons gamma peuvent traverser plusieurs centaines de pieds d'air, et ceux à grande énergie, 1 000 pieds ou plus. Les rayonnements se propagent dans toutes les directions sauf au contact de substances absorbantes naturelles ou d'écrans protecteurs artificiels. Comme ils se propagent à partir de sources de petites dimensions, ils diminueront dans une zone donnée en raison inverse du carré de la distance de la source, comme le montre la figure 28.

On ne peut ni percevoir, ni sentir, ni voir, ni entendre ces rayonnements sauf à l'aide d'instruments spéciaux. Les rayonnements émis par les roches, les minéraux et les minerais ne semblent pas nocifs ; cependant il ne faut pas respirer ni avaler la poussière ou les petits fragments ou les accumulations de l'élément de désintégration, le « radon », ou de ses produits de filiation ; ces accumulations se produisent parfois dans les mines mal ventilées. Par prudence, on ne gardera pas longtemps près du corps des échantillons à haute teneur et on se nettoiera soigneusement les mains et les ongles après avoir manipulé des matériaux radioactifs. À proximité de certains gisements, l'eau contient d'ordinaire assez d'éléments radioactifs pour agir sur les instruments de détection ; en pareil cas, il ne faut pas en boire. Il y a lieu ici de relever certaines erreurs qui ont eu cours pendant le boom de l'uranium. Contrairement au bois phosphorescent, le rayonnement ne provoque aucune luminescence dans l'obscurité ; il ne fait pas fondre la neige et n'empêche pas l'eau de geler. Il n'agit ni sur la boussole, ni sur le magnétomètre et n'a aucune influence visible sur les plantes et les animaux. On ne lui connaît aucun effet bienfaisant sur la santé. On ne peut le détecter par des procédés occultes ou hypnotiques, ni avec une baguette de sourcier ou une baguette magique, ni avec les divers appareils mystérieux que l'on a cherché à fabriquer.

**Équilibre.** L'Uranium et le thorium atteignent un *équilibre* avec leurs produits de filiation quand la désintégration suit le même rythme que la formation. Dans le cas contraire, l'élément est en *déséquilibre*, par exemple si une dissolution, un lessivage ou l'émanation d'un gaz radioactif comme le radon, causée par une fissuration ou l'al-

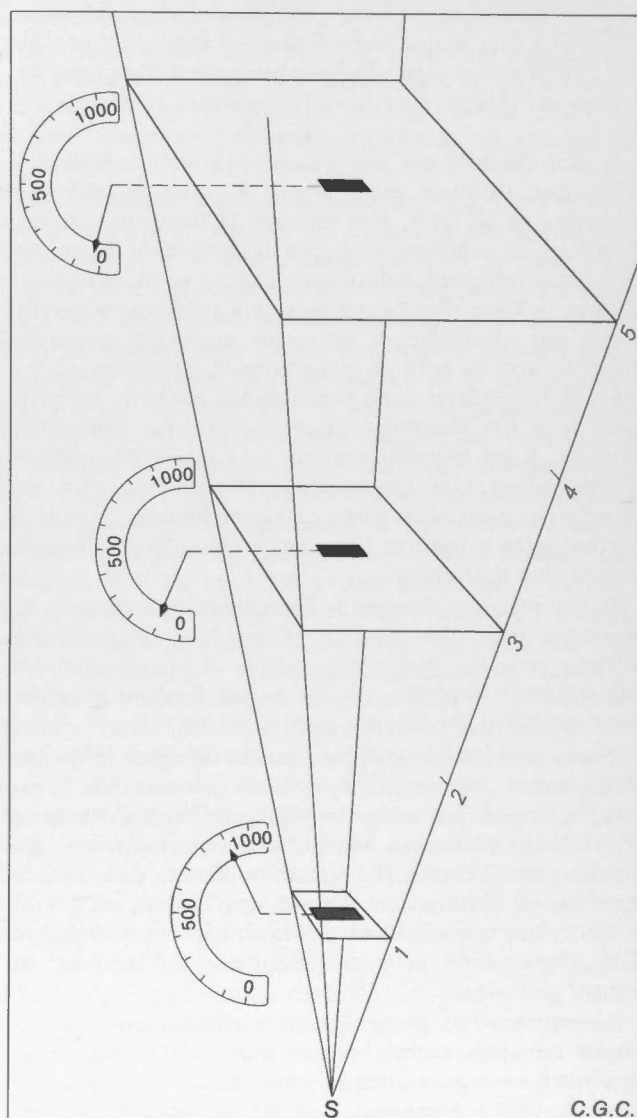


Figure 28. Illustration théorique des variations enregistrées par le compteur Geiger en raison inverse du carré de la distance entre ce compteur et la très petite source de radiation S. Les rayons gamma rayonnent dans toutes les directions à partir de la source S comme du centre d'une sphère. Les rayons qui traversent le premier carré au point de repère 1 se diffusent dans les carrés plus grands aux points 3 et 5. Les petits rectangles noirs et les cadrans représentent un compteur Geiger avec ses indications de 900, 100 et 36 coups à la minute aux distances respectives 1, 3 et 5 de la source S.

tération de minéraux radioactifs, élimine un ou plusieurs des produits de filiation. À cause de leur formation récente, qui remonte probablement à la période post-glaciaire, les minerais supergènes canadiens atteignent rarement l'équilibre.

L'équilibre n'intervient guère dans la prospection au Canada, mais il faudrait en tenir compte pour apprécier une découverte. Le matériel ordinaire de laboratoire utilisé pour les essais radiométriques de l'uranium n'est pas précis quand il y a déséquilibre des échantillons. Dans la

plupart des laboratoires, on utilise actuellement, soit des « compteurs d'équilibre » qui compensent le déséquilibre, soit des méthodes où la question de l'équilibre n'intervient pas.

L'uranium même est peu radioactif. C'est surtout le radium et le radon qu'il contient qui provoquent les impulsions enregistrées par un détecteur. Cela peut donner des mesures anormalement élevées ou basses à certains moments ou dans certaines régions ; le radon, qui est un gaz, s'accumule dans des crevasses ou des pores du sol ou sous une couche d'argile. S'il y a une perturbation, elle libère le radon, d'où une mesure élevée. Théoriquement, l'uranium, surtout s'il est associé à des minéraux sulfurés, peut être dissous et entraîné en solution hors d'une venue plus facilement que certains de ses produits de filiation ; l'analyse révèle donc moins d'uranium dans la roche radioactive que dans la roche inaltérée. Ces questions n'ont guère d'importance pour la prospection traditionnelle, mais il est bon de les connaître.

**Effet de masse.** Les roches émettent toutes, à l'occasion, des rayons gamma ; elles contiennent en effet de faibles quantités d'éléments radioactifs, trop faibles pour être relevées par les méthodes d'analyse ordinaires et pour être rentables. Ces rayons joints aux rayons cosmiques constituent le mouvement propre (figure 29). Beaucoup de roches émettent plus que le rayonnement provoquant le mouvement propre ; c'est qu'elles contiennent un peu plus de matière radioactive, généralement dans un minéral potassifère comme l'orthoclase, minéral commun dans le granite rose ou dans quelques grains d'un minéral d'uranium ou de thorium. Ces quantités sont au-dessous du seuil de rentabilité ; elles causent parfois des anomalies considérables lorsqu'on place un détecteur près de la

roche ; les rayons qui se propagent en toutes directions d'une masse rocheuse provoquent en effet sur l'instrument un effet cumulatif. L'effet s'accroît si on place une sonde dans une crevasse ou si la roche est en surplomb, parce qu'alors le rayonnement émane de deux plans ; ou si le détecteur est près d'une falaise, il est alors influencé par des fragments détachés de la roche faiblement radioactive éparpillés sur le sol. C'est dans les cavernes ou les tunnels que l'effet de masse est le plus fort, étant donné que le rayonnement provient de presque toutes les directions. Il faut vérifier l'effet de masse à moins qu'on n'ait identifié des minéraux d'uranium ou de thorium. Pour ce, on apportera quelques fragments de roche, ou un échantillon, à un endroit où le mouvement propre est normal, et on fera l'essai de l'échantillon, soit en le tenant près du détecteur, soit en suivant les autres procédés que permet l'appareil. Dans la plupart des cas, le compte ne s'élèvera pas sensiblement. Si le compteur indique un accroissement de 3 à 4 fois le mouvement propre, les échantillons méritent une analyse détaillée à moins que l'appareil ou les conditions d'emploi exigent un compte encore plus élevé pour justifier l'analyse. On ne peut dire à partir de quel degré une anomalie est importante ; une veinule à haute teneur peut provoquer une anomalie importante, mais ne constituer qu'un indice favorable, tandis qu'un grand massif minéralisé de manière uniforme et ne contenant que 0,1 p. 100 d'oxyde d'uranium peut être rentable tout en ne provoquant qu'une anomalie modérée. On oublie souvent de faire l'essai des échantillons sur place, d'où bien des espoirs déçus, et beaucoup de temps et d'argent perdus en analyses inutiles.

### Détecteurs de radiations portatifs

L'utilisation d'électroscopes et de scintiloscopes pour la prospection et l'utilisation des minéraux, est maintenant dépassée. On a pratiquement abandonné l'exposition de plaques photographiques ou de films par des échantillons, sauf pour quelques études en laboratoire ; elle sert quelquefois au prospecteur isolé, sans détecteur ou dont le détecteur est hors d'usage, et s'il peut faire développer ses films. Un échantillon à haute teneur agira en 24 heures sur un film enveloppé de papier opaque, mais il faudra plusieurs jours pour un échantillon de teneur moyenne.

Actuellement, pour la plupart des travaux sur le terrain, on utilise des compteurs Geiger, des scintillomètres et, dans une certaine mesure, des spectromètres à rayons gamma ; ils ont été créés dans cet ordre et sont progressivement plus complexes et plus dispendieux. On peut se procurer divers modèles de compteurs Geiger et de scintillomètres à des prix variables (planche LXI). La Commission géologique et l'Énergie Atomique du Canada ont perfectionné un détecteur expérimental de radon qui semble donner de bons résultats.

**Compteurs Geiger.** Les compteurs Geiger comportent un tube spécial, qui a été inventé en 1928 par Geiger (ancien associé de Rutherford) et modifié par Müller ; aujourd'hui on les appelle tous des compteurs Geiger. Le

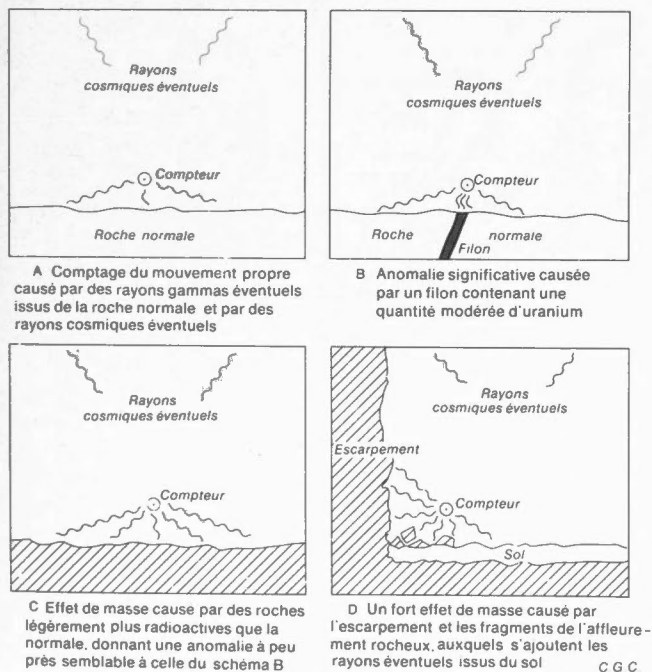


Figure 29. Effets de la radioactivité sur un compteur.

reste des circuits ressemble assez à ceux des postes de radio. Au début, les compteurs ne devaient servir qu'aux laboratoires. En 1932, on met au point des modèles portatifs lourds pour rechercher le radium perdu dans les hôpitaux. Vers 1934, la Commission géologique du Canada construit un appareil qu'on utilise dans la région de Bancroft. Pendant la deuxième guerre mondiale et un peu après, la Commission et le Conseil national de recherches en fabriquent une centaine qu'utilisent la Commission elle-même, l'Eldorado Mining and Refining Limited, ainsi que certains pays du Commonwealth. À la fin de la période d'exclusivité, on autorise la fabrication de compteurs selon les plans de cette première série, en tenant compte des progrès ultérieurs. D'autres pays fabriquent des compteurs Geiger différents. La partie la plus lourde et la plus encombrante est formée par les piles fournissant le courant au tube Geiger et aux tubes amplificateurs qui exigent un courant à basse tension pour chauffer leurs filaments. Les compteurs utilisent toute la puissance de leur pile, la pile *A*, qui se décharge rapidement, quelle que soit l'intensité du rayonnement radioactif. La source de haute tension fournit un courant de 1 000 volts environ (300 volts dans certains compteurs), au tube Geiger, et la pile *B* se décharge relativement peu s'il n'y a qu'un rayonnement moyen ou de faible intensité. Certains détecteurs sont munis uniquement de piles *B*, en série, pour obtenir la haute tension nécessaire au tube Geiger ; d'autres, d'une pile *B* plus petite et de tension relativement basse, associée à un vibreur qui fournit la tension voulue.

Le tube Geiger contient un mélange de gaz à faible pression dont la fonction est d'éviter le prolongement de la décharge de courant à haute tension entre les électrodes au-delà d'une fraction de seconde, lorsqu'un rayonnement traverse le tube. On appelle amortissement cette action d'étouffement. Les compteurs les plus faciles à transporter sont pourvus de tubes auto-amortisseurs. À l'usage, les gaz se décomposent progressivement et il faut regarnir ou remplacer les tubes, mais ils devraient normalement servir plusieurs saisons avant d'être remplacés, sauf si on les casse ou si on les endommage. Un trop fort voltage, inégal, en réduit la durée. Quand l'appareil fonctionne, tout passage de courant à haute tension entre les électrodes du tube du compteur est, selon le type de l'appareil, enregistré sur un cadran, ou par un déclic dans l'écouteur, ou encore provoque un éclair lumineux. Chaque déclic indique que le tube du compteur a décelé la désintégration d'un atome. Puisque dans une quantité donnée d'uranium, de thorium ou de potassium, un pourcentage défini d'atomes se désintègre en moyenne toutes les minutes, et qu'un tube de compteur décele un pourcentage assez constant des rayonnements qui le traversent, le nombre de déclics à la minute indique la quantité d'éléments radioactifs qui agissent sur l'appareil. Le cadran fixé aux appareils plus gros et plus chers a les mêmes fins. Le circuit du cadran n'est qu'un dispositif indicateur de la moyenne des impulsions et peut être réglé de manière à réagir rapidement à un changement d'intensité du rayonnement. Plus vite il réagit cependant, plus l'aiguille se déplace ; de sorte qu'il

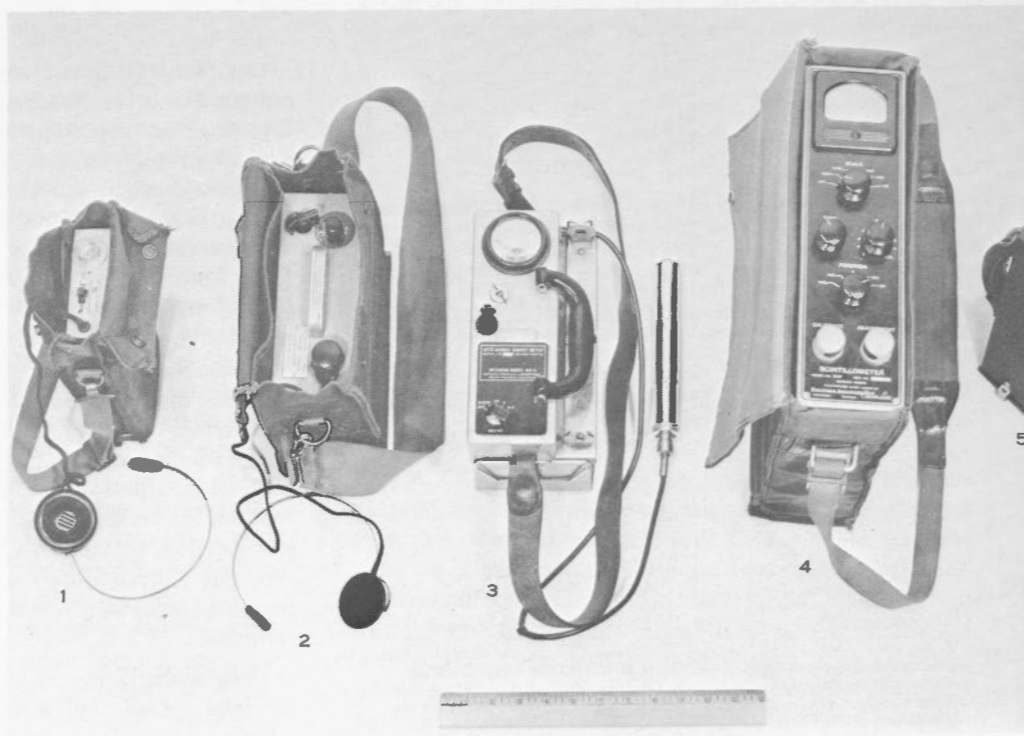


Planche LXI  
Compteurs Geiger, scintillomètre et lampe à l'ultraviolet. 1 : Petit compteur Geiger avec écouteur ; 2 : compteur Geiger de taille moyenne avec écouteur ; 3 : grand compteur Geiger avec cadran et sonde ; 4 : scintillomètre ; 5 : lampe à l'ultraviolet.

E. C. Elliott 107328

est difficile de lire une valeur moyenne. Plus il faut de temps au circuit pour établir la moyenne, plus l'aiguille sera stable et la lecture précise. Dans quelques appareils, ce temps se règle à l'aide d'un bouton spécial. On peut, grâce à un interrupteur, changer de gamme d'intensité pour les mesures, en augmentant les gammes par facteurs de dix ou plus. Certains cadrans de compteurs Geiger ou de scintillomètres donnent des comptes par minutes (c/m), et d'autres des milliroëntgens par heure (mr/h). Un roëntgen, unité de rayonnement, appelée du nom du découvreur des rayons X, représente la quantité de rayons X donnant une unité électrostatique dans un centimètre cube d'air à température et pression normales. Comme le rayonnement s'émet par volées distinctes, on l'exprime en moyennes au cours d'une période donnée, en général une minute ou une heure. Vu la grande importance du roëntgen, les détecteurs indiquent d'ordinaire les subdivisions allant jusqu'aux milliroëntgens (un millième de roëntgen).

Certains modèles anciens de tubes de compteurs fonctionnent mal aux températures extrêmes. Les tubes récents fonctionnent même à des températures inférieures à zéro. Si on veut utiliser un détecteur par temps très froid, on demandera au fabricant une garantie de fonctionnement à basse température. Les piles perdent également leurs propriétés par temps froid. Une température élevée augmente légèrement le nombre des impulsions perçues au cours d'une période donnée.

La lumière agit sur la plupart des tubes de verre ; elle élève le taux de rayonnement. Quelques tubes sont peints en noir à l'extérieur pour que la lumière ne pénètre pas, et il faut prendre soin de ne pas érafler ou abîmer cette peinture.

La plupart des tubes de compteurs réagissent aux rayons électromagnétiques produits par les étincelles électriques, les orages et les machines en fonctionnement. Quand les conditions météorologiques sont mauvaises, il faut parfois interrompre les travaux de prospection.

*Scintillomètres.* Si les particules alpha frappent un écran recouvert de sulfure de zinc activé, elles provoquent de petites étincelles appelées scintillations ; ce phénomène est connu depuis longtemps et se trouve à l'origine du scintillomètre optique. En 1949, des professeurs de l'Université du Manitoba ont mis au point un scintillomètre portable, ressemblant un peu extérieurement aux plus gros compteurs Geiger. Dans ce compteur, le rayonnement (principalement du type gamma), bombarde un cristal d'iodure de sodium activé, provoquant l'émission de particules appelées photons. Les photons provoquent des scintillations qui sont enregistrées par un tube photomultiplicateur analogue à la cellule photoélectrique ou « œil magique » utilisé dans les appareils automatiques d'ouverture des portes et dans les posemètres. Le tube transmet des impulsions électriques à un amplificateur et de là à un compteur. D'autres modèles ont été construits depuis par des sociétés canadiennes et étrangères.

Plus lourds et plus coûteux que les compteurs Geiger ordinaires, les scintillomètres ne sont généralement pas

munis d'écouteurs, mais ils ont beaucoup d'avantages. Ils sont plus sensibles, le cristal réagissant beaucoup plus aux rayons gamma que le tube Geiger. Pour des gisements à basse teneur, des levés radiométriques ou une prospection par une ouverture naturelle d'épaisseur maximale, ils permettent d'enregistrer au travers d'une couche de roche, de neige ou de morts-terrains de 30 p. 100 plus épaisse. Il n'est pas nécessaire de contrôler le rayonnement de fond, la proportion de rayons cosmiques et de rayons provenant de la roche étant négligeable. Les cristaux des scintillateurs ne s'usent pas comme les tubes Geiger, mais on doit les munir de dispositifs anti-chocs. Les rayons gamma d'intensités différentes forment un *spectre* ou un *flux* ; les appareils peuvent être utilisés pour mesurer de telles intensités. L'application d'une formule permet d'estimer plus précisément les proportions d'uranium-thorium que ne peut le faire le compteur Geiger muni de minces tubes à fenêtre. La formule et la méthode d'utilisation figurent dans les notices fournies avec certains instruments. Les évaluations faites de cette manière sont longues et compliquées.

*Spectromètres à rayons gamma.* Certains scintillomètres servent, comme nous l'avons expliqué ci-dessus, à mesurer les diverses intensités (parties du spectre), des rayons gamma et à distinguer les rayonnements provenant de l'uranium, du thorium et du potassium. Depuis quelque temps, on utilise pour les analyses en laboratoire et dans les trous de sonde un instrument électronique qui, combiné avec des cristaux de scintillateur, n'exige pas de calculs. On a créé récemment un modèle plus compact, avec des cristaux plus grands que ceux des scintillomètres ordinaires, et des éléments qui assurent une plus grande sensibilité et une meilleure sélectivité. Ces appareils ne sont pas encore au point ; d'autre part, ils sont plus grands et beaucoup plus chers que les scintillomètres ordinaires. À l'heure actuelle, ils ne servent qu'à la prospection de surface spécialisée, lorsqu'on cherche à détecter des gisements au travers le maximum de roche, de morts-terrains ou de neige, ainsi qu'à des études de rayonnement extrêmement précises.

#### Choix et entretien des détecteurs

Les compteurs Geiger de prix moyen suffisent pour la plupart des travaux de prospection. L'expérience a montré que les moins chers tombent souvent en panne, parfois au moment même de la livraison. Les compteurs Geiger les plus chers et les autres types de détecteurs servent surtout aux professionnels. Il faut, à l'achat, tenir compte de l'usage qu'on veut en faire, du poids, de la forme, du prix et de la garantie de fonctionnement. Pour une longue période de travail sur le terrain, deux appareils de prix moyen sont préférables à un seul appareil cher, car on est presque sûr d'en avoir un en bon état. On les achètera de préférence chez les vendeurs de matériel scientifique et géodésique. Il pourra être utile également de consulter les annonces des revues minières. Pour une première prospection, il est recommandé d'utiliser des écouteurs, ce qui permet d'observer les roches sans devoir surveiller le cadran. Il est presque indispensable d'avoir un appareil

muni d'un cadran pour faire des levés radiométriques. Une bandoulière permet de rapprocher l'appareil du sol ou de le porter sur l'épaule lorsqu'on ne l'utilise pas. Les sacs de toile protègent les instruments mais augmentent le poids et peuvent être contaminés par les eaux de mine et par la poussière radioactive aux environs des anciennes tranchées ou des terrils. On étanchera les ouvertures des détecteurs en les garnissant de joints ; certains modèles contiennent un petit sachet de gel de silice pour absorber toute trace d'humidité. Les sondes peuvent être utiles dans certains cas. Celles avec une fenêtre et une gaine d'admission mobiles pour les rayons bêta permettent d'évaluer avec précision la proportion de thorium et d'uranium, puisque le rapport des rayons bêta et gamma diffère dans les deux cas. Il y a, pour les sondes, des gaines protectrices amovibles en plomb qui réduisent les effets de masse, mais elles sont si lourdes qu'elles sont peu employées au Canada. Les sondes étanches sont parfois utiles pour effectuer des mesures dans des tranchées remplies d'eau ou dans le dit des rivières.

Pour la prospection courante, on pourra employer un scintillomètre muni d'écouteurs. La grande sensibilité de cet instrument a des inconvénients sous terre, où l'effet de masse est important. Beaucoup préfèrent en pareil cas les compteurs Geiger ou les scintillomètres en mr/h.

En achetant un détecteur, on demandera des explications au vendeur, ou mieux, la notice d'emploi et d'entretien ainsi qu'un diagramme de montage, au cas où on aurait recours à un dépanneur de radio ou à un autre technicien pour effectuer des réparations. On aura des piles et des tubes Geiger de rechange, mais il n'est pas nécessaire de les emporter avec soi tous les jours.

Les détecteurs sont des appareils solides, mais il faut quand même les manipuler avec soin, les protéger durant le transport et, au besoin, les étancher. On garnit parfois de papier ciré le fond et les côtés de l'enveloppe de toile des appareils volumineux, afin de pouvoir les poser sur un sol mouillé. On protégera les écouteurs de l'humidité en les entourant d'un sac de plastique. On n'exposera pas les appareils à une trop forte chaleur et on veillera à ce que ni poussière, ni fragment de minéraux radioactifs ne contaminent l'instrument ou sa toile. Le papier ciré remplit aussi cette fonction. De façon générale, on n'utilisera pas un instrument de surface sous terre, dans des mines d'uranium ni dans les usines de traitement du minerai d'uranium. On ne le laissera pas en marche longtemps à proximité d'un échantillon ou d'un gisement très radioactif ; cela abrègerait la durée des tubes et des piles ; on le fermera si on ne s'en sert pas pendant quelque temps. Et si on l'expédie ou si on le range pour de longues périodes, on enlèvera les piles, à cause des risques de fuite, de gonflement ou de corrosion. La plupart des modèles de tubes de compteurs donnent des indications erronées quand ils sont usés ; il faut les remplacer avant qu'ils soient hors d'usage. On mettra un tube neuf avant de partir pour une région éloignée ou dès que l'appareil donne régulièrement des mesures anormalement élevées du

mouvement propre. Il faut s'assurer du bon fonctionnement du détecteur avant de commencer la journée. Il est arrivé déjà qu'une compagnie, faute d'avoir pris cette précaution, se lança dans une publicité tapageuse et dans des frais de recherche, parce qu'un compteur avait donné des résultats maxima aussitôt mis en marche, malheureusement, les analyses ont par la suite infirmé ces indications.

### Méthodes générales de prospection

En général, la prospection à l'aide d'un détecteur de radiations s'effectue au hasard ou transversalement à l'orientation générale des formations d'une zone contenant des affleurements rocheux ou des terrains de couverture peu profonds. On peut prospecter ainsi des régions que l'on connaît déjà par carte ou rapport géologique ou des régions inconnues.

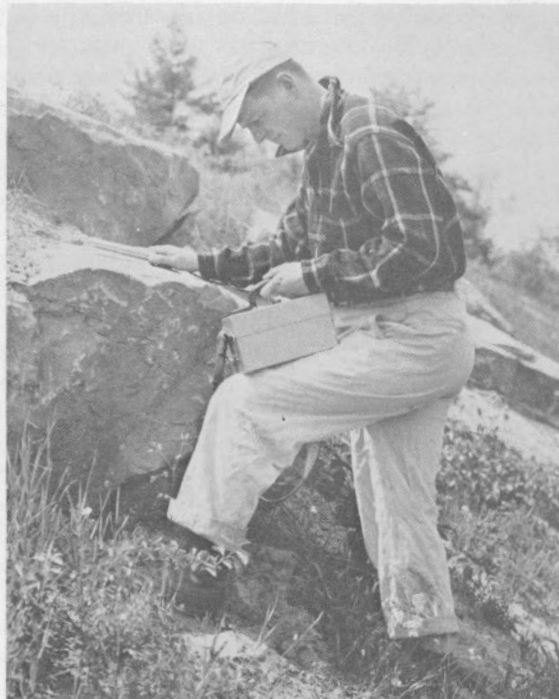
Une fois le détecteur mis en marche on attend une minute ou deux. On le ferme en général lorsqu'on traverse de larges bandes de morts-terrains profonds, mais on risque ainsi de manquer des sources à proximité de la surface ; par ailleurs, les mises en marche répétées épuisent les piles beaucoup plus vite que si on utilise l'appareil de façon continue pendant des périodes raisonnables. On évalue le mouvement propre à un endroit où il n'y a aucune raison de supposer la présence d'une venue radioactive, sur un lac par exemple, une route ou une aire sablonneuse ; on doit vérifier cette mesure environ toutes les heures, surtout si l'on emploie un compteur Geiger. Le prospecteur doit marcher lentement, en tenant toujours son appareil dans la même position aussi près du sol que possible, et en observant les roches et les indices de minéralisation autour de lui. Il consigne dans un carnet ses observations et les directions du parcours et peut repérer et marquer les positions sur une photographie aérienne. S'il décèle un rayonnement deux ou trois fois plus élevé que la moyenne, abstraction faite de l'effet de masse, comme nous l'avons expliqué ci-dessus, il effectue des recherches plus approfondies dans le voisinage. S'il n'y trouve pas de comptes plus élevés, le prospecteur expérimenté ou peu familier avec l'appareil prélèvera un ou plusieurs échantillons faiblement anormaux pour les faire analyser, afin de mieux déterminer ce qui constitue une anomalie importante, d'après son appareil et sa façon de l'utiliser. S'il trouve une anomalie plusieurs fois supérieure au mouvement propre, un filon ou un autre type de gisement radioactif, il suivra les indications données dans le paragraphe sur l'exploration préliminaire des zones d'intérêt (chapitre XIV).

### Levés radiométriques au sol

Les levés radiométriques ou études par quadrillage servent à la prospection systématique d'un claim ou d'un groupe de claims, ou encore d'une zone anormale, ainsi qu'à une première prospection aux environs d'une découverte, surtout si cette découverte ne se limite pas à un simple filon, à un dyke ou à un dépôt traversant un



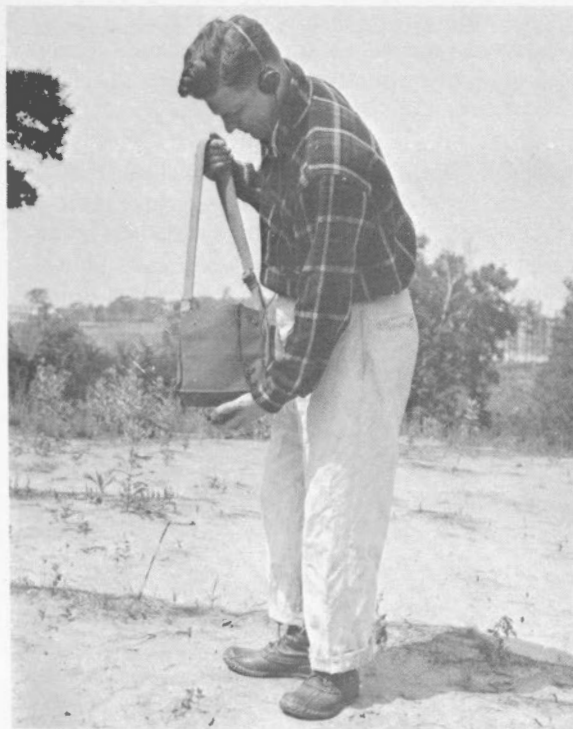
A. Utilisation d'un détecteur avec écouteurs pour évaluer un affleurement.



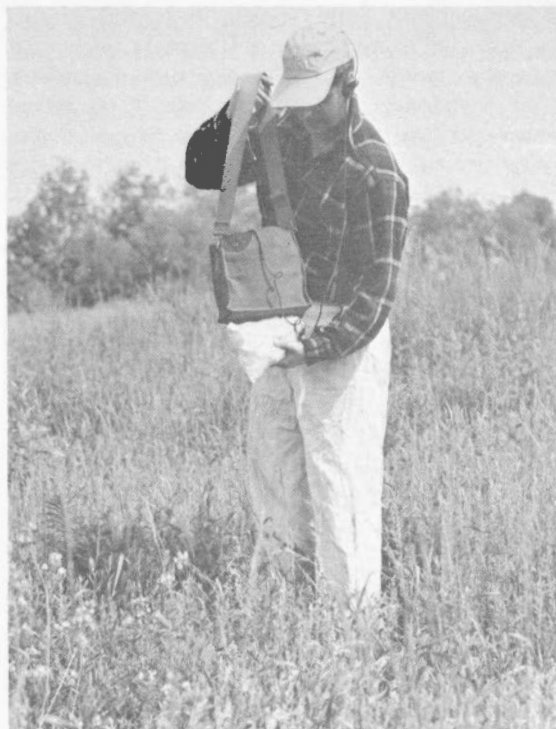
B. Utilisation d'un détecteur avec sonde pour évaluer un affleurement.

Planche LXII  
Comment se servir d'un compteur.

C. Essai d'un échantillon à un endroit où le mouvement propre est normal.



D. Essai d'un sac contenant un échantillon d'éclats ou de filon à un endroit où le mouvement propre est normal.



Photos by A. H. Lang

important affleurement et si elle ne suit pas la piste des affleurements. On effectuera les levés avant de recourir aux explosifs, qui provoquent l'éparpillement de fragments radioactifs. Ils seront effectués par le prospecteur, ou par un ingénieur, ou un géologue, mais comme les vérifications sont de plus en plus difficiles sans échantillonnages prometteurs et sans données à l'appui, il importe que les levés préliminaires soient précis.

Pour commencer un levé, il faut d'abord établir une ligne de base, puis des alignements perpendiculaires, à moins de les tracer au pas et à la boussole tout en effectuant les mesures. Les espacements peuvent aller de 5 à 500 pieds, selon la dimension de la zone à prospecter et selon le temps dont on dispose. Les espacements courants sont de 400 pieds pour des études préliminaires importantes, de 100 pieds pour un travail un peu plus détaillé et de 50 pieds pour un travail assez précis. Les stations de lecture des instruments sont en général plus rapprochées que les intervalles entre les lignes transversales. On peut inscrire les résultats sur une feuille de papier quadrillé, agrafée sur une planchette; il n'est pas nécessaire de reporter sur une carte des indications recueillies dans un carnet de notes. Une personne tient l'extrémité du ruban et inscrit les mesures que l'autre lui communique en allant faire des lectures à la distance voulue. S'il y a trois personnes, si elles ont deux instruments semblables et si les stations sont à portée de la voix, l'une inscrit les mesures que l'autre annonce, la troisième se déplace vers une nouvelle station et attend que l'aiguille se soit stabilisée. On fait un schéma des zones d'affleurement et des zones recouvertes de morts-terrains et on note les caractéristiques géologiques avec précision. L'appareil fonctionnera pendant les déplacements entre stations et quand on note une anomalie. On le met sur le sol, dans la même position à toutes les stations. On le protégera de la contamination et de l'humidité; si le sol est boueux ou humide, par exemple, on pourra l'entourer d'un film plastique ou de papier ciré et le poser sur deux bâtons. Les détecteurs munis uniquement d'écouteurs ne servent que dans les zones faiblement anormales, parce qu'ils ne donnent plus de mesures quantitatives si la cadence devient trop rapide. Les mesures sont enregistrées sous forme de multiples du mouvement propre, sous forme directe en c/m ou mr/h, ou encore en c/m ou mr/h, mais déduction faite du mouvement propre. L'enregistrement en multiples du mouvement propre a un avantage si le plan doit servir à d'autres personnes: il élimine toute incertitude sur l'importance du mouvement propre et sur son enregistrement. Les mesures directes, de préférence en mr/h, conviennent si on note sur le plan la mesure initiale du mouvement propre et toutes ses variations.

Une fois l'étude terminée, on note les mesures maximales et minimales, et on choisit une équidistance convenable pour le tracé des lignes d'égale radioactivité (isorades). Si les mesures s'échelonnent de 200 à 1 000 c/m, par exemple, on peut choisir des isorades à intervalle de 200 c/m. Puis, si les stations sont éloignées de 1 pouce sur la

carte et si la station *A* correspond à une mesure de 230 et la station *B* de 310, on pourra supposer que l'isorade 300 passera à environ  $1/8^{\circ}$  de pouce de *B*, dans la direction de *A*. Les isorades, indiqués par des chiffres en certains points, se tracent comme les courbes de niveau des cartes topographiques ou aéromagnétiques (figure 30). Le plan doit aussi inclure l'emplacement, le type d'appareil utilisé, la méthode de comptage, le mouvement propre, l'échelle, la date, les lieux de prélèvement et le nombre de spécimens ou d'échantillons, ainsi que le nom de l'opérateur. Les zones circonscrites par les isorades d'intensité supérieure font d'ordinaire l'objet de mesures plus détaillées que l'étude initiale.

Les levés radiométriques ne donnent qu'une indication partielle, une partie du gisement étant presque toujours recouverte de roche ou de mort-terrain. Il faut donc toujours prélever des échantillons. La mine Gunnar constitue un bon exemple de l'utilité des levés radiométriques. Immédiatement après la découverte d'un terrain marécageux fortement radioactif, contenant quelques blocs anguleux de roche radioactive, deux prospecteurs ont effectué, avec un compteur Geiger, un excellent levé radiométrique. Ce travail a donné lieu à un plan très utile au jalonnement, à l'examen et à la préparation d'une étude

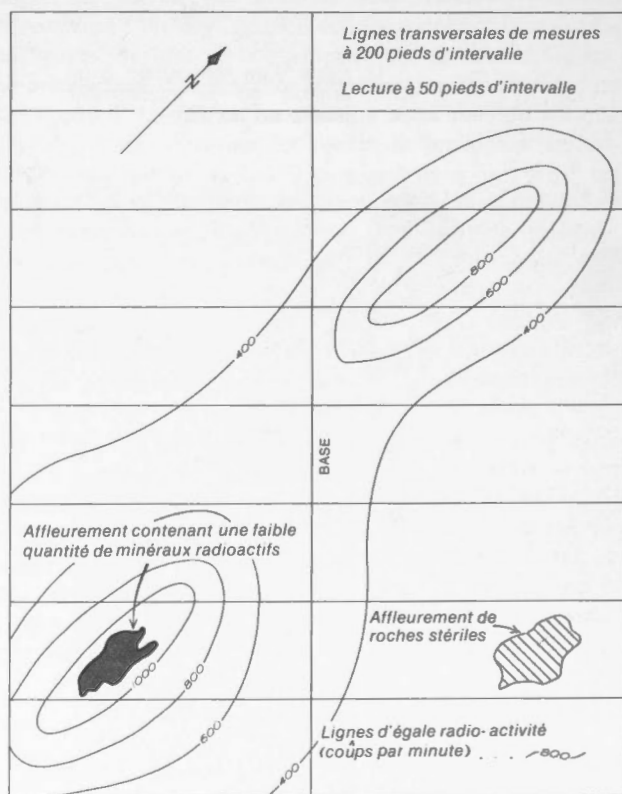


Figure 30. Levé radiométrique simple. Les zones circonscrites par l'isorade le plus élevé feront l'objet d'échantillonnage, de mise à nu ou de creusement de tranchées dans le terrain de couverture, ou de levés radiométriques plus détaillés.

plus précise qui a été faite par un géologue à l'aide d'un scintillomètre. Il n'y avait pas d'affleurements à échantillonner, le terrain de couverture étant épais, et l'été touchant à sa fin. Aussi les forages fondés sur la seconde étude ont-ils pu commencer au cours de l'hiver suivant.

On fait même des levés radiométriques de reconnaissance à l'aide d'un scintillomètre qu'on tient à l'extérieur de la fenêtre d'une automobile en mouvement. Au Canada, cette méthode a permis de découvrir un gisement de niobium. On a parfois installé des appareils spéciaux sur des automobiles et des draisines ; mais, au Canada, il n'y a guère d'endroits favorables à ce genre de levé. Le matériel de diagraphie radiométrique de carottes et de trous de sondage est très perfectionné. On recommande la diagraphie des sondages dans les zones où les minerais d'uranium sont irrégulièrement répartis et où le prélèvement de carottes est impossible. On trouvera des renseignements sur le matériel canadien de diagraphie et sur les méthodes à employer dans *Canadian Deposits of Uranium and Thorium*, pages 122 et 123.

### Levés radiométriques aériens

L'uranium étant devenu très important après la deuxième guerre mondiale, divers pays ont étudié les possibilités de détection aérienne des gisements d'uranium. Ils ont remporté certains succès ; au Canada, on a découvert quelques venues de minéraux radioactifs par prospection aérienne, mais les résultats des levés expérimentaux à grande échelle ont donné peu de résultats. C'est que les instruments ne permettaient pas de distinguer assez nettement les rayons gamma produits par des gisements d'uranium, de thorium et de potassium ; de plus, les effets de masse de grandes unités rocheuses contenant de petites quantités de ces éléments élevaient la valeur du mouvement propre et causaient beaucoup d'anomalies. On obtient maintenant de meilleurs résultats en effectuant les levés expérimentaux avec des spectromètres à rayons gamma.

Au Canada on a effectué des levés radiométriques aériens à titre expérimental depuis 1947 jusqu'à la période de déclin temporaire de la recherche de gisements d'uranium. L'Eldorado Mining and Refining Limited, le Conseil national de recherches, l'Énergie atomique du Canada, Limitée et la Commission géologique du Canada ont réalisé conjointement divers projets ; en 1953 et 1954, l'Eldorado a fait des levés expérimentaux au scintillomètre du haut d'hélicoptères. Des entreprises de géophysique, des groupes de recherche et des prospecteurs privés ont également effectué des levés expérimentaux à forfait, du haut d'avions et d'hélicoptères. Des levés systématiques par avion au-dessus de nombreuses régions du Bouclier canadien ont révélé beaucoup d'anomalies, sans mener pour autant à des découvertes importantes. Il était difficile de distinguer et d'analyser les anomalies dues à la présence d'uranium ; beaucoup d'anomalies étaient dues au survol de collines ou de crêtes reposant sur des roches faiblement radioactives. Ajoutons qu'à cette époque, les radio-altimètres étant interdites, on ne pouvait effectuer de mesure d'alti-

tude. On a découvert quelques venues de minéraux radioactifs en volant dans un avion léger au niveau de la cime des arbres et en prenant des mesures avec un scintillomètre ordinaire de prospection au sol. Mais on n'a fait avec ce procédé qu'une dizaine de découvertes, alors que la prospection au sol en a permis des milliers.

A. F. Gregory est arrivé à des résultats plus encourageants au cours d'expériences effectuées en 1953 et 1954 pour la société Eldorado, dans un hélicoptère équipé d'un scintillomètre spécial. Il a survolé, soit méthodiquement, soit au hasard, des gisements connus et des zones entières du nord de la Saskatchewan et du Manitoba et il a fait certaines observations en vol stationnaire. Il en a tiré les conclusions suivantes (1955) :

- 1) Pour assurer une détection efficace de sources émanant de filons intacts, il faut passer à moins de 150 pieds de la source. Jusqu'à 500 pieds d'altitude, on peut localiser des sources étendues comme celles de gisements sédimentaires d'uranium et de pegmatites. Mais à cette altitude, les granites et d'autres sources stratifiées provoquent également des anomalies importantes ;
- 2) Le succès des différentes techniques de levés radiométriques aériens dépend du milieu géologique où se trouvent les sources recherchées ;
- 3) Les anomalies peuvent avoir diverses causes, dont la présence d'un massif de minerai. Par conséquent, l'efficacité et l'économie de la prospection aérienne reposent sur le contrôle de l'altitude et la détermination précise de la source de rayonnement ;
- 4) L'appréciation des anomalies d'après l'intensité du signal par rapport au mouvement propre ou par des procédés analogues sera utile pour la recherche de certaines sources et à certaines altitudes ;
- 5) Il est indispensable de voler à basse altitude pour détecter efficacement des sources localisées dans des ensembles de roches ignées ou métamorphiques. On peut ainsi mettre les filons en évidence, désigner les sources sédimentaires et pegmatiques en les distinguant du granite ;
- 6) Le vol d'exploration en hélicoptère à basse altitude, est une technique très prometteuse, non seulement pour la localisation de minéraux radioactifs, mais également pour la prospection minière en général. Il permet de déceler les chapeaux de fer et d'autres phénomènes géologiques ;
- 7) S'il y a une différence lisible de radioactivité, des levés radiométriques détaillés par avion permettent de localiser des minéraux qui, sans être radioactifs, sont associés à des minéraux radioactifs (béryl, columbite ou autres minéraux similaires associés à de la pegmatite). Il peut arriver que des couches salines à haute teneur en potasse se localisent à leur teneur en  $K^{40}$  ;
- 8) Il y a une corrélation générale entre le type de roche et l'intensité de rayonnement. Elle peut servir de technique de reconnaissance géologique ;
- 9) Pour chaque détecteur, il y a une relation entre la superficie minimale et la teneur d'une source à toutes les altitudes. Il ne décèle pas les sources ayant un rapport superficie teneur inférieur à ce minimum ;
- 10) Les détecteurs de rayonnement aériens ne peuvent déceler que la radioactivité superficielle ;
- 11) Il découle des deux paragraphes précédents qu'on ne peut exclure la possibilité de gisements de minéraux radioactifs, même si on n'en a pas localisé par levé aérien ;



12) Le levé aérien au hasard permet de faire une plus grande étendue à meilleur compte que le levé par cheminements au sol. Par contre, un levé par cheminements sera plus précis ;

13) Étant donné que d'autres détecteurs peuvent avoir des sensibilités différentes, on conseille d'évaluer tous les détecteurs selon la dimension de la source qu'ils peuvent détecter à des distances variées. La source utilisée pour cet étalonnage doit évidemment être significative au point de vue géologique ;

14) Les résultats des levés radiométriques aériens seront interprétés avec prudence, surtout si on ne connaît pas les limites de la méthode et du détecteur.

Un regain d'intérêt pour la prospection de l'uranium, ainsi que la mise au point des spectromètres à rayons gamma, ont entraîné de nouvelles expériences de radiométrie aérienne au cours des dernières années. Nous citerons les expériences effectuées par A. G. Darnley, de la Commission géologique du Canada, dans les régions d'Elliot Lake et de Bancroft, expériences qui ont fait l'objet d'un rapport préliminaire. Pour la vérification au sol, on a procédé à environ 1 000 mesures sur des terrains de couverture ou des affleurements, selon des quadrillages à 200 pieds d'intervalles. Dans les deux régions, les rayonnements provenant des affleurements ou des terrains de couverture étaient à peu près semblables. Un grand hélicoptère transportant un équipement expérimental construit par l'Énergie atomique du Canada a effectué des vols à des altitudes, des vitesses et des espacements variés. Les conclusions de Darnley (1968) sont les suivantes :

Il y a des précautions à prendre pour effectuer un levé radiométrique aérien. Tout d'abord, il est inutile de monter des appareils compliqués et sensibles dans un avion pour déceler la radioactivité, si l'avion lui-même contient des instruments à cadrans lumineux au radium. Les avions anciens contiennent d'ordinaire beaucoup d'instruments de ce type. De plus, si on mesure au sol la radioactivité interne d'un avion, on peut arriver à placer les détecteurs assez loin de ces instruments pour qu'ils ne soient pas affectés par les cadrans lumineux. Cependant, ce qui, au sol, n'ajoutera guère au mouvement propre ajoutera beaucoup dans l'air. D'autre part, il est inutile de surveiller les petites variations de cadence d'impulsions si on ne contrôle pas rigoureusement l'altitude. Une variation de 50 pieds d'altitude provoque une variation de 10 p. 100 dans les mesures de la radioactivité provenant d'une source de grande superficie. Pour une petite source, la variation de la cadence sera encore beaucoup plus importante.

En dernier lieu, le mouvement propre, dans l'air, au-dessus des nappes d'eau de la zone étudiée, doit être déterminé de façon précise au début et à la fin de chaque sortie aérienne. De même, on doit vérifier l'étalonnage des instruments, au moins au début et à la fin de chaque vol.

Sur la base de travaux effectués en 1967, il y a tout lieu d'espérer que de nombreux types de roches, et des roches d'âge différent, présenteront des images spectrales caractéristiques permettant de les repérer par voie aérienne dans tout le pays. Ces images représenteront la fréquence de distribution des mesures radiométriques de l'uranium, du thorium et du potassium. Les appareils qu'utilise maintenant la Commission géologique du Canada sont assez sensibles pour déchiffrer ces images. Cependant on

n'effectue ce genre de cartographie géologique que de pair avec une interprétation photogéologique, pour obtenir des renseignements essentiels sur les limites des formations rocheuses. La photogéologie permet, non pas surtout d'identifier, mais de distinguer et de mettre en corrélation les unités lithologiques. La radiométrie permettra sans doute d'en identifier un grand nombre pourvu qu'on sache où elles commencent et où elles finissent. Mais, chose certaine, la spectrométrie aux rayons gamma ne répond pas à tous les besoins. Même lorsqu'elle est utilisée avec d'autres techniques, l'analyse des données doit être confirmée sur le terrain. Avant compilation et interprétation, on complétera les données aériennes par des données recueillies au sol.

### Ouvrages à consulter

- Brownwell, G. M.  
*Nuclear radiation in prospecting*, dans *Methods and case histories in mining geophysics*, 6th Commonwealth Mining Met. Congr., 1957, pp. 45 à 51.
- Chadwick, J.  
*Radioactivity and radioactive substances*, Pitman, 4<sup>e</sup> éd., 1953.
- Darnley, A. G.  
« Helicopter tests with a gamma-ray spectrometer », *Can. Mining J.*, vol. LXXXIX n° 4, avril 1968, pp. 104 à 106.
- Dyck, W.  
*Field and laboratory methods used by the Geological Survey of Canada in geochemical surveys*, Commission géol. du Canada, étude 68-21, 1969.
- Gregory, A. F.  
« Aerial detection of radioactive mineral deposits », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LVIII, 1955, pp. 261 à 267.  
*Geological interpretation of aeroradiometric data*, Commission géol. du Canada. Bull. 66, 1960.
- Gregory, A. F. et Horwood, J. L.  
*A laboratory study of gamma-ray spectra at the surface of rocks*, Ministère des Mines et des Relevés techniques, Direction des mines, Rapp. rech. R85. Aussi le rapport R110 (1963), 1961.
- Lang, A. H. et coll.  
*Canadian deposits of uranium and thorium*, Commission géol. du Canada, Série Econ. Geol. n° 16, 2<sup>e</sup> éd., 1962.
- Simon, L.  
« Quantitative evaluation of ore mineralization in drill holes by gamma-gamma logging », *Can. Mining J.*, juillet 1969, pp. 57 à 59, 1969.

### MÉTHODES ÉLECTRIQUES

La prospection électrique consiste à mesurer les propriétés électriques des roches et des gisements minéraux dans la partie de l'écorce terrestre accessible à l'exploitation minière. C'est le mode de prospection géophysique le plus souple et le plus complexe. Il comporte deux types de méthode : l'une consiste à mesurer des champs électriques naturels ; l'autre à provoquer un champ de force pour répondre à une situation particulière. Ils comprennent la méthode de la polarisation spontanée, la méthode de résistivité, la méthode électromagnétique (induction), la méthode de la polarisation provoquée et les techniques des courants telluriques.

Comme beaucoup de techniques géophysiques, la prospection électrique date d'il y a longtemps ; les méthodes et les instruments perfectionnés d'aujourd'hui résultent d'une évolution de deux siècles. Les premiers travaux de prospection électrique remontent à 1720, année où Gray et Wheeler étudient les propriétés électriques des roches et établissent un tableau de leur conductivité. En 1746, Watson découvre que le sol est conducteur d'électricité. En 1830, un ingénieur de Cornouailles, Robert W. Fox, découvre dans des mines de cuivre que les courants électriques naturels s'associent aux gisements de sulfures. En 1843, Fox pressent que la nature et la composition des formations rocheuses, la teneur en sels des eaux souterraines et la proportion des minerais sulfurés que renferment les roches influent sur leur conductivité électrique. Ses découvertes suscitent des controverses et des expériences en Angleterre et en Allemagne, de 1830 à 1845. Fox aurait le premier émis l'hypothèse d'autres courants naturels appelés « telluriques », influant sur le champ magnétique terrestre.

De 1847 à 1867, A. C. Becquerel et Charles Matteucci réalisent d'autres études sur l'origine des courants électriques naturels dans la terre. Les recherches sur l'activité électrique des corps minéralisés sont apparemment interrompues de 1844 à 1882. En 1882, Carl Barus, de la Commission géologique des États-Unis, publie l'étude désormais classique *On the electrical activity of ore bodies*, où il décrit les mesures prises sur le filon Comstock et dans le district minier d'Eureka, au Nevada. Il constate que si un corps minéralisé engendre des courants électriques, il est possible de découvrir une anomalie de polarisation spontanée, même si les électrodes ne sont pas directement en contact avec le massif.

En 1902, l'Anglais Alfred Williams et l'ingénieur électricien américain Leo Daft mettent sous brevet une méthode consistant à introduire dans le sol un courant alternatif de basse fréquence au moyen d'électrodes et à étudier la répartition du courant à l'aide de deux électrodes de recherche séparées. Ils se heurtent au problème que posent les effets d'induction entre émetteur et récepteur. Conrad Schlumberger, qui est sans doute la personnalité la plus remarquable dans le domaine de la prospection électrique, met sous brevet en 1912 le procédé par courant continu.

Aux États-Unis, l'initiateur des méthodes quantitatives modernes de résistivité a été Frank Wenner, physicien du U. S. Bureau of Standards. Il a l'idée d'utiliser quatre électrodes alignées à égale distance, ce qui simplifie les calculs et permet une étude quantitative de la résistivité électrique.

En 1917, à la même époque, H. R. Conklin, ingénieur électricien, obtient les brevets de base pour une méthode électromagnétique à haute fréquence, afin d'essayer de découvrir des sulfures conducteurs (galène et pyrite) dans le district zincifère et plombifère des deux Dakotas et du Minnesota. Ce sont les premières expériences sérieuses par la méthode électromagnétique. Le circuit primaire d'alimentation, une boucle circulaire de 200 pieds de diamètre,

est posé sur le sol ; le champ magnétique produit à l'intérieur de la boucle se mesure par deux petites bobines chercheuses identiques qui, montées en série, agissent en opposition, reliées par un détecteur à un galvanomètre. Une bobine étant stationnaire, il déplace l'autre le long d'une courbe, de telle sorte que le galvanomètre reste à zéro. Presque tous les procédés en usage aujourd'hui sont inspirés de ce principe.

En 1920, Schlumberger, dans des écrits scientifiques, mentionne pour la première fois le phénomène de polarisation provoquée. Il mesure la décroissance des tensions secondaires dans le sol après interruption du courant primaire. Il en conclut que les potentiels de polarisation sont analogues au-dessus de sols stériles ou de sols contenant des sulfures et abandonne ses recherches. En 1947 seulement, le géophysicien canadien A. A. Brant entreprend des recherches sérieuses sur ces potentiels de polarisation provoquée ou de survoltages, pour la détection des sulfures dispersés. Depuis, de nombreux chercheurs ont perfectionné la technique de polarisation provoquée pour en faire un outil de prospection géophysique utilisé dans le monde entier pour la recherche de gisements de sulfures disséminés.

Les plus récents progrès dans le domaine de la prospection géophysique des sulfures portent sur l'utilisation des champs naturels terrestres. Le géophysicien canadien S. H. Ward décrit pour la première fois en 1958 la méthode A. F. M. A. G. (Audio Frequency Magnetics). Il y travaillait depuis 1948, avec les sociétés American Metal Climax Inc. et McPhar Geophysics Limited de Toronto. La principale source d'énergie provient des décharges de la foudre dans les régions tropicales. Des champs magnétiques de fréquences allant de 1 hertz (1 cycle par seconde) jusqu'aux fréquences radio se propagent dans l'espace entre l'ionosphère et la surface terrestre. La méthode ressemble à une méthode électromagnétique sauf qu'on peut considérer le circuit d'alimentation comme reporté à l'infini. La méthode magnétotellurique, proposée en France par Louis Gagniard en 1953, consiste à comparer les composantes perpendiculaires horizontales des champs magnétiques et électriques associés aux courants telluriques à basse fréquence. Les récents travaux de A. Becker et J. A. Slankis (1967), de la Commission géologique du Canada, ont montré que les méthodes magnétotelluriques et telluriques s'appliquent à la recherche des sulfures conducteurs. La méthode tellurique a de nombreux avantages : elle n'exige pas de source de courant et ne comporte pas de longs conducteurs. Elle est souple, rapide et bon marché et permet d'atteindre de plus grandes profondeurs de pénétration que les méthodes ordinaires de résistivité. La méthode magnétotellurique offre l'avantage de permettre, dans la plupart des cas de stratification horizontale, une interprétation véritablement quantitative.

#### Méthode de la polarisation spontanée

Certaines méthodes de prospection géophysique, telles la méthode magnétique et la méthode gravimétrique,

tirent parti des champs de force naturels. Le géophysicien se fonde sur l'attraction magnétique ou la gravitation inhérentes au corps minéral lui-même. D'autres méthodes, telles les méthodes sismiques et électriques, exigent l'emploi d'appareils spéciaux pour produire un champ artificiel, de manière à mesurer les réactions des corps minéraux à cette force. Cependant, il y a une méthode électrique qui se range dans la première catégorie et qui consiste à observer les champs électriques, c'est-à-dire les courants électriques produits naturellement par certains corps minéraux. C'est la méthode de la polarisation spontanée ou de l'auto-potential. L'expression « polarisation spontanée » signifie que le corps minéral acquiert spontanément une polarité électrique, c'est-à-dire qu'une extrémité devient positive et l'autre négative. L'expression « auto-potential » signifie que le corps minéral produit lui-même un potentiel ou une force électrique.

Notre propos n'est pas d'expliquer les levés par la méthode de polarisation spontanée ni l'interprétation des résultats, qui demandent beaucoup d'expérience. Nous voulons simplement donner au lecteur une idée de son mode d'application, des cas où elle peut servir et de l'évaluation de ses résultats pour l'exploration. Il faut d'abord savoir quels gisements produisent ces courants électriques spontanés. Étant donné que ces gisements sont comme des piles électriques, on peut se faire une idée de leurs caractéristiques géologiques. Une pile, qu'il s'agisse d'une pile ordinaire de lampe de poche ou d'une pile

d'accumulateur, produit des courants électriques parce qu'une ou plusieurs substances métalliques entrent en contact avec une solution acide ou alcaline. Dans le sol, les sulfures ordinaires constituent l'élément métallique et ils y sont en contact avec des solutions légèrement acides à la surface et avec des solutions légèrement alcalines en profondeur. L'acidité des solutions qui se trouvent près de la surface est due à l'humus ou à l'anhydride carbonique puisé dans l'atmosphère ; elle peut être accrue par l'oxydation des sulfures. L'eau contenue dans les roches en profondeur est généralement alcaline par suite de l'action chimique des minéraux rocheux.

Ces solutions en contact avec le conducteur métallique (corps sulfuré) produisent un courant qui descend dans ce corps, pénètre les roches encaissantes et revient à la surface, où il boucle le circuit en revenant au sommet du corps sulfuré. Presque tous les sulfures métalliques conduisent l'électricité et peuvent servir d'élément métallique dans une pile naturelle. La seule exception fréquente est la sphalérite qui n'a pas d'éclat métallique, alors que la plupart des sulfures qui en possèdent sont bons conducteurs d'électricité. Il peut toutefois arriver que la sphalérite constitue une faible pile naturelle. Outre les sulfures, quelques autres minéraux se comportent de la même manière et produisent des courants naturels. Le principal est le graphite ; l'anthracite provoque souvent des courants, ainsi que la pyrolusite et la psilomélane, qui sont des oxydes de manganèse. La magnétite (oxyde de fer), ne

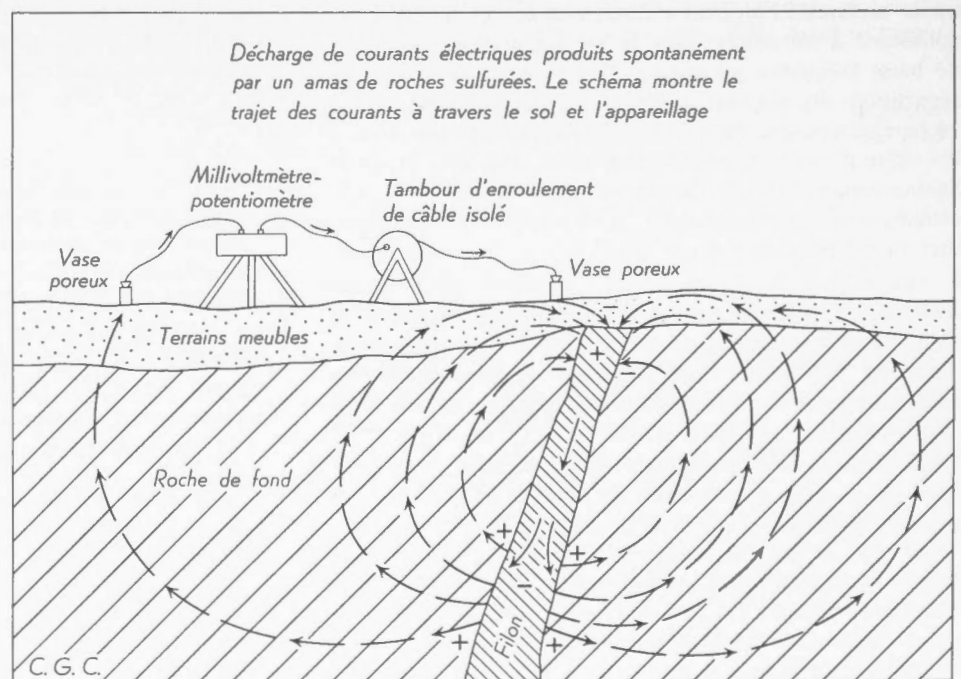


Figure 31  
Emploi de la méthode de polarisation spontanée.

possède pas toujours d'éclat métallique, n'est pas bonne conductrice d'électricité et ne produit pas normalement de courant appréciable par polarisation spontanée.

On dit parfois que la production de ces courants spontanés résulte uniquement de l'oxydation des sulfures, c'est inexact. Le graphite, bon conducteur comme les métaux, produit également, en l'absence de sulfures, un courant qui peut être plus puissant que ceux engendrés par les sulfures.

Le passage de ces courants spontanés dans le corps sulfuré et dans la roche encaissante, et leur retour au sommet du corps sulfuré déterminent un point d'entrée du courant, ou centre négatif, au-dessus du sommet du gisement. L'écart entre le potentiel ou tension de ce centre négatif et celui du sol environnant, à une certaine distance, peut varier de 0,1 volt à environ 0,6 ou 0,7 volt et parfois plus. C'est cette différence de potentiel qui indique la présence en profondeur d'un conducteur métallique, que le géophysicien recherche en procédant à une exploration systématique du sol. Pour mesurer ces faibles potentiels, on utilise un instrument appelé potentiomètre-millivoltmètre, relié à une paire de vases poreux (pots de terre non vernis), qu'on appelle électrodes impolarisables et qui servent à établir le contact électrique avec le sol. Chaque pot est rempli d'une solution saturée de sulfate de cuivre de laquelle dépasse une petite barre de cuivre reliée à l'appareil de mesure. Une des électrodes reste au même endroit, sur le sol, et on inscrit les indications pendant qu'on déplace l'autre électrode, reliée à l'instrument par quelque quinze cents pieds de fil, le long d'une ligne jalonnée, en la mettant en contact avec le sol à intervalles réguliers. D'ordinaire, on fait des observations à intervalles de 50 ou 100 pieds, le long d'une série de lignes parallèles espacées de 50 à 400 pieds, selon le but du levé, l'ensemble des observations formant un quadrillage. Il faut prendre soin de placer les pots sur de la terre fraîche, non sur du terreau en décomposition qui produirait de faibles erreurs de potentiel.

L'intensité des potentiels dépend en grande partie de la concentration des sulfures dans le gisement et nullement de la largeur du gisement. Plus les gîtes sont compacts, plus les potentiels sont élevés. Au fur et à mesure que diminue le pourcentage de sulfures dans un filon ou dans une lentille, la résistance interne croissante causée par les minéraux non conducteurs de la gangue réduit la tension effective. Au-dessus des gisements dont la teneur en sulfures est inférieure à 5 p. 100, il n'y a guère de réactions qui se prêtent à l'interprétation. Le potentiel produit par le gisement et celui qu'on observe à la surface du terrain au cours d'un levé géophysique ne sont pas nécessairement les mêmes. Plus le terrain de couverture est épais, plus l'observateur est loin de la source électromotrice dont il mesure le potentiel. Si le terrain de couverture a plus de 300 pieds d'épaisseur, il peut être impossible d'obtenir en surface des réactions se prêtant à l'interprétation.

L'étendue verticale du gisement de sulfure est un autre élément important. Les poches, les veinules de retrait et les petites lentilles d'une étendue verticale restreinte provo-

quent des foyers locaux d'activité électrique sans grande étendue. D'autre part, de grandes lentilles et des filons continus atteignant des profondeurs considérables produisent des bandes ininterrompues d'activité électrique qui s'étendent aussi notablement en largeur.

Les potentiels observés en surface et leur répartition constituent donc des indices utiles dans l'évaluation des minéralisations sous-jacentes qui les causent. Toutefois, le géophysicien ne peut pas en déduire l'étendue en pieds du gisement sulfureux, ni préciser la teneur en sulfures et encore moins identifier les métaux. Il peut obtenir quelques indications sur le gisement sous-jacent et orienter efficacement les sondages. De toutes les méthodes géophysiques applicables à la recherche des sulfures, la technique de la polarisation spontanée est la plus rapide et renseigne avec une grande certitude sur la présence ou l'absence de dépôts sulfureux. La seule réserve qu'elle appelle, c'est que, s'il y a du graphite dans la région, elle en enregistre également les réactions. On pourra parfois distinguer les formations graphitiques des gisements sulfureux par l'intensité des potentiels ou par leur répartition. Mais cette distinction n'étant généralement pas possible, il faut analyser les résultats en tenant compte du fait que, s'il y a du graphite, il peut être la cause des différences de potentiel observées.

À part le graphite, seuls quelques facteurs sans importance peuvent induire le géophysicien en erreur dans l'interprétation des résultats de la polarisation spontanée. Une pente prononcée introduit quelquefois un effet topographique, minime d'ordinaire, facile à repérer et dont il ne faut pas tenir compte. Par ailleurs, on peut repérer des canalisations métalliques, comme des pipe-lines ; il faut y prendre garde. De l'eau, coulant juste au-dessous de la surface à travers des lits de sable ou de gravier, peut causer de faibles potentiels, mais on ne peut guère les confondre avec les potentiels plus forts provoqués par des gisements sulfureux. Si ces derniers se trouvent sous l'eau des lacs, il n'est pas possible d'ordinaire de recourir à cette méthode, sauf en hiver sur la glace.

La principale application de la technique de la polarisation spontanée est donc la recherche directe des gisements sulfureux. Sa rapidité, sa simplicité et sa précision la rendent très utile à cette fin. On peut aussi l'utiliser pour se faire une idée de la structure des formations cachées de la roche de fond, par exemple, lorsque les sulfures eux-mêmes ou les formations graphitiques ont participé à des bouleversements ou des plissements, ou lorsqu'ils se sont déposés sélectivement en ces endroits. Parfois, le repérage des horizons graphitiques fournit des données stratigraphiques ou structurales qui aident à découvrir les formations rentables qui leur sont associées.

En effectuant des études de polarisation spontanée, le géophysicien observe certaines réactions physiques à l'intérieur d'un gîte minéral. Il ne peut ni voir, ni analyser les minéraux, et les réactions physiques qu'il observe indiquent tout simplement la présence possible d'un certain genre de minéraux, les sulfures. De plus, rien n'indique le volume du minéral qui provoque les réactions. Il faut

alors examiner les résultats géophysiques à la lumière de toutes les données géologiques pour savoir si on peut croire à la présence de tel minéral et si les conditions indiquent une minéralisation importante.

### La méthode des résistivités

Lorsqu'on applique une tension électrique à un échantillon, un courant passe au travers. Le rapport entre la tension nécessaire pour faire passer ce courant dans l'échantillon et l'intensité du courant lui-même s'appelle la « résistivité » de la substance. C'est la mesure de la résistance offerte par la substance au passage du courant. On l'exprime en ohms-centimètre ou en ohms-mètre.

La plupart des matières rocheuses, quand elles sont parfaitement sèches, constituent d'excellents isolants. Dans presque toutes les roches, des cavités microscopiques, les pores, séparent les constituants minéraux distincts ou grains. Le rapport entre le volume des grains massifs de minerai et les pores dans l'ensemble de la masse rocheuse dépend de la grosseur et de la forme des grains et de la compacité de la roche. On trouve dans les pores une quantité appréciable d'eau contenant divers sels en solution, même au-dessus de la nappe phréatique permanente, c'est-à-dire du niveau au-dessous duquel on trouve toujours de l'eau dans la roche ou le terrain de couverture à un endroit donné. C'est à cause de ces solutions que toutes les roches à l'état naturel sont dans une certaine mesure conductrices d'électricité. C'est la conductivité « ionique ». Il va de soi que plus une roche est poreuse ou fissurée, plus elle peut contenir d'eau et moins elle offre de résistance au passage d'un courant électrique. On peut souvent reconnaître les différentes formations à leur différence de résistivité, qui indique une différence générale de porosité moyenne. Toutefois, l'état physique d'une masse rocheuse variant souvent d'un endroit à l'autre, il n'est pas toujours possible d'affirmer qu'un genre particulier de roche se caractérise par telle ou telle gamme étroite de résistivité. On peut constater souvent pour un même genre de roche une variation de un à dix de la valeur de résistivité.

Les sols, les marais, les lacs et les cours d'eau ont généralement une résistivité beaucoup plus faible que la roche consolidée sous-jacente. En général, les roches ignées ont une résistivité supérieure à celle des roches sédimentaires. La résistivité de ces dernières augmente fréquemment avec l'âge ; en effet, elles deviennent plus compactes avec le temps. Les roches du Bouclier précambrien comptent parmi les plus résistantes du monde au passage du courant électrique. Leur résistivité atteint parfois cent millions d'ohms-centimètre. À l'autre extrémité de l'échelle, le schiste salin de formation beaucoup plus récente a des résistivités de moins de cent ohms-centimètre.

Il y a dans les roches un grand nombre d'éléments constitutifs conducteurs d'électricité (même parfaitement secs), tels le graphite, nombre de sulfures métalliques et



Unknown

Planche LXIII Emploi de la méthode des résistivités.

quelques oxydes métalliques. Ils possèdent une conductibilité « électronique » analogue à celle des métaux eux-mêmes. Pris dans leur ensemble, ces minéraux sont meilleurs conducteurs que la roche stérile. On peut donc les distinguer facilement de la roche, leur résistivité étant beaucoup moindre.

### Emploi de la méthode sur le terrain

On peut faire passer un courant dans la terre en reliant un générateur de courant continu ou de courant alternatif à basse fréquence à deux bornes de contact, comme des tiges métalliques fichées en terre. Si le terrain entre les deux électrodes est homogène, le courant passera d'une façon théoriquement prévisible. Ce passage du courant provoque des variations de tension dans le voisinage des électrodes et entre elles. On peut les prévoir théoriquement, car elles dépendent de la distance entre les tiges, du courant total et de la résistivité de la substance. En mesurant ces variations de potentiel à la surface du sol, on peut donc déduire la résistivité du sol dans le voisinage des tiges, si l'on connaît les autres facteurs en cause. Comme il n'existe pas, dans la nature, de roche parfaitement homogène, la résistivité électrique indiquée sera plus ou moins grande selon l'endroit où les mesures seront prises. Dans ces conditions, on peut faire le calcul comme si le milieu était parfaitement homogène ; mais il faut alors considérer le

résultat obtenu comme la « résistivité apparente » du milieu dans la zone qui fait l'objet des mesures. Ces résistivités apparentes seront moindres à proximité des terrains plus poreux, des plans de failles, des zones de brèches et aux endroits où il y a des concentrations de conducteurs électroniques précités.

On emploie généralement au Canada deux électrodes distantes de 7 000 à 15 000 pieds. La ligne qui les relie est perpendiculaire à l'orientation des formations dans la région. On effectue les mesures de potentiel dans la région centrale, le long de lignes également perpendiculaires à l'orientation des formations, les électrodes restant fixes pendant toute la durée des travaux. Selon une autre méthode de levé très répandue ailleurs, on déplace les électrodes et les points de mesure du potentiel sur le terrain à étudier, l'espacement relatif demeurant constant. Cette dernière méthode permet de déterminer la profondeur de pénétration en variant l'espacement entre les prises de terre ; ainsi on peut capter les effets qui se produisent à une certaine profondeur. Cependant, on utilise très peu cette méthode au Canada, car la conductivité généralement élevée du manteau meuble qui recouvre presque toute la région du Bouclier exerce une action défavorable.

Les méthodes fondées sur la résistivité servent à la recherche des sulfures de métaux communs ; on les a cependant employées pour la recherche de minéraux dotés d'une résistivité élevée, comme l'hématite et les filons de quartz. On s'en sert de plus en plus pour des travaux de génie, par exemple pour établir l'épaisseur des terrains glaciaires à l'emplacement des barrages ou ailleurs et pour la recherche de formations aquifères.

### Interprétation

Le principal obstacle à l'interprétation des travaux fondés sur la résistivité provient des écarts par rapport aux valeurs normales pour un milieu donné, écarts que l'on appelle « anomalies » et qui peuvent avoir pour cause, non seulement les matières recherchées comme les sulfures métalliques, mais aussi des masses sans valeur économique. Une zone étroite de forte conductivité, un filon de sulfures massifs par exemple, peut causer le même genre d'anomalie qu'une zone de cisaillement plus étendue mais de plus faible conductivité. Il s'agit dans ce cas d'un effet de « saturation » qui modifie les valeurs de résistivité. Ce facteur ne joue plus quand la largeur d'une zone dépasse sa profondeur, car on peut alors établir la véritable résistivité de la zone à partir des mesures effectuées en surface et distinguer ainsi une concentration de sulfures d'une zone de failles ou de cisaillement qui ne contient pas de sulfures. Même dans des conditions aussi favorables, on ne peut pas toujours savoir s'il s'agit de masses concentrées de sulfure ou de graphite, de sulfures disséminés ou d'une zone de failles ou de cisaillements.

Une vallée creusée dans la roche de fond, puis remplie de 50 à 100 pieds d'alluvions, peut produire des anomalies de résistivité de même ampleur que celles provoquées par de petites masses de sulfures dans la roche en place.

Dans la pratique et dans l'interprétation, on ne tient pas assez compte de ces éléments, et on est déçu lorsque les sondages révèlent qu'il n'y a pas de sulfures à l'endroit des anomalies. Si ces éléments sont bien compris, aussi bien de ceux qui commandent les levés que de ceux qui les effectuent, les méthodes fondées sur la résistivité constituent réellement une façon simple, peu coûteuse et relativement rapide de rechercher des métaux communs.

### Méthodes électromagnétiques

Tout courant électrique passant dans un fil crée un champ de force magnétique dans le voisinage de ce fil. Électricité et magnétisme sont étroitement liés. À partir de ce principe, les premiers géophysiciens ont conçu un appareil pour la recherche des sulfures massifs.

On fait passer un courant électrique dans le sol entre deux piquets métalliques convenablement espacés. En mesurant l'intensité du champ magnétique à la surface du sol, on peut savoir s'il y a un bon conducteur d'électricité dans le sous-sol. On espère que ce bon conducteur d'électricité soit constitué par des sulfures. Ces premières méthodes ont connu des succès. Avec les derniers perfectionnements, la méthode électromagnétique a trouvé un vaste champ d'application dans les régions susceptibles de contenir les métaux communs.

On a constaté qu'il n'est pas nécessaire, pour que le courant circule dans le sol, de l'y faire pénétrer au moyen de piquets métalliques, et qu'un courant alternatif parcourant une boucle de fil suspendue au-dessus du sol fait naître des courants dans les gisements conducteurs souterrains. C'est le phénomène de l'induction. L'application de cette méthode comporte les étapes suivantes :

- 1) Le courant alternatif parcourant la boucle crée un champ magnétique alternant (champ magnétique primaire) dans le voisinage de la boucle ;
- 2) Le champ magnétique primaire crée des courants qui traversent tout conducteur souterrain.

Les courants induits circulant dans un conducteur souterrain créent un champ magnétique (champ magnétique secondaire), mesurable à la surface du sol. Il n'y a de champ secondaire que s'il y a un excellent conducteur électrique dans le sous-sol.

Pour mesurer les champs magnétiques, on emploie un appareil indicateur qui se compose d'une « bobine exploratrice », raccordée soit à un voltmètre sensible, soit à une paire d'écouteurs. L'intensité du champ magnétique qui traverse la bobine exploratrice se manifeste soit par la déviation de l'aiguille du voltmètre, soit par l'intensité du signal perçu dans les écouteurs.

Une technique fréquente au Canada consiste à suspendre verticalement une bobine à multiples spires de fil à un mât convenablement étayé. Un fort courant alternatif, lancé dans cette bobine, crée un champ magnétique alternant appelé champ primaire, dans le voisinage de la bobine. Si une masse fortement conductrice, un massif



Planche LXIV Emploi de la méthode électromagnétique (photo de la Lockwood Survey Corporation Limited).

de sulfures par exemple, se trouve à proximité de la bobine, elle est le siège de courants induits qui créent à leur tour un autre champ magnétique alternatif, connu sous le nom de champ secondaire. S'il est assez fort, le champ secondaire peut déceler le champ magnétique primaire. Ce décalage se mesure en termes « d'inclinaison ». Les paragraphes qui suivent montrent comment effectuer ces mesures.

Comme l'indique la figure 32, le champ magnétique produit par un courant qui parcourt un long fil se propage concentriquement autour du fil. En n'importe quel point du champ, une bobine exploratrice sera le siège d'un courant d'induction qui sera fonction de la fréquence du courant alternatif dans la bobine inductrice, du nombre de spires de la bobine exploratrice, de ses dimensions et de l'angle qu'elle forme avec les lignes de force. La figure montre la bobine exploratrice dans des positions où le courant induit est au minimum. On peut remplacer le fil par une forte masse de sulfures. Dans la pratique, cependant, le processus est plus compliqué, car le champ secondaire provoqué par le massif conducteur se superpose au champ primaire créé par la bobine verticale.

Également nous y illustrons par hypothèse un cheminement au niveau du sol, perpendiculairement au conducteur. La direction des champs primaire et secondaire est

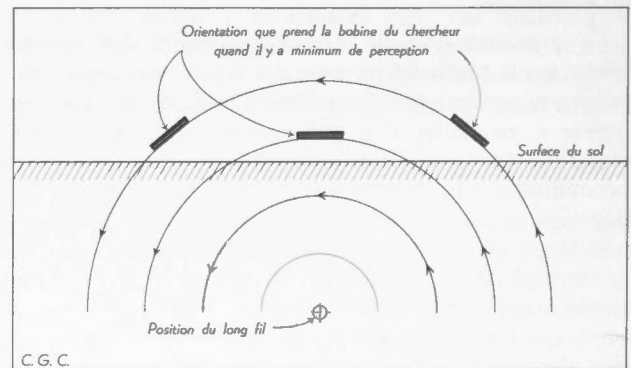


Figure 32. Schéma théorique de la méthode électromagnétique.

indiquée par des flèches de longueur proportionnelle à l'intensité de ces champs. La direction et l'intensité du champ résultant (champ décalé), sont calculées par la méthode du « parallélogramme des forces ». Les flèches résultantes sont parallèles au plan de la bobine exploratrice lorsqu'on la fait tourner dans une position où aucune des lignes de force du champ produit ne la recoupe. Dans ces positions, aucun courant n'est induit dans la bobine exploratrice et les écouteurs n'enregistrent aucun signal sonore.

En inclinant la bobine exploratrice dans une direction quelconque et en s'écartant de la position où le courant est au minimum, on perçoit un signal dans les écouteurs.

L'angle entre le vecteur résultant et l'horizontale, à un point donné, s'appelle inclinaison du champ et représente, une fois déterminé, la mesure de base pour la recherche de massifs conducteurs. La courbe caractéristique de la figure 33 représente la façon dont l'inclinaison du champ varie au cours d'un cheminement au-dessus d'un massif de sulfures. Au-dessus d'un terrain stérile, l'inclinaison du champ est presque nulle. Elle augmente à proximité d'un conducteur, puis, directement au-dessus, retombe à zéro. Elle augmente en sens opposé au-delà du conducteur et finalement elle revient à zéro loin du conducteur.

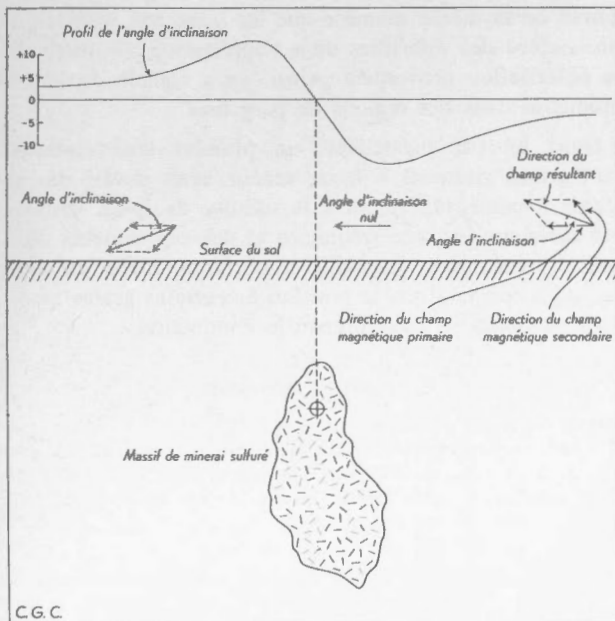


Figure 33. Cheminement hypothétique au-dessus d'un massif de minerai sulfuré.

#### Utilisation sur le terrain

Les élévations et autres accidents topographiques inclinent le champ électromagnétique. Pour surmonter cette difficulté, il faut orienter pour chaque observation le plan de la bobine inductrice, de manière qu'il passe par le point d'observation. Si l'on connaît, à quelques pieds près, l'emplacement de la bobine inductrice et de la bobine exploratrice, on peut orienter la bobine inductrice de manière à rendre les erreurs négligeables, même en terrain très accidenté. On interprète donc les profils d'inclinaison directement, sans correction topographique ou autre. Lorsque les bobines sont bien orientées, l'apparition d'une inclinaison du champ révèle un corps conducteur.

Sur le terrain, on installe la bobine inductrice à un endroit convenable et on effectue des cheminements le long de lignes coupant à angle droit la direction générale de la

formation ou de la structure à étudier, de chaque côté de l'emplacement de l'émetteur. Les lignes sont généralement espacées de 400 pieds pour un levé de reconnaissance ; on les rapprochera pour une étude plus détaillée. Sur une ligne donnée, on ne s'écarte généralement pas de plus de 2 000 pieds de la bobine émettrice. Il faut donc déplacer celle-ci plusieurs fois pour faire une étude complète d'une concession minière.

#### Possibilités et limites de la méthode

La méthode électromagnétique que nous venons de décrire sert surtout au repérage d'excellents conducteurs d'électricité, comme les massifs de sulfures métalliques ou de magnétite. On peut cependant l'utiliser avec profit pour rechercher des matières d'une conductibilité moyenne, en choisissant bien la fréquence du courant alternatif qui alimente la bobine émettrice. En général, plus la conductibilité électrique du gisement est faible, plus doit être élevée la fréquence du courant dont on alimente le dispositif électromagnétique. Au-delà d'une certaine limite, cependant, il ne sert à rien d'augmenter la fréquence, car le terrain de couverture, les zones de cisaillements, les failles et autres zones à faible conductivité suscitent des anomalies qui obscurcissent les résultats. La plupart des levés électromagnétiques se font à une fréquence de 1 000 hertz. Avant d'appliquer la méthode sur une grande échelle, il faut d'abord déterminer la fréquence la plus appropriée dans la région à étudier.

Avec une fréquence de 1 000 hertz, les terrains marécageux et autres accidents topographiques ne donnent pas d'indications parasites, ou très peu. On peut presque toujours utiliser avec succès la méthode électromagnétique, quelles que soient les conditions topographiques ; c'est là un de ses principaux avantages sur les autres méthodes électriques.

Les zones de cisaillements où se trouve du graphite et les horizons sédimentaires provoquent souvent des anomalies électromagnétiques (c'est aussi le cas pour les autres méthodes électriques). La méthode utilisant la fréquence de 1 000 hertz n'indique pas les plans de contact entre deux types de roches à moins que l'un ne soit un excellent conducteur ou encore qu'il y ait un excellent conducteur le long du plan de contact. Ainsi, cette méthode ne renseigne pas sur la structure géologique comme la méthode des résistivités, à moins que d'excellents conducteurs comme les sulfures, la magnétite ou le graphite ne rendent perceptibles les changements de structure. La fréquence de 1 000 hertz permet, à l'occasion, de déceler des failles.

L'interprétation de données fournies par les levés électromagnétiques s'appuie généralement sur l'expérience et sur les résultats d'expériences faites sur des modèles réduits. Ces expériences sont effectuées en laboratoire dans des conditions bien précises ; elles permettent aux géophysiciens de déterminer la nature générale des anomalies auxquelles on peut s'attendre dans bon nombre de cas types. Une étude électromagnétique permet souvent



de déterminer l'importance, la forme et la profondeur d'un conducteur par comparaison avec les données obtenues sur un modèle. On doit ensuite analyser ces conclusions en tenant compte des données géologiques disponibles.

La méthode électromagnétique est idéale pour le repérage de massifs de sulfures ou de magnétite. Avant de l'utiliser à grande échelle dans une région, il faut déterminer la fréquence à appliquer. On peut souvent évaluer les chances de succès et déterminer la fréquence appropriée par une étude portant à la fois sur la structure géologique générale et sur les genres de roches et de minerais de la région. Comme le montre l'exposé ci-dessus, l'application de cette méthode et l'interprétation des données recueillies exigent de l'expérience.

#### Ouvrage à consulter

Bosschart, R. A.

« Ground EM prospecting — Selection and adaptation of methods », *Mining in Canada*, décembre 1968, pp. 13 à 19.

#### Méthodes de polarisation provoquée

Les levés par polarisation provoquée, ayant permis de découvrir beaucoup de massifs de minerais, se sont généralisés ces dernières années. Ils viennent d'une ancienne technique qui a été perfectionnée. Ils se limitent à la prospection au sol et conviennent particulièrement pour certains genres de gîtes épars. Les premiers essais remontent aux années 1920. Ils ont été repris vers 1948, les levés électromagnétiques ayant donné des résultats médiocres pour des gisements de cuivre aux États-Unis.

Les méthodes de polarisation provoquée se fondent sur le principe suivant lequel la diminution d'intensité est graduelle et mesurable si on interrompt le courant électrique qui traverse certains types de sol entre des électrodes placées à la surface. Ce phénomène est dû à des réactions électrochimiques dans l'eau souterraine qui contient des électrolytes dissous et qui entoure des grains disséminés de certains minéraux. Le courant provoque une surtension qui diminue ensuite. Le phénomène tient à ce que l'eau interstitielle laisse passer les ions et à ce que les minéraux sulfurés et le graphite sont conducteurs. La méthode est particulièrement efficace si les grains de minéraux métallifères sont disjoints, avec des zones de grande surface à effets ioniques importants et si la roche magasin a une certaine résistivité. Le courant est introduit par des tiges de

métal, et le potentiel se mesure entre des électrodes impolarisables placées dans des vases poreux qu'on dispose de la même façon que pour les études de résistivité. Certaines méthodes servent à mesurer les distorsions ondulatoires pendant une courte période.

On a établi à partir d'essais en laboratoire les « facteurs métalliques » caractéristiques de divers minéraux. En voici quelques-uns :

granite normal	1 — 5
roches mafiques normales	5 — 50
sulfures finement disséminés	50 — 100
sulfures normalement disséminés	100 — 20 000
fissures remplies de sulfures	1 000 — 10 000

Le graphite, la séricite, la serpentine et la chlorite réagissent de la même manière que les minéraux sulfurés, ce qui soulève des difficultés dans l'application des méthodes de polarisation provoquée. Ainsi, on a signalé de fausses anomalies dans des régions de pergélisol.

Dans un cas particulier, un premier levé au-dessus d'un grand gisement à basse teneur avait donné des résultats à peine supérieurs à la mesure de fond, mais un levé ultérieur par une fréquence et des espacements différents a révélé une anomalie importante. Dans un autre cas, on a constaté que la position de certains grains arrondis (colloformes), interrompait la conduction.

#### Ouvrages à consulter

Collett, L. S.

*The induced polarization and imput methods in geophysical exploration*, dans *Guides to mineral exploration*, Commission géol. du Canada, étude 65-6, 1965, pp. 84 à 100.

Fountain, D. K.

« The application of the induced polarization method at Brenda Mines, British Columbia », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, février 1968, pp. 153 à 157.

Hallof, P. G.

« Induced polarization valued prospecting aid », *Northern Miner*, numéro spécial annuel, 1961, pp. 70-71.

« The use of the induced polarization method to find ore under Lake Chibougamau », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, mai 1966, pp. 575 à 578.

Siegel, H. O. et coll.

« Discovery case history of the Pyramid ore bodies, Pine Point, Northwest Territories, Canada », *Geophysics*, vol. XXXIII, n° 4, 1968, pp. 645 à 656.

POST  
NO 1

RENA

NO 35

STAKED  
BY

W. WYLIE  
LIC NO.  
20994

FOR

RENA  
TENNESSEE

LIC  
NO  
20

BY  
A TENNESSEE

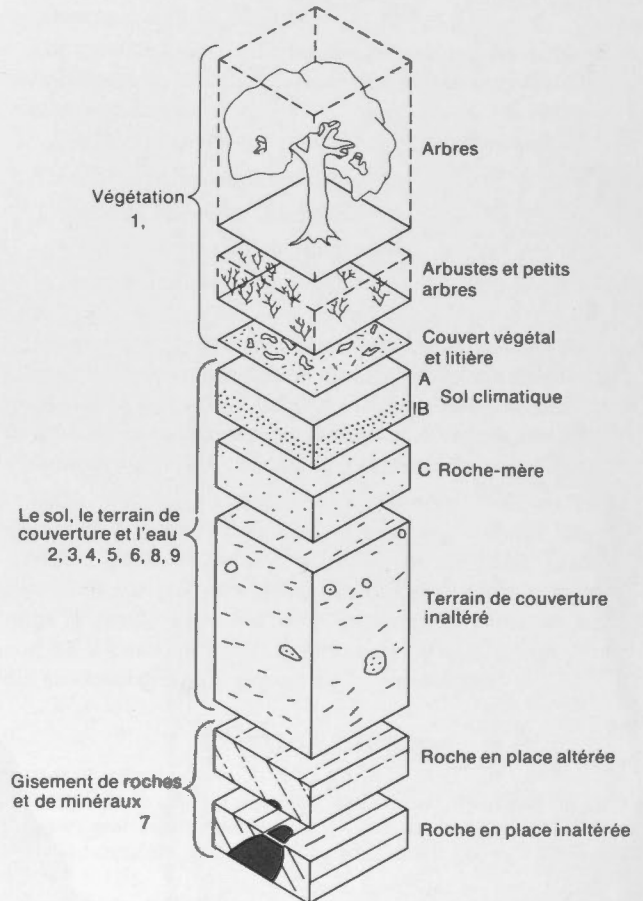
FOR  
RENA

## INTRODUCTION

Les méthodes de prospection géochimique se fondent sur la présence habituelle, dans le voisinage d'un gîte minéral, de très faibles quantités d'un ou de plusieurs de ses éléments composants — éléments décelables en maints endroits : roches encaissantes, sol ou autres couches de couverture, sédiments alluvionnaires, eau, végétation. La prospection géochimique est une application pratique de la géochimie générale, laquelle traite de façon plus théorique des rapports entre la chimie et la géologie, en particulier des interrelations entre les éléments constitutifs primaires et secondaires des roches et des gîtes minéraux. Certains auteurs appellent la géochimie générale, géochimie « pure » ou « classique » et considèrent la prospection géochimique comme une branche de la « géochimie appliquée ».

Si la géochimie pure n'a trouvé sa place au sein de la géologie et de la chimie qu'à la fin du siècle dernier, elle n'en va pas moins croissant à grands pas. D'après Goldschmidt, l'un des pionniers de cette science, la géochimie permettrait notamment de déterminer les quantités absolues et relatives des différents éléments présents dans la terre et d'étudier la répartition et la migration de ces éléments dans les différentes sphères du globe. Ces sphères comprennent les roches (lithosphère), les eaux de surface ou de roche (hydrosphère), les gaz (atmosphère), et les êtres vivants (biosphère).

Nous devons aux pays scandinaves et à la Russie la mise au point, au début de notre siècle, des méthodes modernes de prospection géochimique. Les anciens chercheurs de minéraux lourds, très attentifs au goût, à l'odeur et à la couleur de l'eau dans le voisinage des gîtes minéraux, fins observateurs de la végétation environnante, procédaient par lavages à la batée. Précurseurs des méthodes modernes, ils en pressentaient déjà l'utilisation éventuelle. En Scandinavie, on dressa des chiens à déceler le soufre dans les fragments de minéraux sulfurés des dépôts glaciaires, tandis qu'en Irlande les études géochimiques de reconnaissance naquirent, dit-on, à partir du taux de mortalité observé chez les oiseaux de basse-cour après absorption de terre plombifère.



## MÉTHODES DE PROSPECTION GÉOCHIMIQUE

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1. Géochimie des plantes    | 6. Géochimie des terrains de couverture                      |
| 2. Géochimie des sols       | 7. Géochimie des roches                                      |
| 3. Géochimie des tourbières | 8. Etude des indicateurs de minéraux - dans tous les milieux |
| 4. Géochimie de l'eau       | 9. Repérage des boulders, etc.                               |
| 5. Géochimie des alluvions  | C.G.C.   |

Figure 34. Dessin schématique montrant les différents milieux étudiés par des méthodes de prospection géochimique (modifié d'après J. A. C. Fortescue).

Vers 1945, alors que diminuaient, au Canada comme aux États-Unis, les possibilités de découvrir des affleurements selon les méthodes ordinaires, on a commencé à s'intéresser sérieusement aux possibilités de la prospection géochimique. Jusque-là satisfaits des autres procédés, les Canadiens n'avaient recouru qu'une fois, lors d'une étude faite à Terre-Neuve en 1940, à la prospection géochimique. Au surplus, on considérait que l'intense glaciation à laquelle avait été soumise la plus grande partie du Canada était un handicap majeure ; on ne pouvait donc travailler qu'à partir de l'échantillonnage des roches. Cependant la

recherche a démontré que certaines régions étaient exemptes de telles complications et que, dans d'autres cas, les difficultés n'étaient pas insurmontables. Comme nous l'avons expliqué à la page 129, une étude récente a révélé que sur 56 mines mises en exploitation entre 1956 et 1966, et connues depuis 1945, huit avaient fait l'objet de travaux de prospection combinés, dont six empruntant les méthodes de prospection géochimique. Récemment des méthodes combinées où dominait la prospection géochimique ont permis la découverte de nouvelles zones favorables ; soulignons aussi que sa simple contribution a été fort appréciée dans d'autres projets d'importance. Au Canada on ne relève aucune découverte exclusivement attribuable à la prospection géochimique. En 1945, Warren et ses collaborateurs consacrèrent les premières recherches aux possibilités de détection par la végétation, dans la région de la Cordillère. Suivent, peu après, divers travaux selon différentes méthodes, entrepris dans plusieurs parties du Canada par Riddell, Boyle et son équipe de la Commission géologique du Canada. D'autres ont apporté plus récemment leur contribution ; citons à cet égard Sutherland Brown, dont les recherches ont fait progresser sensiblement l'étude des sols près des gîtes minéraux connus de la Colombie-Britannique ; les importants travaux de prospection géochimique entrepris par la Kennco Exploration (Canada) Limited, dans diverses parties du pays ; par la New Jersey Zinc Limited, au Nouveau-Brunswick ; par l'Atlas Explorations Limited et ses sociétés affiliées, au Yukon. Nombre d'autres compagnies ont également entrepris des études de moindre envergure.

La prospection géochimique a pour objet de révéler des dispersions d'éléments, notamment des métaux, en quantités suffisamment grandes pour être considérées comme des anomalies. Les anomalies géochimiques offrent un avantage certain : elles se manifestent généralement sur des étendues beaucoup plus vastes que le gisement lui-même, élargissant ainsi le champ d'action des futurs prospecteurs. La concentration d'une anomalie n'est pas en rapport direct avec la richesse du gisement correspondant, car de nombreux autres facteurs entrent en ligne de compte. La prospection géochimique exige, outre le prélèvement systématique d'échantillons, l'analyse d'un grand nombre de ces échantillons selon des méthodes relativement rapides, économiques et fiables, mais dont l'interprétation relève de l'expert. D'une façon générale, les analyses géochimiques n'ont pour but que la délimitation et l'indication d'un objectif, laissant aux autres analyses le soin de préciser les données essentielles à l'évaluation et à l'exploitation. Elles doivent cependant permettre d'évaluer même les très faibles concentrations.

La plupart des analyses géochimiques sont confiées à des laboratoires permanents ou mobiles où travaillent des techniciens dirigés par un ou plusieurs chimistes ou géochimistes. Il existe plusieurs types de trousses portatives que l'on peut utiliser sur le terrain et qui se sont révélées très utiles pour certaines études systématiques, lorsque les essais doivent s'effectuer sur le lieu de l'échantillonnage ou dans un camp. Elles ne sont pas conçues pour des essais au hasard ; de tels essais sont parfois possibles et fructueux, grâce à l'emploi d'un détecteur de radioactivité ou d'une



Planche LXV  
Petites trousses géochimiques portatives (Clive Peacock Photography Limited).

lampe à l'ultraviolet qui décèlent la présence d'uranium ou de tungstène. À notre connaissance, les trousseaux géochimiques n'ont été réellement efficaces que lors d'essais exécutés par des géochimistes, des géologues ou des ingénieurs ou sous leur surveillance immédiate. Il existe depuis peu des cours abrégés et des cours complets sur l'utilisation des trousseaux géochimiques, conçus à l'intention des personnes sans formation universitaire ; il est encore trop tôt pour juger de leur valeur. Les experts que nous avons consultés s'accordent à dire qu'après avoir suivi ces cours, les personnes ayant les aptitudes et la formation nécessaires devraient être en mesure d'accomplir un travail satisfaisant dans certains domaines. Le succès n'est vraiment assuré cependant que si l'on choisit les bonnes méthodes et que si les géochimistes des sociétés ou des géochimistes-conseils interprètent les résultats. Les mêmes experts disent aussi que le profane peut très bien apprendre par lui-même à se servir des trousseaux géochimiques, mais qu'il opérerait là pour la méthode de formation la plus difficile.

#### Ouvrages à consulter

- Résumés et programme, symposium sur la prospection géochimique ; Comité national consultatif sur la recherche en sciences géologiques, Commission géologique du Canada, 1966.
- Boyle, R. W.  
Geochemical prospecting — retrospect and prospect, *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXX, 1967, pp. 1 à 6.
- Boyle, R. W. et Smith, A. Y.  
The evolution of techniques and concepts in geochemical prospecting, dans *The earth sciences in Canada*, Société Royale du Canada, publication spéciale n° 11, 1968, pp. 117 à 128.
- Boyle, R. W. et coll.  
Huit exposés sur la géochimie régionale au Canada, Commission géologique du Canada, étude 62-23, 1963.  
Résumé succinct, certains exposés étant des versions condensées de publications mentionnées plus loin dans ce même chapitre.
- Derry, D. R.  
*Geochemistry — The link between ore genesis and exploration*, Third International Geochemical Symposium, 1970.
- Fortescue, J. A. C.  
« The role of geochemistry in exploration architecture », *Bull. Inst. Min. Met.*, janvier 1967.
- Ginsberg, I. I.  
*Principles of geochemical prospecting*, New York, Pergamon, 1960.  
Version anglaise d'un manuel russe.
- Hawkes, H. E. et Webb, J. S.  
*Geochemistry in mineral exploration*, New York, Harper et Row, 1962.  
Manuel d'usage courant, d'après les recherches et les travaux pratiques effectués dans plusieurs pays.
- Kraustopf, K. B.  
*Introduction to geochemistry*, Toronto, McGraw-Hill, 1967.
- Kvalheim, A. (rédacteur)  
*Geochemical prospecting in Fennoscandia*, Interscience Publishers, 1967.  
Catalogue des cartes et rapports géochimiques, Commission géologique du Canada, 1966.
- Un catalogue des études, bulletins, mémoires et cartes qui décrivent les travaux de géochimie effectués par la Commission géologique du Canada.
- Riddell, J. E.  
« Geochemical prospecting methods employed in Canada's glaciated terrains », *Mining Eng.*, vol. XII, n° 11, novembre 1960, pp. 1170 à 1172.  
*Symposium de exploracion geoquimica*, Congrès international de géologie, XX<sup>e</sup> session, 3 volumes, 1959.  
L'exposé le plus complet sur le sujet, à ce jour.
- Warren, H. V. et coll.  
« Geochemistry in mineral exploration », *Western Miner*, février 1966, pp. 22 à 26, et juin 1966, pp. 36 à 40.  
Étude qui traite surtout des récentes recherches consacrées aux méthodes d'analyse des sols et de la végétation en Colombie-Britannique.

## DISPERSION ET ANOMALIES

### Halos de dispersion

#### *Halos primaires*

Souvent une zone ou un halo de roche contient de faibles quantités (traces) d'un ou de plusieurs éléments d'un gîte et recouvre entièrement ou partiellement le gîte en question. Généralement, il s'agit alors de gîtes formés en même temps que leurs roches encaissantes (gîtes syngénétiques) et d'autres qui ont pénétré ultérieurement la roche (gîtes épigénétiques). On appelle les zones de ce genre halos primaires parce que leur formation est contemporaine à celle du gîte lui-même et parce qu'elles se trouvent dans le même milieu, c'est-à-dire la roche. Un halo primaire peut encaisser un gîte d'une façon assez uniforme. Il peut aussi suivre une strate, une fracture, une faille ou toute autre structure particulièrement favorable à la migration des fluides ; dans ces cas, ce sont les fluides qui mènent au gîte (épigénétique). On nomme parfois halos de dispersion les halos primaires qui empruntent une pente ascendante.

Les zones d'altération de la roche encaissante ont fait l'objet du chapitre XI. On ne peut pas établir de distinction nette entre l'altération de la roche encaissante et les halos de dispersion primaires. Toutefois, les zones d'altération se reconnaissent d'ordinaire à l'œil nu ; ou bien elles présentent certaines caractéristiques décelables au microscope ou par l'analyse des principaux éléments de la roche altérée. Les principales caractéristiques d'un halo primaire demeureraient probablement invisibles, même au microscope ; on ne saurait les déceler que par l'analyse des éléments présents sous forme de traces. Bien qu'il n'existe aucune donnée statistique à ce sujet, on peut dire que les halos de dispersion couvrent, en général, une plus grande étendue que la plupart des halos d'altération. Les proportions d'un halo peuvent n'avoir qu'un rapport éloigné avec l'étendue ou la richesse d'un gîte, car la dispersion dépend de facteurs nombreux et importants : mobilité d'un élément donné, liaison chimique avec le gîte, perméabilité des roches ou des structures.

Certains géochimistes, principalement en U. R. S. S., considèrent que l'appellation « halo de dispersion primaire »

ne correspond pas toujours exactement à la réalité ; ils lui préfèrent des expressions telles que « zone de répartition » et « zone de minéralisation métallifère ».

### *Halos secondaires*

Les halos secondaires proviennent de la dispersion d'un ou de plusieurs éléments, dispersion due aux phénomènes d'altération. Nous employons ici le terme altération dans son sens le plus large, incluant les processus qui président à la formation des sols ainsi que la circulation souterraine de l'eau dans les porosités et les fractures de la roche ; car c'est de cette façon que les éléments d'un gîte minéral ou d'un halo primaire se déplacent ou se déposent pour former des halos secondaires. Bien que dans certains cas la dispersion secondaire se produise dans la roche, les halos secondaires se développent en général dans la matière superficielle ou dans d'autres milieux, suivant l'un des processus énumérés ci-après. Ils peuvent se former dans le sol par suite de l'usure des roches et des dépôts minéraux qui y sont contenus, ou encore dans des sols où l'eau a pénétré après avoir traversé des gîtes minéraux ou des halos primaires. Les halos secondaires résultent aussi de causes mécaniques comme les éboulis, le gel ou la glaciation ; ils prennent tantôt la forme de *cônes d'éboulis*, lorsque les matériaux décelables forment un triangle ; tantôt celle de *traînée*, que la dispersion suive une ligne droite ou irrégulière. On appelle parfois « petits galets » les grains fins porteurs de métaux. L'étude géochimique de la configuration des dispersions mécaniques fait partie des méthodes visuelles ; nous en parlons dans les chapitres touchant les méthodes de prospection ordinaires et les travaux géologiques. Les applications géochimiques portent sur des dispersions tellement faibles qu'elles exigent des méthodes précises d'échantillonnage des sols ainsi qu'une analyse poussée des échantillons eux-mêmes ; elles requièrent habituellement la collaboration d'un géologue spécialiste de la glaciation ainsi que celle d'un géochimiste. D'autres genres de halos secondaires se forment dans les sédiments alluvionnaires, les cours d'eau, les lacs, les marécages, les fondrières et la végétation. On étudie également la possibilité de déceler certains gîtes minéraux à partir des émanations gazeuses qu'ils produisent. Un élément donné peut être sujet à la dispersion (*mobilité*), parce que de nombreux facteurs entrent ici en ligne de compte : liaison chimique avec d'autres éléments qui peuvent en accélérer ou en retarder la mobilité ; solubilité des sels qu'il contient ; acidité de la roche, de l'eau ou du sol ; oxydation plus que probable ; jeu des matières organiques ; et enfin, climat. Plusieurs des métaux que recherchent le plus intensément les prospecteurs sont, dans des conditions propices, assez mobiles. Citons par exemple le zinc, le plomb, l'argent, le cuivre, l'uranium, le molybdène, le nickel et le chrome.

Certains auteurs établissent une distinction entre les halos — qu'ils apparaissent dans la roche ou dans un autre matériau — d'après leurs antécédents ; ainsi, ils appellent « syngénétiques » les halos formés en même temps que la roche encaissante et « épigénétiques » ceux qui proviennent d'une autre source.

### Anomalies

La plupart des éléments se retrouvent en quantités infimes dans les roches, le sol, l'eau et les plantes. La teneur moyenne, représentant une quantité normale, varie sensiblement selon les éléments et, dans une certaine mesure, d'un endroit à un autre ; et cela, même si les roches, les sols, et *cetera*, sont du même type. Dans les roches ignées typiques, un élément à teneur moyenne porte le nom de « clarke » ; les quantités moyennes des éléments dans d'autres types de roches et de sols sont plus ou moins comparables aux clarkes. À mesure que l'on acquiert de nouvelles données, on révisé périodiquement tous les chiffres relatifs aux teneurs moyennes. Toutefois, pour ce qui est des études géochimiques proprement dites, il est difficile d'obtenir, à partir de la documentation générale actuelle, des chiffres valables de teneur moyennes ; il faut donc les déterminer pour chaque région et pour chaque projet. La limite supérieure de la teneur moyenne déterminée dans une région donnée s'appelle *seuil*, et les quantités deux ou trois fois supérieures, *anomalies*. Toute anomalie dont la teneur, à l'analyse, correspond au double de la teneur moyenne s'appelle « anomalie de premier ordre » ; on appelle « de deuxième » ou « de troisième ordre », selon le cas, les écarts plus importants ; et ainsi de suite. Par endroits, on rencontre des anomalies mineures, attribuables soit à des augmentations légères mais généralisées de la teneur d'un métal présent dans la roche ou le sol, soit à une contamination ou soit encore à d'autres causes.

Les configurations de dispersion et les anomalies présentent parfois un caractère régional ou local. Dans ce cas, on les identifie en consultant les données fournies par les cartes ou les rapports, ou en effectuant des études géochimiques de reconnaissance ; rien n'empêche alors de pousser plus à fond la prospection de ces régions suivant des méthodes géochimiques ou autres. On a divisé en « provinces géochimiques » les grandes étendues de l'écorce terrestre où un ou plusieurs éléments se retrouvent en quantités supérieures à la moyenne. Dans ces « provinces », les éléments en cause se répartissent parfois de façon assez uniforme ; parfois elles offrent au contraire plusieurs anomalies distinctes. D'aucuns, parlant des mêmes lieux, les nommeront « provinces » géochimiques ou provinces métallogéniques (chapitre XI), puisque l'on n'a pas encore établi de distinctions nettes à ce sujet. Dans le présent ouvrage, nous proposons et utiliserons l'expression « configuration géochimique régionale », qui nous paraît éviter toute confusion.

### *Ouvrages à consulter*

Green, J.

« Geochemical table of the elements », *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. LXX, 1959, pp. 1127 à 1184.

Vinogradov, A. P.

« Regularity of distribution of chemical elements in the earth's crust », *Geochemistry*, n° 1, 1956, pp. 1 à 43.

*Nota* : On trouvera des exemples d'anomalies, accompagnés de plans et de schémas, dans le livre de Hawkes et Webb précé-

demment mentionné, ainsi que dans d'autres publications mentionnées au cours du présent chapitre. Quelques cartes géochimiques accompagnent les bulletins 32 et 118 de la Commission géologique du Canada.

## Travaux au Canada

### ÉCHANTILLONNAGE DES ROCHES

Les halos ou configurations de dispersion primaires dans la roche en place offrent d'intéressantes perspectives à la prospection géochimique. C'est que, entre autres, leur lien avec les gîtes minéraux est plus étroit que dans le cas des halos faits d'autres matériaux. Bien que l'étude des roches en place présente certains inconvénients qui la rendent moins attrayante que d'autres approches, telles l'étude des halos dans les sols par exemple, son caractère fondamental nous incite à en parler en tout premier lieu.

Les principaux avantages de la recherche géochimique portant sur les roches en place sont les suivants : 1) possibilité d'établir une relation directe avec les gîtes minéraux ; 2) possibilité de prélèvements d'échantillons au cours des études géologiques, des programmes de prospection systématique et des forages au diamant et possibilité d'analyse de spécimens et carottes provenant d'échantillonnages antérieurs ; 3) moindre risque de contamination par des déchets miniers, que s'il s'agit du sol, de l'eau ou de la végétation ; 4) contribution possible des données à la compréhension de l'origine des gîtes minéraux. Mentionnons maintenant quelques-uns des inconvénients : 1) restriction des recherches de ce genre à la roche en place, alors que la prospection géochimique vise, à l'heure actuelle, à fournir des moyens de déceler des gîtes sous les terrains de couverture où les affleurements sont rares sinon inexistantes (les études de la roche en place offrent cependant la possibilité de déceler des gîtes sans affleurement ou recouverts de morts-terrains ou de roche faiblement minéralisée) ; 2) nécessité de broyer, de moudre et d'analyser les échantillons en laboratoire (compte non tenu des détecteurs au mercure, utilisés pour les études « témoins », et des instruments permettant l'analyse de la roche sur le terrain) ; 3) possibilité que les anomalies soient attribuables à la présence d'un métal en quantités légèrement supérieures à la teneur moyenne, sans pour autant indiquer des gîtes exploitables ; 4) altération ou lessivage possibles des roches ou des gîtes minéraux susceptibles de créer des conditions qu'il ne faudra pas négliger lors de l'interprétation du résultat des études (ces effets semblent toutefois moins importants au Canada que dans certains autres pays).

À l'étape des études préliminaires, les échantillons d'éclats prélevés des affleurements font généralement très bien l'affaire ; mais si l'on songe à pousser plus loin la recherche, on prélèvera le plus souvent des échantillons de filons. L'échantillonnage courant de carottes de sondage devrait se faire à intervalles d'un pied. Il arrive que les éclats et les carottes soient groupés et forment des échantillons composites. Il faudrait également prélever, si possible, des échantillons de roche non altérée.

Une étude du sol, des sédiments alluvionnaires et de la roche, entreprise au Nouveau-Brunswick et comportant l'examen de plusieurs métaux, a permis de découvrir de l'étain ; ce métal fait aujourd'hui l'objet de recherches plus poussées. Une étude géochimique du camp argentifère de Cobalt, incluant l'analyse de carottes de sondage et d'éclats (provenant aussi bien de filons connus de certains affleurements que de recherches souterraines), a révélé l'existence de configurations fort intéressantes ; des résultats aussi encourageants stimulent des chercheurs et laissent prévoir la poursuite de tels travaux. Quelque 8 000 échantillons, prélevés au cours d'une étude géologique embrassant une vaste région du nord-ouest de l'Ontario, ont subi l'analyse de la teneur en cuivre ; mais ni les analyses destinées à trouver d'autres métaux, ni même l'application définitive des données relatives au cuivre, ne sont encore à terme. Les résultats obtenus jusqu'ici révèlent que la teneur en cuivre est généralement plus forte dans les roches à caractère nettement mafique, mais n'indiquent la présence d'aucune anomalie importante. L'étude aura néanmoins permis d'acquérir une certaine expérience et de tirer des conclusions utiles ; expérience et conclusions mèneront à de futures recherches de ce genre. Comme nous le verrons plus loin, dans la partie consacrée aux éléments indicateurs, certains camps miniers de Colombie-Britannique font l'objet d'études sur la teneur en mercure des roches.

Les travaux effectués selon les méthodes tant ordinaires que géochimiques ont fourni de nombreuses données sur la teneur moyenne en différents métaux des roches ignées, sédimentaires et métamorphiques ; grâce à eux, on en sait aussi plus long sur la manifestation chimique des métaux dans chaque cas. Il faudra encore de nombreux travaux et de nombreuses expériences de ce genre si l'on veut accumuler des renseignements suffisants sous divers rapports : teneurs moyennes en métal des différentes roches, conditions structurales et autres facteurs, méthodes d'échantillonnage et d'essais, *et cetera*. À titre d'exemple, l'étude entreprise dans le nord-ouest de l'Ontario, dont nous venons de parler, est venue confirmer l'opinion des premiers chercheurs selon laquelle le cuivre se présente surtout sous forme de grains minuscules de chalcopryrite, alors que le zinc semble se trouver principalement dans les minéraux ferromagnésiens, comme la biotite. Ces conclusions entraînent une autre, savoir : s'il convient d'analyser toute la roche lorsqu'on recherche du cuivre, il vaudrait beaucoup mieux séparer les minéraux ferromagnésiens avant d'en chercher la teneur en zinc. Le plomb se retrouvant surtout, semble-t-il, dans les grains de feldspath des roches, ne s'agirait-il pas de préparer d'abord des concentrés de feldspath avant de procéder aux essais ?

À quelques reprises on a procédé à l'échantillonnage comme suit : prélèvement d'échantillons de filons, combinaison d'échantillons d'éclats « composites », groupes de spécimens représentatifs, broyage et lavage à la batée sur le terrain. Or chaque échantillon ne doit comporter

qu'un seul type de roche et, de plus, il faudrait y joindre des notes sur les conditions géologiques. Le spectromètre à rayons gamma (chapitre XII), dont on dispose depuis quelque temps, permet de mesurer la teneur en uranium et en thorium de la roche en place. On étudie présentement cet instrument afin d'utiliser au maximum les possibilités qu'il offre ; on s'emploie aussi à mettre au point des instruments du même genre, destinés à la recherche d'autres métaux. Plus loin, nous traiterons d'un instrument permettant de déterminer la teneur en béryllium (« Béryllium », chapitre XV).

Dans un texte récent (1967), Boyle fait les recommandations suivantes à propos de ce dont nous venons de parler :

Outre l'analyse des échantillons de roche et des carottes de roc massif, toutes les zones de cisaillements, les fractures, les zones capricieuses et les zones altérées doivent également faire l'objet d'un échantillonnage et d'analyses destinées à déterminer leur teneur en métal ou à révéler l'existence d'éléments témoins, comme le mercure, l'arsenic et l'antimoine. On devrait disposer d'une carte détaillée indiquant toutes ces caractéristiques géologiques, ainsi que les petites veines, quelle que soit leur importance, et y inscrire, aux endroits appropriés, les teneurs en métal et en éléments témoins des échantillons prélevés. Lorsqu'on effectue des forages, il serait fort utile d'en dresser des coupes et d'y joindre tous les détails pertinents. C'est à cette seule condition qu'on pourra voir clairement les configurations des dispersions primaires de métal ou d'un élément témoin dans les roches et déterminer ainsi la situation des gîtes importants. On ne doit pas perdre de vue que la plupart des grands gîtes ont un halo de petits satellites qui se sont développés dans les fractures, failles, plissements et autres structures secondaires ou parallèles. La recherche des éléments témoins dans les petites zones de cisaillements, fractures et failles augmente notre aptitude à distinguer des satellites de plus en plus minuscules. Il se peut très bien que le tracé et les profils résultant des données recueillies révèlent une augmentation dans la teneur en métal ou en élément témoin dans une certaine direction ; il se peut aussi que le nombre de fractures, crénélures et autres irrégularités de la roche contenant du métal s'accroisse en direction d'une structure géologique favorable ou d'une zone renfermant le gîte recherché.

#### Ouvrages à consulter

Emslie, R. F. et Holman, R. H. C.

*The copper content of Canadian Shield rocks, Red Lake-Lansdowne House area, northwestern Ontario*, Commission géologique du Canada, Bull. 130, 1966.

Les cartes 50-1963 à 56-1963, en rapport avec cette étude, ont été publiées à part.

Warren, H. V. et Delavault, R. E.

« Aqua regia extractable copper and zinc in plutonic rocks in relation to ore deposits », *Trans. Inst. Mining Met.*, vol. LXIX, 1960, pp. 495 à 504.

### ÉCHANTILLONNAGE DU SOL

L'échantillonnage du sol et du terrain de couverture représente une partie importante de la prospection géochimique, car les sols peuvent contenir des quantités anormales de métaux qui permettent de déterminer les configurations de répartition dans la région et de procéder à

des travaux de prospection localisés. Nous employons l'expression « échantillonnage du sol » parce qu'elle est brève et pratique. En réalité, elle englobe ici toutes les formes de terrain de couverture que l'on peut diviser en deux grandes catégories : sols résiduels et sols transportés. Les sols résiduels proviennent exclusivement de l'altération de la roche elle-même ; autrement dit, ils n'ont rien à voir avec quelque transport de matériaux désagrégés. Les sols transportés, tout au contraire, résultent de l'action des cours d'eau, des glaciers, des éboulis ou des vents. Les pédologues, plus spécifiques, emploient l'appellation « sols résiduels » pour désigner uniquement les couches de terrain de couverture altérées par les phénomènes naturels, le lessivage, l'accumulation de feuilles ou autres matières organiques, ou par l'action bactérienne. Toutefois, l'expression est d'usage courant dans les travaux et documents de géochimie, à la fois dans son acception générale et dans le sens plus restrictif que lui donnent les pédologues.

La terminologie pédologique divise généralement les sols en trois couches appelées *horizons*, dont l'épaisseur varie de quelques pouces à quelques pieds et qui peuvent ou non se manifester tous trois au même endroit, soit parce que le processus géologique n'y est pas encore terminé, soit parce qu'un ou plusieurs horizons ont subi, par érosion ultérieure, des déplacements divers. Les couches successives en un endroit donné forment ce que l'on appelle le *profil du sol*. L'horizon inférieur, appelé horizon C, constitue le terrain de couverture premier d'où originent les horizons supérieurs. Dans les sols résiduels, la zone C représente la roche en place, ce qui n'est pas toujours le cas pour les sols transportés. L'horizon C se compose de grains de roche qui peuvent avoir subi une certaine forme d'altération ; il renferme très peu de matières organiques. En certains endroits, il repose directement sur la roche en place ; ailleurs, une ou plusieurs couches plus épaisses de terrain de couverture le séparent de la roche. Au Canada, par exemple, l'horizon C s'est généralement formé par-dessus l'argile d'origine glaciaire, qui tantôt repose directement sur la roche en place et tantôt sur du sable ou du gravier que vinrent interposer les cours d'eau ; il advient parfois que l'horizon C, ou une couche d'argile, repose sur un sol résiduel de l'ère tertiaire. Voyons maintenant la composition de l'horizon B : matériaux du type C sensiblement altérés, généralement accompagnés de minerais argileux, de fer et de matières organiques accumulés et provenant dans certains cas du lessivage de l'horizon A. Enfin voici la composition de celle qui recouvre toutes les autres, l'horizon A : une bonne proportion de matières résultant de l'action des plantes et des micro-organismes, de même que des plantes et des feuilles décomposées. En général, il vaut mieux prélever les échantillons géochimiques dans la zone C plutôt que dans la zone B ; malheureusement, la zone C est parfois inaccessible, là où elle existe. On recommande de ne pas procéder à l'échantillonnage de la zone A, mais il sera question plus loin de cas exceptionnels. Les cartes des sols établies pour un grand nombre de régions se révèlent très utiles à



la prospection. Ces cartes et une partie de la documentation disponible établissant des subdivisions au sein des trois principaux horizons. Au Canada, on désigne ces subdivisions comme suit : *Ah*, pour les matériaux du type *A* contenant de l'humus ; *Ae*, pour les matériaux ayant subi une forte altération chimique ou physique ; *Fe*, pour les matériaux à forte teneur en fer ; *m*, pour les matériaux modifiés par hydrolyse, oxydation ou dissolution ; *v*, pour l'argile. Le sol du type *C* qui, de toute évidence, n'a aucun rapport avec la roche sous-jacente se désigne par *IIC*. On utilisait d'autres désignations dans les premiers documents publiés au Canada et elles sont encore en usage dans certains pays. Par exemple, *A1* pour le *Ah*, et *A2* pour le *Ae*.

Les sols contiennent des traces de métal et cela, pour de nombreuses raisons. Les grains de terre, les fragments de roche anguleux, les galets ou les cailloux contiennent généralement des minéraux de roche métallifères ou des résidus de minéraux des gîtes. De plus, les courants souterrains ont pu dissoudre les métaux des roches en place ou d'autres sols puis, à la suite de changements chimiques ou physiques, les déposer dans les horizons du sol. Les sols résiduels reflètent d'ordinaire assez bien les caractéristiques de la roche de fond, cependant que les sols transportés contiennent souvent des métaux en provenance de sources assez rapprochées ou fort éloignées. Les sols d'origine glaciaire contiennent occasionnellement des métaux provenant des sols résiduels modifiés et transportés par les glaciers, ou bien des fragments arrachés à la roche de fond ainsi qu'aux gîtes minéraux sur lesquels un glacier s'est déplacé. De façon générale, les sols résiduels se prêtent mieux à la prospection géochimique ; les sols qui ne viennent pas de très loin sont plus favorables que la plupart des sols d'origine glaciaire. Ces derniers, trop mêlés ou trop éloignés de leur point d'origine, n'ont que peu à nous offrir ; cependant ils sont en mesure de révéler des anomalies significatives pour qui s'intéresse à l'histoire des glaciers de la région.

#### Travaux au Canada

Au Canada, les couches sous-jacentes sont principalement des sols d'origine glaciaire ; c'est ici que se trouve la plus grande étendue de sols d'origine glaciaire au monde. La plupart des sols canadiens sont des « podzols » — terme utilisé par les pédologues pour désigner les sols qui caractérisent les régions bien drainées, humides et tempérées. Au nord des podzols canadiens ou très haut sur le flanc des montagnes, on trouve la « toundra » et les muskegs mal drainés, soumis à un climat rigoureux, et, très souvent, caractérisés par le pergélisol. La partie non glacée du Yukon comprend des sols résiduels. Il en existe probablement aussi, par endroits, sous les dépôts d'origine glaciaire, surtout dans les parties de la région de la Cordillère où les particularités topographiques ont empêché un déplacement aussi complet que dans d'autres parties du pays. Nous ne disposons, à ce sujet, que d'une documentation très limitée.

On a entrepris des travaux de prospection et des études près des gîtes connus ; on a choisi de préférence les régions de la Cordillère et des Appalaches, où la glaciation fut moins généralisée que sur le Bouclier canadien. Certaines expériences ont donné des résultats encourageants, tout en aidant à la découverte de gîtes importants. Des recherches entreprises dans diverses parties du Bouclier canadien permettent d'envisager la possibilité d'études plus poussées de cette région. Nous récapitulons ci-après quelques-uns des résultats publiés à la suite de ces recherches.

#### Région de la Cordillère

En Colombie-Britannique, les podzols constituent la plus grande partie des sols, mais on trouve, à l'intérieur des zones méridionales de la province, des sols semi-désertiques, tandis que la toundra et les muskegs recouvrent partiellement les montagnes les plus élevées. La formation des sols dans les principales zones des régions montagneuses a un caractère fortement « juvénile » parce que la glaciation et, plus tard, le froid ou l'aridité ont retardé le processus normal de formation du sol. Sutherland Brown a rapporté que sur une vaste étendue de la Colombie-Britannique, la couche d'humus noir (*Ah* ou *Al*), la zone grise lessivée (*Ae* ou *Az*) et la zone oxydée *B*, enrichie, ne dépassent pas, au total, une épaisseur de quelques pouces à quelques pieds. En outre, le terrain de couverture original non modifié se trouve en général à un pied de la surface, sauf sous les marécages. Un échantillonnage du sol effectué parallèlement à une étude au magnétomètre, en Colombie-Britannique, a fourni des données encourageantes qui permettent d'envisager la découverte d'un important gîte de cuivre, cependant que des études du sol utilisant la technique des traces de mercure ont permis d'enregistrer des réponses au-dessus des gîtes connus (partie consacrée aux indices). Warren (1966, p. 40), affirmait, pour sa part, que les échantillonnages du sol se sont révélés très utiles dans de nombreuses régions de la Colombie-Britannique, mais qu'en certains lieux le succès ou l'échec de l'étude dépendait du choix de l'horizon à échantillonner et du choix de la méthode chimique utilisée pour extraire l'élément recherché.

Au Yukon, on trouve des sols résiduels et des sols d'origine glaciaire, pour la plupart gelés en permanence ou mal drainés en été. Aho a rapporté qu'ici et là l'échantillonnage du sol se limitait au pergélisol, aux épaisses couches de matière organique ou à des zones de terrains de couverture profonds, où la prospection géochimique n'a qu'une valeur relative. Par endroits, on doit interpréter les configurations géochimiques en fonction des glissements de terrain résultant du gel.

Au cours de recherches effectuées à proximité de gîtes connus d'argent-plomb, à Mayo, Boyle a découvert que le plomb y était enrichi dans les sols résiduels et qu'il constituait ainsi un excellent élément témoin. Les sols formés sur l'argile à blocs et le gravier se sont généralement révélés défavorables ; ils sont d'une épaisseur excessive qui ne permet pas de déceler les gîtes minéraux qui pourraient s'y trouver. Des forages en profondeur ont

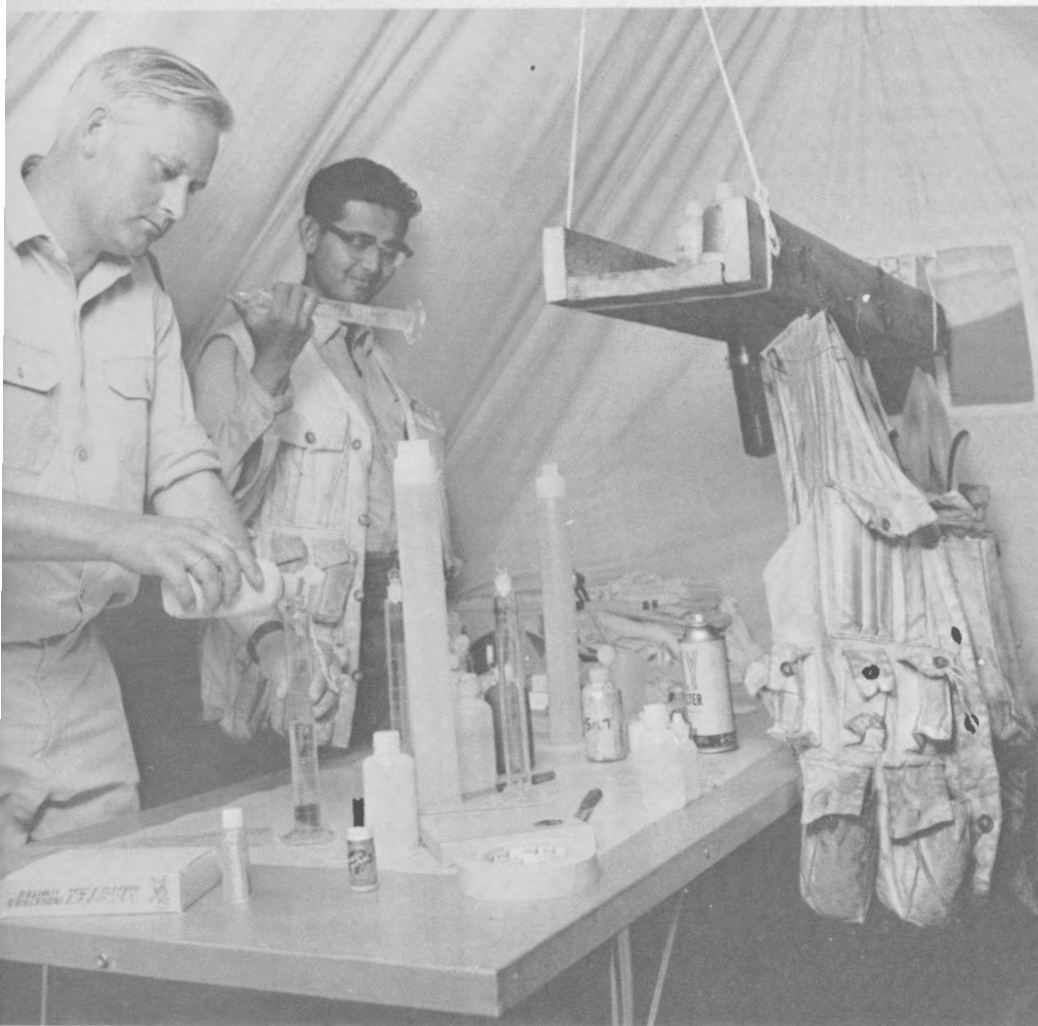


Planche LXVI  
Laboratoire d'essais géochimiques, installé sous la tente (Office national du film).

NFB 1350

cependant démontré l'utilité de ces matériaux (voir *Can. Mining J.*, vol. LXXXVI, n° 5, 1965, pp. 72 à 76.

#### Région des Appalaches

Les méthodes de prospection par échantillonnage du sol ont donné d'excellents résultats au Nouveau-Brunswick. Hawkes affirme que même si la totalité du district de Bathurst a été couverte par les glaces, une grande partie de ce district retient encore une couche assez épaisse de sols résiduels et de roches altérées essentiellement en place ; il ajoute que les sols amplement drainés montrent des profils de podzols bien développés. Grâce à des études de reconnaissance des sédiments alluvionnaires suivies d'un échantillonnage du sol et complétées par des études géophysiques et géologiques, on a pu découvrir un important gîte de métaux basiques. Riddell rapporte que plus au sud, au Nouveau-Brunswick, les études du sol à partir de l'horizon *B* ont révélé des configurations de dispersion, aussi étendues que complexes, de cuivre, de plomb et de zinc, et qu'une nouvelle analyse des échantillons a indiqué de fortes teneurs en étain et en molybdène. L'étain se répartissait de façon irrégulière, la glaciation ayant mo-

difié la configuration ; la configuration du molybdène était plus restreinte et cohérente. Les excavations et les forages au diamant ont prouvé l'existence de gîtes contenant plusieurs métaux, soumis à l'heure actuelle à des essais souterrains, surtout en raison de leur teneur en étain.

Tilsley et Rowntree ont effectué une étude détaillée à proximité d'un petit gîte de sulfures au Cap-Breton, où ils ont relevé une configuration de disposition limitée, où l'on trouve cuivre, plomb et zinc, accompagnée d'une traînée de petits galets au niveau de l'horizon *C*. Ils ont constaté que les échantillons de l'horizon *Ah* semblaient reproduire assez fidèlement la configuration *C* ; ceci mène à croire qu'à titre de travaux de reconnaissance, l'échantillonnage de la zone *Ah* fournirait probablement toutes les données désirées.

Kelly et Assad ont noté, quant à eux, que certains échantillons de sol prélevés à proximité de veines renfermant du molybdène, dans le comté de Frontenac, au sud de Québec, contenaient eux aussi du molybdène. Il a fallu procéder à un échantillonnage rapproché. Les échantillons à forte proportion d'humus, prélevés dans les zones marécageuses, étaient enrichis de molybdène.

En maints endroits, on a entrepris des études poussées des moraines, cônes d'éboulis et eskers, parmi les matériaux de transport glaciaire qui recouvrent le Bouclier canadien. Certaines de ces études, exposées de façon détaillée (chapitre XI) à titre d'exemples d'études géologiques scientifiques, ont comporté des analyses d'échantillons du sol ainsi que des lavages à la batée et des observations visuelles. La plus grande partie du Bouclier en Ontario, au Québec et ailleurs dort sous de vastes bancs d'argile déposés dans les lacs d'origine glaciaire. D'après les données recueillies jusqu'à présent, les sols au-dessus de ces bancs ne se prêteraient pas à des études géochimiques ; cependant, il y a lieu d'envisager la possibilité de forages à travers les bancs d'argile afin d'atteindre des argiles à blocs plus anciennes ou d'autres sols sous-jacents. On a tout droit de prévoir des résultats intéressants à partir de l'argile à blocs et tout particulièrement des couches inférieures de cette argile — à supposer qu'ils s'y trouvent. Quoique l'on recommande en général l'échantillonnage de l'horizon B ou C, les travaux de Boyle, à Cobalt, démontrent que les zones A, formées sur des terrains de couverture généralement argileux, ont permis d'aboutir à de meilleurs résultats, parce que ces terrains sont enrichis de métaux provenant de la décomposition de feuilles d'arbres qui ont apparemment fait descendre profondément le sol. Dans la région de Chibougamau, au Québec, on a constaté que les bords des marécages situés dans la zone A contenaient plus de métaux que les autres.

### Échantillonnage

Il existe plusieurs façons de prélever des échantillons de sol. La plus simple consiste à prendre une pelle, une pioche ou un autre outil du genre, et à creuser des trous ou des tranchées ; on peut également se pourvoir à même des remblais. Parmi les autres outils, citons les tarières à main, dont certaines sont munies d'un dispositif permettant de retenir l'échantillon, les bêches-tarières et les pinces à levier. Pour les forages plus profonds, on emploie des sondes percutantes ou des trépan rotatifs giratoires ; ces instruments pénètrent assez profondément dans la roche en place et parfois même dans le pergélisol. Au Yukon, certains forages atteignirent au moins 150 pieds de profondeur ; il y en eut de beaucoup plus profonds encore, mais on ignore l'épaisseur exacte du terrain de couverture. On en a effectué selon des quadrillages distants de 100 à 400 pieds. Le poids des échantillons variait d'un quart de livre à 15 livres, et, dans le cas d'une étude en particulier, on en a prélevé tous les 5 pieds. Lors d'une recherche en Colombie-Britannique, les échantillons prélevés en prévision de la technique des traces de mercure pesaient de 2 à 8 onces.

Des levés au pas et à la boussole suffisent généralement à qui ne souhaite que localiser les zones d'échantillonnage des études préliminaires. Les chercheurs qui veulent pousser plus avant le travail recourent évidemment à des méthodes plus précises.

Aho, A. E.

« Exploration in Yukon with special reference to the Anvil-Vangorda district », *Western Miner*, vol. XXXIX, n° 4, 1966, pp. 127 à 148.

« Exploration methods in Yukon with special reference to Anvil district », *Can. Mining J.*, vol. LXXXVII, n° 7, 1966, pp. 50 à 58.

Ces deux documents contiennent de précieux renseignements sur les travaux de géochimie entrepris au Yukon et, en particulier, sur les études des sols et le forage des couches de couverture.

Boyle, R. W.

*Geochemical prospecting research in 1966, Cobalt area, Ontario*, Commission géologique du Canada, étude 66-46, 1966.

Compte rendu succinct des études préliminaires effectuées à proximité de filons argentifères connus, portant sur plusieurs points : sols, argile à blocs, argile d'origine glaciaire, sable glaciaire, roche et matériaux déposés par les sources d'eau.

Leggett, R. F. (rédacteur)

*Soils in Canada*, Société royale du Canada, publication spéciale n° 3, 1961.

« Overburden drilling at United Keno Hill Mines Ltd. », *Can. Mining J.*, vol. LXXXVI, n° 5, 1965, pp. 72 à 76.

Ces pages apportent des renseignements complémentaires sur l'échantillonnage des sols au Yukon.

### ÉCHANTILLONNAGE DES ALLUVIONS

Une grande partie des métaux contenus dans les halos de dispersion passe, à un moment donné, dans les cours d'eau ou les lacs pour aboutir possiblement jusqu'à l'océan. En cours de route, certains d'entre eux, halos secondaires ou traînées, s'immobilisent et deviennent des alluvions (silts) parfois pour un temps, parfois pour toujours ; d'autres ne quittent tout simplement pas l'eau où ils se sont infiltrés. L'étude des sédiments fluviaux s'est révélée dans l'ensemble beaucoup plus utile que l'échantillonnage de l'eau. Les alluvions sont aptes à contenir des quantités anormales de métaux sous forme de minéraux granulaires lourds provenant de l'érosion d'un gîte voisin, ou encore sous forme de composés métalliques précipités chimiquement dans les sédiments après dissolution d'un gîte minéral ou de granules dans le sol. L'échantillonnage des sédiments d'une zone entière de drainage peut s'effectuer à partir des dépôts des sources et des échantillons préalablement obtenus par excavation ou forage des sédiments déposés par l'eau. Jusqu'à présent on s'est surtout attardé, au Canada, à l'échantillonnage des limons et autres sédiments entraînés dans le lit des cours d'eau ou des étangs. On a su, dans plusieurs régions du pays, tirer parti de cette méthode ; mais comme certaines zones de drainage ne comportent aucune anomalie, alors que d'autres renferment des anomalies attribuables au lessivage de sols en provenance d'un gîte minéral qu'on ne peut retracer, on ne saurait appliquer partout cette méthode. Elle a sûrement du bon puisque les sédiments sont en mesure de fournir des échantillons plus représentatifs que l'eau ; accumulés pendant une période relativement prolongée,

plus faciles à prélever que ceux des sols, ces sédiments se prêtent mieux que d'autres à des traitements et essais divers. Mais cette méthode a aussi des inconvénients. Entre autres, disons qu'une anomalie peut se « décomposer » après un certain temps, par dissolution et perte totale ou partielle des métaux qu'elle renferme, ou par transport des grains sédimentaires ; disons encore que, sauf si on va les chercher très loin, les sédiments sont sujets à la contamination, par le lessivage des déblais, les résidus d'exploitations minières, les dépôts des fonderies *et cetera*.

On prélève des échantillons d'alluvions en grattant le fond ou les blocs d'un cours d'eau ou en se servant d'une pelle spéciale munie d'un tamis fin, quitte à marcher dans l'eau.

#### Travaux au Canada

On a effectué des études sur les alluvions dans le district de Bathurst au Nouveau-Brunswick, dans la région de Stikine River en Colombie-Britannique et au Yukon. Dans le cadre de ces travaux, on a prélevé des échantillons à intervalles d'un quart et d'un demi-mille et à la confluence des cours d'eau. Ces recherches ont permis de tracer les configurations régionales du cuivre, du plomb et du zinc ; au surplus, il en ressort qu'elles seraient probablement utiles, au moins dans le cas de l'argent, de l'arsenic, de l'antimoine et du manganèse. L'application de ces méthodes a confirmé des anomalies géophysiques et des particularités géologiques favorables. La méthode la plus courante consistait apparemment à faire quelques essais sur place, comme les essais d'acidité et la détermination de la teneur totale en métaux lourds, puis à apporter des échantillons au laboratoire du camp ou au laboratoire principal où l'on procédait à des analyses plus poussées.

Au Canada, on a tenté de mener parallèlement et l'échantillonnage de sédiments fluviatiles et l'établissement de cartes géologiques, les échantillons n'étant prélevés qu'aux endroits où les lignes de cheminement coupaient les cours d'eau. On a relevé certaines anomalies ; mais on n'a pas pu les interpréter aussi correctement que s'il s'était agi d'échantillons prélevés le long des cours d'eau. On parlera, dans la partie consacrée à l'échantillonnage des eaux, des rapports entre les sédiments et les anomalies dans l'eau, au Yukon.

Les sédiments qui reposent au fond des lacs ont reçu des chercheurs les mêmes traitements que les sédiments des cours d'eau. Notons que le prélèvement des échantillons de lacs se fait en ligne droite ou selon des quadrillages et qu'il faut également échantillonner les sédiments recouverts par les couches de matières organiques.

#### Ouvrages à consulter

Barr, D. A.

« The Galore Creek copper deposits », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXIX, 1966, pp. 251 à 263.

Compte rendu succinct d'une étude des sédiments alluvionnaires, effectuée parallèlement à des études géochimiques et qui a conduit à d'importantes découvertes. Ce document s'accompagne de plans comparatifs.

Boyle, R. W. et coll.

*Geochemistry of Pb, Zn, Cu, As, Sb, Mo, Sn, W, Ag, Ni, Co, Cr, Ba and Mn in the water and stream sediments of the Bathurst-Jacquet district, New Brunswick*, Commission géologique du Canada, étude 65-42, 1966.

Compte rendu de travaux expérimentaux de reconnaissance, illustré de treize cartes géochimiques.

## ÉCHANTILLONNAGE DES EAUX

L'expression « études hydrogéochimiques » désigne les recherches géochimiques entreprises dans les nappes et sources d'eau naturelles. L'eau souterraine contient des traces de métaux qu'elle lessive des gîtes minéraux et des roches en s'infiltrant dans les porosités et les fractures ; elle contient aussi des traces des grains de roche et des minéraux appartenant aux sols mêmes. On recueille des échantillons de cette eau aux endroits suivants : sources, suintements, puits et trous de forage. Les eaux souterraines se jettent dans les cours d'eau, les marécages et les lacs. Les métaux qui s'y trouvent accumulés sont dilués par les eaux de ruissellement ; d'où l'on déduit qu'il serait mal à propos de procéder à des échantillonnages après de fortes pluies ou le dégel du printemps. Nous savons aujourd'hui que les éléments les plus mobiles dans les eaux naturelles sont, dans l'ordre, le soufre, le molybdène, l'uranium, le zinc et le cuivre ; nous avons également décelé un grand nombre d'autres éléments. C'est en solution ou sous forme de fines particules solides en suspension que les eaux transportent les métaux. Le degré de dissolution dépend de divers facteurs, entre autres et nommément : acidité de l'eau, solubilité des sels et autres composés dans l'élément, présence d'autres éléments et de matières organiques, température. Les données relatives aux sources et aux suintements doivent être relevées séparément et étudiées en rapport avec les écoulements souterrains.

L'eau captée par les marais stagne facilement et, de ce fait, s'enrichit souvent de métaux. La détection de ces métaux risque cependant d'être difficile, car les marais contiennent aussi des matières organiques dont la présence complique les tests qui seraient les plus appropriés ; il faut donc recourir à des analyses très spéciales. Les métaux contenus dans les eaux des marécages sont généralement précipités dans les sédiments des rives ou du lit. Ces sédiments se prêtent donc parfaitement aux travaux d'échantillonnage.

Les techniques d'échantillonnage des eaux permettent notamment d'établir les configurations régionales de la répartition des métaux. Mais même à cette fin, on ne peut les comparer à l'échantillonnage des alluvions ; convenons néanmoins qu'elles permettent d'étudier des étendues plus vastes. Plus faciles à prélever que les échantillons de sédiments fluviatiles, les échantillons d'eau sont plus difficiles à transporter et à conserver. C'est ici que la trousse portative, permettant des examens complets, est d'un très précieux secours. Les anomalies révélées par des échantillons d'eau disparaissent parfois, pour de nombreuses raisons (dont d'autres ouvrages traitent en détail).

Les échantillons d'eau se manipulent difficilement. Pour peu qu'ils restent immobiles, il s'y opère des précipités de calcium, de fer et de manganèse ; des olégo-éléments forment des co-précipités ou sont absorbés. L'acidification entraîne parfois la dissolution des traces d'éléments en suspension. La filtration et l'acidification donnent un échantillon plus représentatif, à condition que lesdites traces ne soient pas perdues dans le filtre.

#### Travaux au Canada

Les annales font mention de deux projets expérimentaux d'échantillonnage des eaux, en rapport avec l'uranium. Il y a plusieurs années, une étude de la radioactivité des solides dans l'eau des baies du Grand Lac de l'Ours et des petits lacs à proximité de la mine Eldorado, révéla l'existence d'une configuration. Malgré les possibilités entrevues, le succès des compteurs Geiger dans le domaine de la prospection avait détourné l'attention des chercheurs. Plus tard, Chamberlain prélevait plus de 1 100 échantillons d'eau dans les ruisseaux, lacs et marais de la région de Bancroft, en Ontario ; il y décéla des quantités anormales d'uranium, à quelques centaines de pieds à peine de gîtes minéraux connus, tandis qu'il découvrit des teneurs moyennes plus élevées au-dessus de roches syénitiques auxquelles de nombreux gîtes sont reliés. D'où il a conclu que la méthode en question servirait surtout à délimiter de vastes zones, où l'on effectuerait d'autres genres de prospection ; et que, si l'on visait des objectifs précis, il vaudrait mieux en choisir une autre. Cette étude a également révélé que, par suite des effets de réduction qui accompagnent la décomposition des matières organiques, on pouvait extraire l'uranium de l'eau.

De son côté, Gleeson entreprit des études expérimentales de l'eau, des alluvions et des minéraux lourds dans la région de Keno Hill, au Yukon. Il a tiré une série de 14 cartes reproduisant les résultats des examens, effectués sur place de 8 000 échantillons d'eau (provenant de cours d'eau et de sources), ainsi que des analyses en laboratoire de 150 échantillons d'un litre chacun. Vu la relation entre ces résultats et les gîtes connus de plomb-zinc-argent dans la région, on peut conclure que cette méthode convient aux travaux de prospection exécutés dans de telles conditions. On a également décelé de nombreuses anomalies dans des régions jusque-là peu prospectées. Le plus souvent la coïncidence entre les anomalies relevées dans l'eau et les anomalies observées dans les sédiments fluviaux est très probante — sauf dans le cas de plusieurs sources où le périmètre des anomalies de sédiments se trouve à plusieurs milliers de pieds en deçà de celui de l'eau, apparemment à cause de l'acidité de cette dernière. Au cours d'un travail antérieur dans le même district, Boyle jugea que le zinc y était plus facile à déceler que le plomb ou le cuivre ; de toute manière, ajoutait-il, la teneur en cuivre des gîtes connus dans cette région était très faible. Constatant qu'un grand nombre de sources contenaient du fer et du manganèse, il en conclut que le fer constituerait un excellent élément témoin, aussi bien dans cette région que

dans le reste du Canada, puisqu'on le retrouve souvent dans les gîtes non ferrifères. Par ailleurs, l'auteur note que le fer charroyé sur de longues distances ou extrait d'un milieu différent ne possède pas une grande valeur analytique.

#### Ouvrages à consulter

Chamberlain, J. A.

*Hydrogeochemistry of uranium in the Bancroft-Haliburton region Ontario*, Commission géologique du Canada, bulletin 118, 1964.

Description d'une étude expérimentale, accompagnée d'une carte géochimique.

Senftle, F. E.

« Relation of conductivity and total solid content of lake water to its radium content, Great Bear Lake region » *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLIX, 1946, pp. 439 à 446.

Première expérience du genre ayant révélé l'existence d'anomalies dans les baies du Grand Lac de l'Ours, ainsi que dans les petits lacs à proximité de la mine Eldorado.

Usik, L.

*Review of geochemical and geobotanical prospecting methods in peatland*, Commission géologique du Canada, étude 68-66, 1969.

Wark, W. V.

« Geochemical prospecting in lakes and rivers », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LVIII, 1955, pp. 111 à 114.

#### ÉTUDES DE LA VÉGÉTATION

Les plantes absorbent divers éléments chimiques qu'elles puisent dans le sol. Certains de ces éléments sont nécessaires à leur épanouissement ; d'autres sont emmagasinés en quantités variables dans les feuilles, les brindilles, l'écorce et autres organes. Les racines boivent une eau qui a préalablement dissous des éléments du sol, éléments qu'entraînera par la suite la sève. Les racines exercent une action complexe sur les grains de roche dans le sol : elles parviennent à modifier la structure de composés chimiques presque insolubles, de telle manière qu'elles puissent les absorber. Chaque plante a des besoins nutritifs particuliers et, par conséquent, chacune puisera dans un même sol des quantités plus ou moins grandes d'un élément donné. L'observation de phénomènes de ce genre fournit des indications pour les travaux de prospection fondés sur l'étude de la végétation. Des modifications comme le rabougrissement ou les changements de couleur, visibles à l'œil nu, servent de fondement à la *prospection géobotanique*. L'analyse des cendres d'une plante permet de détecter et de mesurer un ou plusieurs de ses éléments constitutifs ; voilà la base de ce qu'on nomme la *prospection biogéochimique*. Cette dernière est plus répandue que la prospection géobotanique et donne de meilleurs résultats.

En principe, l'étude de la végétation serait beaucoup plus avantageuse que d'autres méthodes géochimiques. Les échantillons sont faciles à prélever. Les éléments s'accablent sur une longue période, surtout chez les plantes vivaces. Les racines des arbres et des arbustes occupent dans le sol des espaces relativement importants ;

elles « échantillonnent » une quantité de sol beaucoup plus vaste que l'espace qu'elles occupent, étant donné qu'elles absorbent une eau souterraine qui, le long de son parcours, s'est chargée d'éléments qu'elle y a lessivés. En pratique, la méthode présente aussi des inconvénients. Par exemple, les racines des plus grands arbres n'atteignent ordinairement pas une profondeur suffisante pour traverser les couches d'argile et d'argile à blocs qui peuvent empêcher l'eau de circuler à de plus grandes profondeurs. De plus, les échantillons destinés aux travaux biogéochimiques, rappelons-le, doivent être réduits en cendres au laboratoire, avant l'analyse. Enfin, le choix des espèces de plantes qui se prêtent le mieux à ce genre de prospection suppose de longues et nombreuses recherches ainsi que la rencontre de maints autres facteurs.

### Prospection géobotanique

À travers les siècles, on a observé que certaines plantes s'épanouissent, rabougrissent, dépérissent, changent de couleur ou meurent dans certains sols ou à proximité de certains types de mines. (Ces plantes, appelées *plantes témoins*, ne doivent pas être confondues avec les « éléments témoins » dont il sera question plus loin.) On avait espéré que les plantes témoins fourniraient des indications très valables et qu'elles constitueraient une branche importante de la prospection ; dans plusieurs pays, on a donc établi de longues listes de plantes témoins, eu égard à différents éléments ; finalement on n'en a retenu qu'un petit nombre puisque les premières observations provenaient d'endroits contaminés par les déchets d'anciens travaux miniers. Les concentrations de métaux y étaient fatalement beaucoup plus fortes que celles que l'on s'attend à trouver dans le sol ou dans l'eau au-dessus des gîtes minéraux. Quoiqu'elles aient été moins populaires et moins fructueuses que les méthodes biogéochimiques, les méthodes géobotaniques n'ont certes pas dit leur dernier mot ; songeons notamment à la photographie aérienne, grâce à laquelle on peut retrouver, par les modifications que subit la végétation, certains types de roche et même des gîtes minéraux.

L'œuvre de Shacklette sur les changements de couleur et de forme des bouquets rouges, à proximité des gîtes d'uranium à Port-Radium, est la seule publication connue qui traite spécifiquement de la prospection géobotanique au Canada, mais il doit sûrement exister des travaux inédits portant sur la même question.

### Prospection biogéochimique

Les méthodes de prospection biogéochimique comportent le prélèvement systématique d'échantillons appropriés d'une ou de plusieurs espèces de plantes déterminées ; la préparation des échantillons, qui consiste généralement à les réduire en cendres ; l'analyse des échantillons, habituellement en très faibles quantités, suivant des techniques spectrographiques ou chimiques ou une combinaison des deux ; l'enregistrement et l'étude statistiques des résultats,

y compris d'ordinaire les inscriptions sur un plan ou une carte, comme dans le cas des autres études géochimiques.

Aux fins des études biogéochimiques, on peut répartir les plantes en quatre groupes qui en arrivent cependant à se confondre : a) restes de végétation dans les marécages, comme la tourbe, et dont nous traitons ailleurs (section : étude des eaux) dans le présent ouvrage ; b) végétation au ras du sol comme la mousse, le lichen, l'herbe et les arbrisseaux ; c) végétation plus grande comme les arbustes et les jeunes arbres, appelée « végétation de sous-bois » par les forestiers ; d) grands arbres appelés « végétation forestière ». Alors que de nombreuses espèces de plantes restent insensibles à des quantités anormales d'un élément dans le sol, au contraire d'autres y réagissent. Si le changement est visible, le cas relèvera de la prospection géobotanique ; mais si la plante accumule des quantités anormales d'un élément, elle sera soumise à la prospection biogéochimique. Dans certains milieux, l'une ou l'autre des quatre catégories végétales susmentionnées, accumulent des métaux couramment recherchés. On préfère étudier les plantes à racines profondes et l'on choisit habituellement des pousses de première ou de deuxième année. Au Canada, la plupart des biogéochimistes semblent consacrer leurs travaux aux feuilles et à l'écorce du bouleau blanc, au saule commun, ainsi qu'aux pointes et bourgeons (deuxième année) de plusieurs espèces de conifères ; sans doute l'aulne, le peuplier, la prêle et probablement d'autres plantes ont aussi fait l'objet d'études expérimentales. On peut dire que le pin Douglas et le pin de Murray sont les conifères les plus utilisés en Colombie-Britannique.

Lorsque l'espèce choisie est clairsemée, on peut échantillonner tous les sujets. En peuplement normal, on prélève les échantillons selon certaines lignes, certains quadrillages ou rectangles : dimensions et intervalles dépendent de l'objectif poursuivi. On utilise habituellement des sécateurs pour le prélèvement des échantillons. Tantôt on ne prélève qu'une feuille ou une brindille et tantôt, on en prend plusieurs. Parfois, on a besoin d'un échantillon composite. D'ordinaire, vingt grammes d'une matière à l'état naturel constituent le plus petit échantillon valable, mais des expériences particulières démontrent que des quantités plus minimes encore peuvent suffire.

Bien que les méthodes biogéochimiques comportent des avantages indéniables, au Canada on procède surtout par échantillonnage des sédiments alluvionnaires quand il s'agit de travaux de reconnaissance, et par échantillonnage des sols quand il s'agit d'études détaillées. La Commission géologique du Canada poursuit cependant ses travaux biogéochimiques, nommément : travaux sur le terrain même, à proximité de gîtes minéraux connus ; expériences sous serre visant à déterminer les meilleures méthodes d'échantillonnage, de préparation et d'analyse des échantillons. Les travaux sur le terrain même renseignent sur l'environnement global d'un gîte donné ; on recourt aux moyens habituels : échantillonnage des roches, du sol et de nombreuses espèces végétales de toutes grandeurs. *Grosso modo*, les expériences sous serre s'effectuent comme suit :

on ajoute au sol une quantité précise d'un élément chimique donné afin de savoir comment les plantes absorbent cet élément chimique, et en quelle quantité.

#### Ouvrages à consulter

- Cannon, H. L.  
« Botanical prospecting for ore deposits », *Science*, vol. CXXXII, n° 3427, 1960, pp. 591 à 598.  
Revue générale de la question.
- Fortescue, J. A. C. et Hornbrook, E. H. W.  
*Progress report on biogeochemical research at the Geological Survey of Canada 1963-1966*, Commission géologique du Canada, étude 67-23, 1<sup>re</sup> partie, 1967.
- Shacklette, H. T.  
« Flower variation of *Epilobium angustifolium* L. growing over uranium deposits », *Can. Field Naturalist*, vol. LXXVIII, n° 1, 1964, p. 32.
- La seule publication connue qui soit consacrée spécialement à la recherche géobotanique au Canada.

### LES INDICES

La plupart des gîtes minéraux renferment à la fois des éléments rentables et non rentables. En certains endroits, la méthode géochimique révélera plus facilement la rentabilité d'un élément que la présence même d'un ou de plusieurs des métaux recherchés. Les éléments dont nous parlons ici portent le nom d'*indices*. Selon Warren et Delavault, les indices, en raison d'une ou de plusieurs propriétés particulières, fournissent des anomalies ou des halos plus aisément utilisables que ceux de l'élément recherché auquel ils sont associés. L'indice devrait présenter une abondance moyenne beaucoup plus faible que le métal recherché et ainsi révéler une anomalie plus apparente ; ou encore, il devrait se présenter de telle façon qu'il se prête mieux que le métal à l'échantillonnage et à l'analyse. Des études entreprises dans plusieurs pays ont démontré que divers éléments constituaient des indices de différents genres de gîtes ; mais il ne faut pas conclure de là qu'ils ont toujours une valeur égale pour le même genre de gîtes. Le mercure, par exemple, a révélé la présence de gîtes d'argent, de plomb, de zinc et de cuivre ; l'arsenic, celle de filons aurifères et de gîtes de cobalt ; l'argent, celle de minerais d'or argentifères ; le molybdène, celle de gîtes de cuivre du type « cuivre porphyrique » ; l'antimoine, celle de gîtes d'argent-or ; le soufre sous forme de sulfates, celle de gîtes de minéraux sulfurés ; le manganèse et le zinc, celle de gîtes aurifères et argentifères. Ces cas d'exploitation des indices ont porté principalement sur les roches et les sols et, plus rarement, sur l'eau. À l'heure actuelle, on étudie sérieusement les possibilités du mercure en tant qu'indice, surtout en rapport avec les échantillons de sols aux endroits où les affleurements sont rares.

#### Détection du mercure

##### *Halos de mercure*

L'importance particulière qu'on accorde présentement au mercure-indice découle des deux raisons suivantes : on

trouve des traces de mercure dans les halos de dispersion de nombreux gîtes et cela, même dans des cas d'association au mercure tout à fait improbable ; les traces de mercure sont faciles à détecter et à mesurer, quelle qu'en soit l'importance. En 1946, Saukov aborda cette question. Puis Warren, Sutherland Brown et d'autres s'y intéresseront également. On peut aussi, par la même méthode, rechercher des gîtes de mercure ; mais elle sert surtout à trouver des indices. Le mercure a tendance à se déplacer vers le haut plutôt que latéralement par rapport aux gîtes ; apparemment ce fait serait dû au flux thermique en provenance de l'intérieur de la terre.

On a vu un certain nombre de gîtes sulfurés d'argent, de plomb, de zinc, de cuivre et de molybdène entourés de halos de dispersion renfermant un peu de mercure. Le processus de minéralisation semble avoir rejeté le mercure vers l'extérieur, dans la roche encaissante. Le mercure est si mobile que l'altération le libère facilement ; c'est ainsi qu'il forme des halos de dispersion secondaires dans les sols. On s'intéresse de plus en plus aux possibilités de détection du mercure dans l'air, à proximité des gîtes.

##### *Appareils de détection*

Pendant des années, la méthode de détection qualitative du mercure comportait l'utilisation de lampes à l'ultraviolet. On chauffait un échantillon de roche ou de sol, on l'exposait aux rayons ultraviolets et l'on observait, à travers un écran spécial, les vapeurs qui s'en dégagent. Celles-ci ont un aspect particulier, si l'échantillon contient du mercure et s'il n'est pas contaminé par des matières organiques. On a récemment mis au point des appareils d'analyse quantitative (portatifs et de laboratoire). On chauffe dans une cornue un échantillon de sol ou de roche pulvérisée et l'on recueille les vapeurs dans une boîte munie d'un écran, d'une lampe à l'ultraviolet et d'une cellule photo-électrique qui mesure indirectement la quantité de mercure dans le faisceau et transmet les indications à un cadran de lecture. Les appareils de laboratoire ne sont pas très encombrants et l'on peut s'en servir dans des laboratoires temporaires alimentés en électricité. Les modèles portatifs, appelés communément « détecteurs de mercure », ont les dimensions et l'apparence des compteurs Geiger. Ils fonctionnent à pile ; l'échantillon se chauffe au chalumeau à gaz propane dans une cornue de la grosseur d'un petit œuf. Certains appareils portatifs coûtent environ \$ 200 ; ils sont pratiques dans certaines conditions ; mais, plus encore que dans le cas des compteurs Geiger, ils doivent être utilisés avec discernement par des personnes bien au fait de la question. La matière organique crée des interférences lors des analyses des échantillons. On considère que les modèles de laboratoire permettent de mesurer avec plus de précision, d'analyser un plus grand nombre d'échantillons beaucoup plus rapidement, et d'éliminer les interférences créées par la vapeur d'eau, l'anhydride sulfuré, les gaz organiques et la fumée.

Bien que les recherches se poursuivent dans d'autres parties du pays, c'est surtout en Colombie-Britannique que l'on a effectué des travaux sur le terrain consacrés aux indices ; mentionnons que s'y trouve une vaste province métallogénique riche en mercure. Sutherland Brown a consacré plusieurs études à des gîtes connus d'argent, de molybdène, de plomb, de zinc et de cuivre, dont il a publié les profils. Les gîtes étaient situés le long des routes et l'on a procédé selon des quadrillages définis. Brown s'est servi d'un appareil portatif pour analyser surtout des échantillons de sols, mais aussi des échantillons de roche qu'il a étudiés au camp ou dans des bâtiments miniers. Il en a tiré les conclusions suivantes. Efficace pour des études détaillées, la méthode ne s'appliquait pas à des études de reconnaissance de régions entières, parce que les sédiments ne se prêtaient pas aux analyses. Des travaux de reconnaissance pourraient avoir lieu le long des routes, à des intervalles de quadrillage n'excédant pas 1 500 pieds. On devrait sécher les échantillons à l'air, (sans les chauffer), déterminer soigneusement le volume des matières analysées et séparer, soit à la main, soit au tamis, les matières organiques des échantillons. Le matériel doit être toujours propre ; il faut chauffer à fond la cornue après utilisation, sans quoi on pourrait aboutir à des lectures fausement élevées. On peut éliminer les interférences par le soufre en recouvrant l'échantillon d'une couche de limaille de fer exempte de graisse.

Warren et ses collaborateurs ont signalé la présence de quantités anormales de mercure dans l'humus où subsistent les restes de certaines espèces de plantes.

#### Ouvrages à consulter

Azzaria, L. M., et Webber, G. R.

« Mercury analysis in geochemical exploration », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, mai 1969, pp. 521 à 530.

Exposé des études expérimentales de la zone de faille Pinchi, en Colombie-Britannique, à l'aide d'appareils d'absorption des ultraviolets, y compris un instrument modifié à l'or pour éliminer les substances pouvant causer des interférences.

Sutherland Brown, A.

*Investigation of mercury dispersion haloes*, rapport annuel du ministère des Ressources minières et pétrolières, Colombie-Britannique, 1965, pp. 109 à 112.

Compte rendu d'études expérimentales effectuées à proximité de gîtes minéraux connus, accompagné de profils.

« Some mercury soil profiles in British Columbia » *Western Miner*, vol. XXXIX, n° 2, 1966, pp. 39 à 44.

Exposé plus récent consacré au même sujet.

Warren, H. V. et coll.

« Some observations on the geochemistry of mercury as applied to prospecting », *Econ. Geol.*, vol. LXI, n° 6, 1966, pp. 1010 à 1028.

Description des observations relatives à la teneur en mercure des sols et des plantes, à proximité de gîtes minéraux, en Colombie-Britannique.

### Contenants

Selon leur nature, on transportera ou conservera les échantillons dans de petits sacs ou enveloppes de toile, de matière plastique ou de papier, ou dans des flacons fabriqués de préférence en plastique (polyéthylène). Précaution à prendre contre la contamination : aucun contenant ne devrait servir plus d'une fois. On utilisera un contenant pour chaque échantillon. On préfère les sacs de toile pour les échantillons de roche dont les angles aigus peuvent fendre le plastique ou déchirer le papier. Si l'on utilise des sacs de plastique ou de papier, il faut envelopper les morceaux de roche dans un matériau qui ne risque pas de contaminer l'échantillon. On ne devrait pas placer les échantillons humides dans des sacs de toile ou de papier. Les échantillons de plantes peuvent être facilement séchés au four, dans des sacs de papier fermés. Alors qu'il suffit d'attacher les sacs de toile, il faut sceller à la colle hydrofuge les sacs de plastique. Les sacs et enveloppes de papier, semblables aux sacs à café, comportent des bandes métalliques que l'on peut plier après en avoir rabattu le col un certain nombre de fois. Pour l'eau, on utilise des bouteilles. Quelques chercheurs préfèrent transporter dans des pots ou bocaux de plastique les sédiments alluvionnaires et les échantillons prélevés dans les marais. Tous les échantillons doivent être numérotés ; certains jugent qu'il vaut mieux inscrire les renseignements pertinents sur le contenant même, plutôt que dans un carnet de notes.

### Séchage des échantillons

La plupart des échantillons, y compris les échantillons de roches, doivent être séchés au camp ou au laboratoire portatif avant d'être mis en sacs. En général, le séchage des échantillons se fait entièrement ou partiellement au soleil ; dans certains cas ou à titre de traitement secondaire, on recourt à des fours spéciaux. Les échantillons servant à l'analyse d'éléments volatiles comme le mercure ne doivent pas être chauffés. On concentrera les éléments à analyser dans des échantillons d'eau, soit par évaporation de l'échantillon en laboratoire, soit par extraction au moyen d'une matière « échangeuse d'ions » (au moment du prélèvement).

### Concassage et broyage

Le traitement de tous les échantillons de roche et de nombreux échantillons de sol exige un matériel assez complexe. On doit apporter le plus grand soin à la préparation et à l'analyse des échantillons pour éviter les risques de contamination, vu les quantités généralement infimes des éléments mesurés. Lavergne décrit à fond le matériel et les méthodes utilisés ; nous ne mentionnons ici que les points importants. On concasse la roche en fragments de  $\frac{1}{2}$  pouce environ dans un concasseur à mâchoires, et on la broie entre des plaques de céramique jusqu'à ce qu'elle traverse un tamis de 10 mailles au pouce. Les échantillons de sol constitués de matériau grossier peu-



vent subir le même traitement. On mêle les matières qui traversent le tamis de 10 mailles au pouce en les secouant dans une feuille de papier retenue par les coins. Elles sont ensuite réduites en poudre (pour traverser un tamis de 150 mailles au pouce) dans un broyeur à garniture et à billes de céramique. Pour certains essais, on utilise des échantillons non broyés de sol ou de sédiments alluvionnaires ; mais pour d'autres, on utilise seulement le matériau ayant traversé un tamis de 80 mailles au pouce. Pour les essais par spectrographie, on recommande de traiter les échantillons de sol de sédiments fluviaux, jusqu'à ce qu'ils traversent un tamis de 200 mailles au pouce, et de les réduire en cendres pour les débarrasser des matières organiques. Certains échantillons de roche et de sol doivent être concentrés par lavage à la batée, par ségrégation magnétique ou quelque autre méthode.

#### *Incinération des échantillons*

La plupart des échantillons biogéochimiques sont réduits en cendres avant l'analyse, mais dans certains cas les éléments recherchés sont séparés par dissolution (extraction par solvant), plutôt que par incinération. Généralement, on les sèche au soleil ou au four avant l'incinération (incinération par voie sèche) ; mais pour certaines études, on incinère les matériaux à l'état naturel (incinération par voie humide). Selon une méthode spéciale appelée « incinération du plasma à froid », on procède par oxydation à l'oxygène pur, sans chaleur.

#### *Ouvrage à consulter*

Lavergne, P. J.

*Field and laboratory methods used by the Geological Survey of Canada in geochemical surveys, n° 8 : Preparation of geological materials for chemical and spectrographic analysis, Commission géologique du Canada, étude 65-18, 1965.*

### ANALYSES

Une partie du chapitre xiv traite des principes fondamentaux des analyses. Étant donné que les méthodes utilisées en prospection géochimique reposent sur ces principes, il serait bon de consulter ce chapitre avant de lire ce qui suit. Les méthodes utilisées en prospection géochimique doivent être assez sensibles pour permettre la détection de quantités infimes d'un élément donné, assez précises pour qu'aucune anomalie importante ne passe inaperçue, et assez économiques pour permettre l'analyse d'un grand nombre d'échantillons à des coûts raisonnables. En principe, les méthodes devraient être assez simples pour que des personnes ayant une formation limitée mais travaillant sous la surveillance de spécialistes puissent s'en servir ; elles ne devraient exiger qu'un matériel relativement léger. En général, la mise au point de ces méthodes relève du géologue et du chimiste intéressés au projet, en fonction des besoins particuliers. On accordera toute l'attention nécessaire aux éléments recherchés, à leur mode de liaison chimique dans l'échantillon et à leur association à d'autres éléments, aux degrés



R. H. C. Holman

Planche LXVII A. Laboratoire mobile de spectrographie. Y refroidisseur d'eau, Z : pompe à eau.



R. H. C. Holman

Planche LXVII B. Chambre de spectrographie, vue de fond de la roulotte. A — spectrographe, I — support de spectrographe portatif, J — ventilateur, K — bain révélateur, L — densimètre, M — aérotherme à gaz, N — porte à deux battants, O — chambre du densimètre, P — chambre noire, Q — chambre du spectrographe.

de concentration des éléments, au nombre d'échantillons, à la disponibilité des techniciens et du matériel, aux coûts et à d'autres facteurs pertinents.

D'autres publications décrivent diverses méthodes et leurs variantes. La prospection géochimique croît sans cesse : on en modifie constamment les méthodes afin de l'améliorer de plus en plus. Parfois, on voit naître de toutes nouvelles méthodes qu'il nous est impossible de décrire ici de façon assez détaillée pour permettre au débutant de procéder à des essais satisfaisants. Le bref exposé qui suit ne veut que présenter les méthodes les plus en usage à l'heure actuelle et il renvoie à la liste des publications à consulter.

D'une façon très générale, les essais les plus courants se rattachent à la spectroscopie ou aux couleurs des composés chimiques renfermant différentes quantités d'un élément donné. Les méthodes spectrographiques comprennent la *spectroscopie d'émission ordinaire*, l'*analyse par fluorescence aux rayons X*, et la *spectrophotométrie d'absorption*. On fait appel à la spectroscopie d'émission lorsqu'il s'agit de déterminer plusieurs métaux ; elle permet d'obtenir des références permanentes, généralement sous forme de films. Cette méthode, toutefois, ne saurait donner de bons résultats qu'entre les mains de techniciens compétents. On peut dire la même chose des méthodes spectrographiques par rayons X, qui ont cependant l'avantage de ne pas détruire l'échantillon pendant l'analyse. La spectroscopie d'absorption connaît depuis peu une grande popularité parce qu'elle est aussi efficace dans les essais partiels que complets et parce que les profanes peuvent très bien s'en servir. La spectrophotométrie d'absorption présente certains inconvénients dont il faut tenir compte. Il existe à l'heure actuelle des spectroscopes d'émission et d'absorption, à lecture directe, qui indiquent sur cadran ou bandes imprimées les éléments décelés ainsi que les quantités correspondantes.

On peut déterminer différentes concentrations d'un grand nombre d'éléments dissous dans l'acide, l'eau ou d'autres solutions, par *photométrie à la flamme* ou par observation ou mesure de l'intensité de la couleur des solutions, soit directement, soit après avoir ajouté une teinture. À cette fin, on utilise généralement le dithizone, car il donne des solutions de couleurs différentes selon qu'il réagit en présence du manganèse, du fer, du cobalt, du nickel, du cuivre, du zinc, du palladium, du platine, de l'argent, du cadmium, de l'étain, de l'or, du mercure ou d'autres métaux. L'acide rubéanique sert aussi dans un grand nombre de cas.

La *chromatographie sur papier* utilise des papiers spécialement traités, sur lesquels on applique une petite quantité de la solution à analyser. L'élément se révèle d'après la couleur qui apparaît ou d'après l'intensité de la réaction ; la quantité se déduit d'après l'intensité de la couleur et l'étendue de la réaction sur le papier. Quant au mercure et à l'uranium, on procède en général à des mesures de la fluorescence au rayonnement ultraviolet (p. 222).

Les quantités déterminées par des analyses géochimiques sont en général si infimes qu'elles sont exprimées, en

*parties par million*, plutôt qu'en pourcentage de l'échantillon. (Pour comprendre la signification de l'expression « parties par million », il faut se rappeler que 1 p. 100 représente une partie sur 100, que 0,1 p. 100 représente une partie sur 1 000, et que 0,0001 représente une partie sur un million.) En raison du nombre considérable d'échantillons et d'analyses que nécessitent les recherches géochimiques, on se contente souvent d'une méthode analytique, lorsqu'une forte proportion des résultats correspond à ceux d'une méthode plus précise. Stanton reconnaît qu'en géochimie on peut se satisfaire des analyses chimiques rapides si 95 p. 100 des résultats ne comportent pas de marge d'erreur supérieure à 25 p. 100 ; il ajoute que les chercheurs expérimentés obtiennent généralement des résultats à 10 p. 100 près.

#### Ouvrages à consulter

- Cameron, E. M. et Horton, R. E.  
« Analysis of rocks using a multi-channel emission spectrometer », *Chem. Geol.*, vol. II, 1967.
- Cruft, E. F. et Giles, D. L.  
« Direct reading emission spectrometry as a geochemical tool » *Econ. Geol.*, vol. LXII, n° 3, 1967, pp. 406 à 411.
- Holman, R. H. C. et Durham, C. C.  
*A mobile spectrographic laboratory*, Commission géologique du Canada, étude 66-35, 1966.
- Ritchie, A. S.  
« The identification of metal ions in ore minerals by paper chromatography », *Econ. Geol.*, vol. LVII, n° 2, 1962, pp. 238 à 247.
- Shaw, D. M. (rédacteur)  
*Studies in analytical geochemistry*, Société royale du Canada, publication spéciale n° 6, 1963.
- Stanton, R. E.  
*Rapid methods of trace analysis*, London, Edward Arnold, 1966.
- Warren, H. V. et coll.  
« Acetonic dithizone in geochemistry », *Econ. Geol.*, vol. XLVIII, n° 4, 1953, pp. 306 à 311.

#### Profils, plans et cartes

Les données géochimiques sont habituellement inscrites, soit à titre d'information personnelle, soit à des fins de publication. Des profils (figure 35), indiqueront d'ordinaire les résultats obtenus le long de cheminements droits et isolés ; alors que, pour représenter les résultats obtenus le long d'un cours d'eau, on utilisera soit des points ou des chiffres, ou les deux, sur les plans et cartes, soit des zones ombrées ou plus accentuées (figures 36 et 37), ou encore des « profils ». Les résultats des travaux effectués par quadrillage sont d'ordinaire indiqués sur un plan ou une carte. Dans le cas de travaux très poussés, on peut préparer un ou plusieurs plans ou cartes de « travail » ou de « référence » pour recueillir les données qui permettront « d'interpréter » le plan ou la carte. Des couleurs ou des symboles différents peuvent désigner divers éléments sur une même feuille de papier, et les variations dans les quantités peuvent être indiquées par la grosseur des points ou par d'autres symboles. On peut d'autre part

dresser des cartes pour chacun des éléments, soit sur papier opaque soit sur feuilles transparentes superposables. Certains plans et cartes comportent des courbes semblables aux courbes de niveau des cartes topographiques, où les zones comprises entre les courbes peuvent être accentuées par des couleurs ou des grisés.

Les résultats des études géochimiques ne peuvent, dans la majorité des cas, trouver d'interprétation satisfaisante dans une étude statistique ou dans un simple tracé. Il faut également tenir compte des caractéristiques topographiques et géologiques de la région.

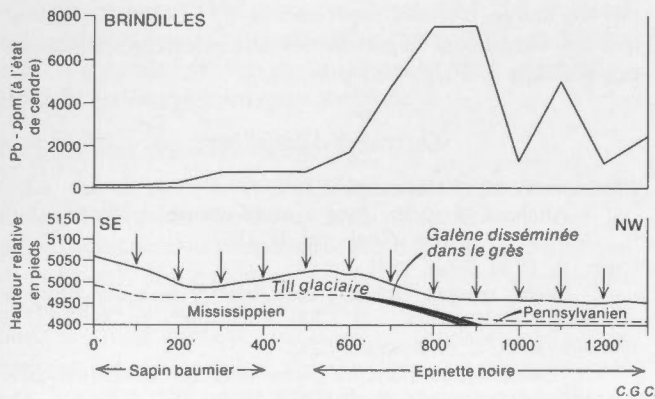


Figure 35. Profil indiquant la teneur en plomb dans les brindilles, au-dessus et à proximité d'un gîte de plomb situé selon l'illustration au bas du schéma, Cap-Breton (Nouvelle-Écosse), (d'après M. Carter, thèse de Maîtrise en Sciences, Département de géologie, Université Carleton, 1965).

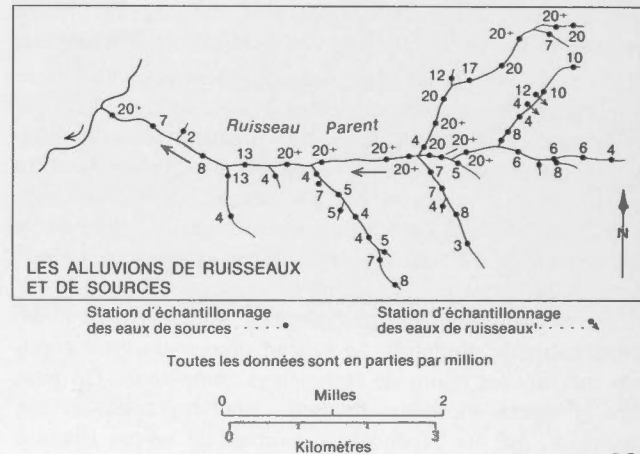
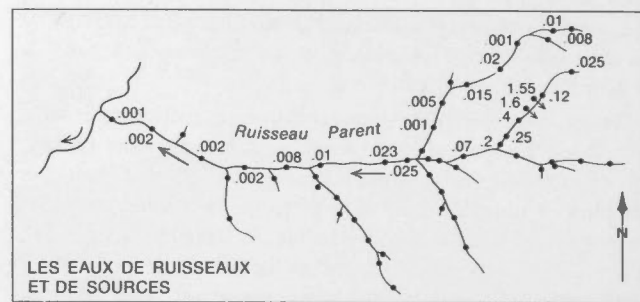
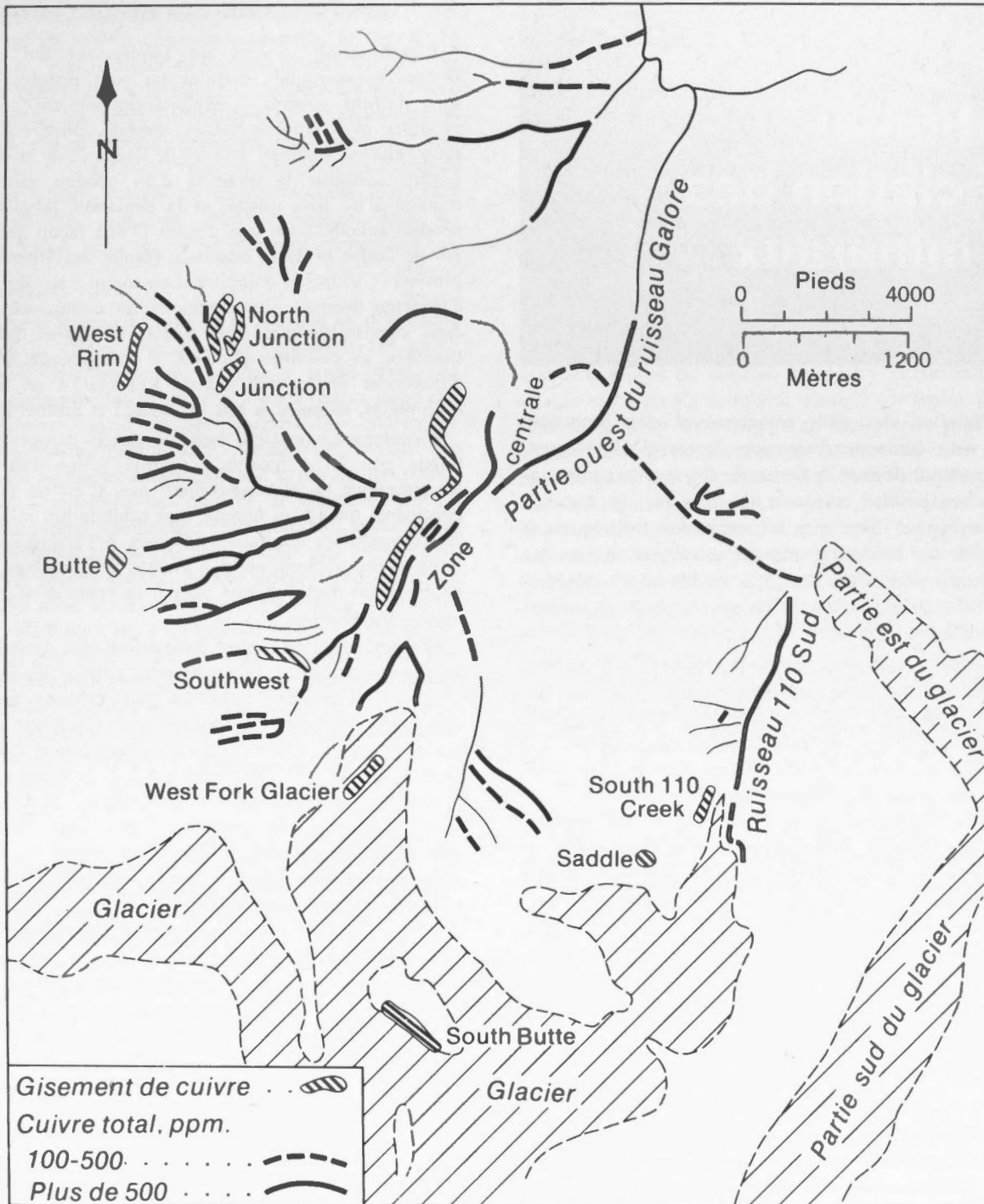


Figure 36. Teneur en métal lourd (zinc) dans des cours d'eau et sources, et dans les sédiments de cours d'eau et sources, indiquée aux points d'échantillonnage, région de Keno Hill, Yukon (d'après Gleason et autres, Commission géologique du Canada, cartes 20-1964 et 21-1964).



C.G.C.

Figure 37. Étude des sédiments de la Galore Creek, C.-B. Les anomalies sont représentées par deux symboles (d'après D. A. Barr, *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXIX, 1966).

## évaluation et appréciation des gîtes minéraux

L'appréciation des gîtes minéraux et des propriétés minières peut demander beaucoup de temps et d'argent, sans pour autant donner de certitude absolue, la configuration et la composition minérale des gîtes variant d'un endroit à un autre. Bien que les méthodes techniques et scientifiques de l'industrie minière comptent parmi les plus perfectionnées, bien des gîtes et des mines comportent des caractéristiques qu'on ne peut connaître qu'après épuisement du minerai.

L'appréciation des gîtes, sauf pour les premiers travaux revient aux ingénieurs miniers versés en matière d'exploitation et de géologie, ou aux géologues qui connaissent le génie minier. Nous ne traiterons pas la question ici. Nous dirons seulement que les prospecteurs doivent aussi connaître les principes d'évaluation des gîtes, pour aider géologues et ingénieurs à établir s'il y a lieu d'entreprendre des travaux préliminaires et à déterminer la nature des travaux. Les compagnies ne peuvent envoyer un ingénieur ou un géologue examiner chacun des terrains où les prospecteurs indépendants croient avoir décelé la présence de métaux. Les prospecteurs exécuteront eux-mêmes les travaux préliminaires et soumettront un rapport à leurs clients ou aux sociétés qu'ils veulent intéresser. Au besoin, ils pousseront plus avant leur travaux d'exploration et d'appréciation. Ils sauront de cette manière si une exploitation serait rentable, ce qui sera utile, et au bailleur de fonds, et à la société d'exploitation minière.

On ne peut presque jamais évaluer la rentabilité de gîtes minéraux sans examen. Dans la plupart des cas, il faut en faire l'appréciation et l'exploration ; on procédera par étapes, c'est-à-dire, par élimination. L'appréciation et l'exploration sont étroitement liées, mais nous les aborderons ici séparément pour en faciliter la compréhension. Nous décrirons tout d'abord les travaux du prospecteur ; puis, moins en détail, les travaux qui portent par la suite sur les découvertes les plus prometteuses. Quant à l'échantillon, nous en décrirons d'abord les méthodes et nous indiquerons ensuite celles que le prospecteur peut utiliser.

### APPRÉCIATION DES DÉCOUVERTES

L'exploitation minière est fondée sur des principes d'ordre économique ; certains lui sont propres, d'autres sont d'ordre général. L'exploitation minière consiste à produire et à commercialiser minerai, minéraux et métaux ; elle est soumise, à la loi de l'offre et de la demande. L'offre constitue la quantité d'un produit mise sur le marché à un prix donné, et la demande, la quantité du produit achetée à un prix donné. D'une façon générale, le jeu de l'offre et de la demande résulte de l'interaction de plusieurs sources d'approvisionnement et de besoins d'origines diverses ; les stocks et les commandes varient donc continuellement d'où parfois de fortes fluctuations des prix. À certaines époques, il est presque impossible d'intéresser une société ou un financier à tel métal ou tel minéral, même si le gîte est étendu et prometteur.

L'exploitation minière (pétrole et gaz compris) se distingue par sa « récolte » unique : une fois épuisés, les gisements ne se renouvellent pas. C'est un élément à considérer quand on finance une exploitation minière. On ne récupère les capitaux consacrés à l'acquisition d'une mine, à son exploration et à l'achat de l'outillage que par les bénéfices d'exploitation ou par la vente de la propriété ou de l'installation.

D'autre part, une forte proportion des venues minérales n'ont pas assez de valeur pour couvrir les frais d'exploitation. Les gîtes minéraux ont diverses formes et dimensions ; en général, ils n'ont de valeur que s'ils sont considérables et de forte teneur. On élimine immédiatement la plupart des petits gisements. Quant aux gisements prometteurs, soit par leur étendue et leur teneur en minerai, soit par l'indice qu'ils donnent d'autres gisements plus rentables, on doit consacrer beaucoup de temps et d'argent à en déterminer la valeur. Les affleurements sont rares, et même quand la roche affleure, on n'en connaît par les caractéristiques souterraines. On procède donc par élimination : les prospecteurs choisissent les plus prometteurs pour y mener plus avant l'exploration préliminaire, éliminent peu à peu les plus pauvres et poursuivent l'examen des plus riches en minerai. Quand commence l'exploitation, on a donc consacré déjà quelques millions de dollars, non seulement à la recherche et à l'achat d'équipement, mais à bien des explorations sans résultats. Ces inconvénients ne doivent pas décourager le prospecteur, car ils n'empêchent pas l'industrie minière de prospérer. Un gîte prometteur peut souvent se vendre à prix raisonnable, même si après une exploration plus poussée, il ne répond pas à l'attente ; et une propriété à bon rendement rapporte de gros bénéfices. Mais il ne faut pas oublier que bien des découvertes sont sans valeur. Nous exposerons ci-après les principaux facteurs d'appréciation d'une découverte. Dans la plupart des cas, l'étendue ou la teneur du gîte est insuffisante et il est inutile de poursuivre les travaux. On dit souvent qu'un gisement sur cent est prometteur et qu'un gisement prometteur sur cent est rentable.

La plupart des examens comportent deux parties : tout d'abord, on cherche à connaître l'étendue, la teneur, la continuité du gîte et divers éléments connexes. Ensuite, on cherche à déterminer si le milieu, la nature des minéraux ou des roches, les structures et diverses autres caractéristiques géologiques peuvent révéler un gîte important. Cette partie relève de la géologie, mais les prospecteurs et autres techniciens miniers doivent s'y connaître aussi. Il est fort recommandé aux géologues d'étudier pendant deux semaines la région où se trouve un gisement promoteur.

### *Dimensions des gîtes*

L'étendue et la teneur moyenne constituent les principaux critères de la valeur d'un gîte. La dimension des mines productives varie beaucoup, depuis la poche d'où l'on extrait quelques tonnes de minerai à forte teneur jusqu'aux mines immenses, d'où on peut extraire des milliers de tonnes de minerai chaque jour, pendant des années. Un homme seul ou une petite équipe, peut exploiter une poche, si elle est à proximité des moyens de transport, ou s'il s'agit d'un produit facilement transportable, comme des pierres précieuses ou de l'or libre. Quant aux gîtes exploitables à très grande échelle, ils sont extrêmement rares. La plupart des gîtes actuellement en exploitation sont entre ces deux extrêmes ; on y extrait de 100 à 5 000 tonnes de minerai par jour, mais en général moins de 2 000 tonnes. Le minerai est généralement trop pauvre pour qu'il soit payant de l'expédier à l'état brut ; aussi, doit-on presque toujours construire sur le terrain de la mine une usine de concentration. Les plus petites installations, d'une capacité de 100 tonnes par jour, coûtent au moins \$ 100 000 et les plus complexes peuvent coûter plusieurs millions. Si on ne veut pas courir de risques, on ne fait pas d'exploitation avant de savoir s'il y a suffisamment de minerai pour que les bénéfices couvrent les frais d'outillage et de construction d'usine. Seulement, pour le savoir, il faut faire des travaux qui demandent énormément de temps et de dépenses. En général, on estime raisonnable d'entreprendre une exploitation si elle peut être alimentée pendant trois ans et s'il y a lieu d'espérer, d'après les résultats d'une étude géologique, que le gîte se révélera beaucoup plus vaste au fur et à mesure de l'exploitation. En d'autres termes, si on sait ou si on présume que le gîte meurt latéralement et en profondeur, on ne construira une usine que si le tonnage assure le remboursement des frais de construction. Mais si, d'après les observations géologiques, le gîte se prolonge bien au-delà du massif assurant trois années de production, on pourra construire une usine, même si la production des trois premières années ne permet pas de couvrir les frais d'immobilisation. On a exploité certaines mines plusieurs dizaines d'années sans savoir à l'avance si les réserves de minerai dureraient plus de deux à cinq ans, mais au point de vue géologique, elles semblaient exceptionnellement prometteuses.

Les minerais composés en grande partie de quartz ou d'autres minéraux légers occupent en moyenne un volume de 12 pieds cubes par tonne, les minerais en grande partie

métallifères, 10 pieds cubes par tonne et les minerais fortement métallifères, un volume plus petit encore. Il faut environ 110 000 tonnes, soit environ 1 300 000 pieds cubes, pour que pendant trois ans une usine de concentration puisse traiter 100 tonnes par jour. Si le massif de minerai était un filon large de trois pieds et long de mille pieds, il faudrait que l'on prouve qu'il ait 430 pieds de profondeur pour qu'on puisse en extraire du minerai pendant trois ans, à raison de 12 pieds cubes par tonne en moyenne. Une exploitation peut porter sur plusieurs gîtes, mais seulement s'ils ne sont qu'à quelques centaines de pieds. Les frais d'examen et d'extraction seront alors plus élevés.

Si on ne peut s'assurer qu'un gisement contient au moins 100 000 tonnes de minerai, on ne s'y intéressera que s'il est très riche ou s'il comporte d'autres particularités exceptionnelles. Si un filon large d'au moins trois pieds semble contenir une quantité suffisante de minerai, mais qu'il soit masqué par un mort-terrain, on pourra voir, en le dépouillant ou en creusant des tranchées, s'il se prolonge sur plusieurs centaines de pieds ; si tel est le cas, on cherchera à connaître sa profondeur pour savoir si le tonnage serait suffisant. Certains gîtes meurent ou sont disloqués par des failles presque en surface, d'autres ont une grande profondeur. On espère que la profondeur du gîte égale au moins la moitié de sa largeur.

Nous avons parlé d'une largeur de trois pieds, étant donné que c'est la largeur minimum d'une excavation. Un filon n'est pas rentable s'il n'a pas au moins trois pieds, à moins que sa richesse compense la roche de rebut qu'on devra en extraire. On peut exploiter certains gîtes, d'une haute teneur en or, par exemple, ou en argent natif, ou en pechblende, même s'ils n'ont que quelques pouces de largeur : il suffit d'enlever deux ou trois pieds de roche de rebut de chaque côté de la veine ; mais il n'y a guère de gîtes assez riches pour justifier ce travail.

Avant d'abandonner un petit gîte de surface, le prospecteur doit s'interroger sur ses possibilités en profondeur ou latéralement et même se demander si ce n'est pas la fenêtre d'un gîte important. C'est parfois le cas, mais bien souvent aussi, les gîtes s'amenuisent et meurent en surface ou à peu de profondeur. Les gîtes sont généralement en profondeur ce qu'ils sont en surface ; si en surface ils sont courts et étroits, ou s'ils forment une série ou une agglomération de petites lentilles, il en est probablement de même en profondeur. Parfois, des affleurements insignifiants ont permis de découvrir des gisements importants. Certains affleurements faisaient partie d'un massif de minerai très étendu que l'érosion avait à peine dépouillé. Parfois, aussi, il s'agissait de gîtes formés de masses arrondies, groupées en amas, dont une seule, de faible dimension, perçait la surface. Ce sont là des cas remarquables mais rares, et il serait absurde de procéder à des recherches coûteuses sur chaque petite venue minéralisée. On ne le fera que si les conditions géologiques du milieu sont des plus favorables, par exemple, si la venue se trouve dans une faille, une zone prononcée de cisaillement, ou une

grande zone d'altération qui a été associée ailleurs à d'importants gisements, ou encore dans un type de formation rocheuse — calcaire par exemple — où on a déjà trouvé des gisements, dans la même région.

### *Teneur en minéraux*

Quand on n'a jamais vu un gîte minéral on s'imagine souvent qu'il se compose de métal pur ou d'une masse compacte de quelque minéral comme la galène. Or, presque tous les gîtes, même les plus riches, sont formés d'un mélange de minéraux ; ceux qui ont de la valeur ne représentent qu'une fraction et sont d'ordinaire répartis inégalement en grains ou en petites masses. Les grains sont souvent microscopiques et lorsqu'on examine au microscope d'assez gros amas d'un minéral qu'on croyait à l'état pur, on constate qu'il contient des particules d'autres minéraux.

On appelle *teneur* la quantité de minéraux utiles présente dans un gîte. La teneur en or et autres métaux précieux s'exprime en onces par tonne de minerai. La teneur en métaux communs et en certains minéraux industriels, s'exprime en pourcentage, et pour certains gîtes on emploie des termes spéciaux. Comme la teneur d'un gîte varie, il faut pour l'évaluer correctement faire la moyenne des résultats d'analyses ou d'essais effectués sur de nombreux échantillons prélevés selon des méthodes dont il sera question plus loin. Cependant, le prospecteur doit d'abord se faire une opinion d'après quelques échantillons lavés à la batée ou analysés. S'il n'a pas de mal à prélever les échantillons et à les faire essayer et si les essais ne coûtent pas trop cher, il pourra en prélever beaucoup.

La composition des gîtes est rarement uniforme. Certains comportent des parties à forte teneur et des parties à faible teneur, et ont dans l'ensemble assez de valeur pour être exploités en entier. D'autres contiennent des sections rentables, les *colonnes minéralisées*, séparées les unes des autres par des sections où le minerai est trop dispersé pour qu'on se donne la peine de l'extraire. Souvent, on détermine la teneur moyenne qui rendrait l'extraction rentable ; comme certaines sections ont une teneur supérieure à la moyenne, on extrait aussi du minerai d'une teneur inférieure qu'on mélange au minerai le plus riche. La *teneur limite* est celle au-dessous de laquelle l'exploitation n'est pas rentable. Le *minerai marginal* a la teneur limite ou ne la dépasse que de peu, la roche *infra-marginale* n'a pas tout à fait la teneur limite, mais on pourrait la considérer comme un minerai par suite d'un enlèvement des prix ou d'une baisse des frais d'exploitation. Le prospecteur débutant ne doit pas s'emballer à la lecture de rapports d'essais ou d'analyses indiquant la présence de traces de métaux ou d'autres éléments. La plupart des roches et des minéraux contiennent de nombreux éléments en quantités négligeables.

L'appréciation exacte de la teneur d'un gîte relève de spécialistes compétents. Elle gagne d'ordinaire en précision au fur et à mesure de l'exploration. L'appréciation d'une

découverte par le prospecteur, et d'un gîte prometteur par un ingénieur ou un géologue, sera assez précise, mais l'évaluation du rendement d'un gîte exploitable, sera encore plus précise. Le prospecteur doit être en mesure de dire si le gîte découvert mérite qu'on s'y intéresse. Il s'en fera une idée d'après la richesse d'autres mines productives. De façon générale, on peut exploiter des gîtes très étendus et à faible teneur, car les frais diminuent proportionnellement à l'augmentation du volume des affaires, si bien qu'il vaut mieux exploiter un gîte uniforme dont le minerai a une teneur moyenne et même basse, qu'un gîte riche mais peu étendu, surtout si le minerai y est irrégulièrement réparti. À l'heure actuelle, la plupart des minerais d'or extraits au Canada valent de \$ 10 à \$ 25 la tonne ; les compagnies qui extraient de l'or reçoivent généralement une subvention. Les mines de métaux communs contiennent en moyenne de 1 à 10 p. 100 de cuivre, de plomb, de zinc, ou d'un mélange de ces métaux, mais certaines mines de cuivre importantes ont une teneur moyenne inférieure à 1 p. 100.

### *Autres caractéristiques géologiques*

Outre l'étendue, la teneur et divers éléments non géologiques dont nous parlerons plus loin, certaines caractéristiques géologiques — type et structure du gîte surtout — constituent des critères de rentabilité.

Certains types de gîtes sont reconnus pour leur étendue et la régularité de leur teneur. Ainsi, les gîtes stratifiés tels que les filons houillers, les gîtes sédimentaires de minerai de fer et les roches stratifiées d'où l'on extrait les minéraux industriels, ont généralement une teneur assez égale et couvrent de grandes étendues. De même, les gîtes de substitution sont généralement de grandes dimensions ; souvent, ils sont agglomérés, de sorte que si l'on en découvre un, on peut espérer en trouver d'autres à proximité. Les filons ont des dimensions variables : les petits ne s'étendent généralement pas beaucoup, les gros sont étendus et profonds. En général, les gîtes de pegmatite ont des dimensions restreintes et le minéral de valeur qu'ils renferment est réparti très irrégulièrement. On ne les exploite presque pas, sauf quand ils sont groupés. Si, dans la région, d'autres gîtes du même genre ont été explorés ou exploités, on se renseignera sur leurs caractéristiques.

Il est parfois essentiel de savoir si un affleurement représente une minéralisation primaire ou une minéralisation supergène. En général, au Canada, les gîtes supergènes ne s'étendent pas beaucoup en profondeur. Dissous, puis déposés au cours des âges par les eaux de surface, ils forment parfois des concentrations dans le voisinage des minéraux primaires affleurants qui se trouvent par conséquent beaucoup plus riches que la partie primaire inférieure. Comme par ailleurs, les eaux de surface dissolvent et emportent les minéraux primaires de la partie supérieure, elle peut sembler très pauvre et induire le prospecteur en erreur. Les géologues sont en mesure d'interpréter ces phénomènes, et un prospecteur compétent pourra se faire une opinion.

La structure d'un gîte influe souvent sur sa valeur économique en fixant son pendage, en affaiblissant la gîte lui-même ou ses épontes ou en provoquant des failles qui le déplacent. C'est l'exploitation des gîtes les plus étendus qui coûte le moins cher, car on en extrait le minerai à ciel ouvert au moyen de pelles mécaniques et de bulldozers. On transporte le minerai hors de la fosse par camions, téléphériques ou, dans les plus grandes fosses, par wagons de chemin de fer qui tournent en spirale au flanc de l'excavation. On exploite de cette façon des dépôts houillers horizontaux ou épais, d'autres dépôts sédimentaires, et la partie supérieure de vastes gîtes de substitution et de métasomatose de contact. Les gîtes étendus et profonds seront exploités à bon compte par galeries souterraines. Les veines plus étroites que longues et profondes seront exploitées à peu de frais si leur pendage est accentué (50 degrés ou plus) ; le minerai extrait descend par gravité dans les cheminées à minerai et on le recueille à un endroit approprié au levage ou au transport par camions. L'exploitation d'un filon peu incliné coûte généralement plus cher, car le minerai abattu doit être ramassé ou raclé mécaniquement. La structure et la stratigraphie influent sur la résistance du minerai ou de la roche encaissante ; les frais d'exploitation augmentent sensiblement quand il faut soutenir par des étais et du remblayage le minerai ou la roche affaiblis par les fractures ou les failles. De même, il faut parfois étayer la roche qui recouvre un massif de minerai, lorsqu'elle est naturellement faible, indépendamment de sa structure. Lorsqu'un gîte a été déplacé par des failles, les frais d'exploration et d'extraction peuvent encore augmenter.

#### *Emplacement et moyens de transport*

Les possibilités d'exploration des gîtes et le coût d'exploitation sont également fonction de l'endroit, où il se trouve, d'une part pour ce qui est du transport et d'autre part, pour ce qui est de la main-d'œuvre, plus facile à trouver dans une région peuplée, où les travailleurs disposent de tous les éléments de la vie matérielle, de sorte que la société minière n'a pas à construire d'habitations et d'installations diverses.

La configuration du terrain intervient dans le calcul des frais d'exploration et d'extraction ; pratiquer des fendues (tunnels) coûte moins cher que creuser des puits de mine. Quand un gîte se trouve en montagne ou en pays très accidenté, on pratique habituellement une fendue pour l'explorer ou l'exploiter, soit en entier, soit dans sa partie supérieure. C'est ainsi qu'on procède dans la région de la Cordillère ; ailleurs au Canada, on creuse surtout des puits, le relief n'étant pas assez accentué pour qu'on perce des galeries à flanc de coteau.

Au stade de l'exploration comme à celui de la production, il faut avoir des possibilités de transport et d'alimentation en énergie électrique. Les travaux, sauf au début, exigent beaucoup de matériel et d'outillage ; avant d'exploiter une mine, il faut y transporter de la machinerie

lourde, des matériaux de construction et du matériel divers. Il faut prévoir en outre environ 35 livres d'équipement par tonne de minerai extrait. Enfin, il faut songer au transport du produit vers les marchés. Dans les régions du pays desservies par chemin de fer, par route ou par voie navigable, le transport est assez facile, mais il ajoute quand même aux dépenses d'exploration et d'exploitation. Le transport par avion ou par convois mototractés est encore plus cher. En pareil cas, le gîte doit être exceptionnellement prometteur. On exploite certaines mines — d'or surtout — même si elles se trouvent dans des régions éloignées et sans réseau routier ou ferroviaire, parce que leur valeur économique justifie le transport de la machinerie lourde par traîneaux et tracteurs, durant l'hiver, et l'expédition du produit par avion. Mais en général, on aménage des routes ou des voies ferrées pour relier les mines aux régions peuplées. Même les gîtes éloignés de quelques milles seulement des principaux moyens de transport doivent être beaucoup plus riches que les gîtes situés sur le parcours des voies de communication ; quant à ceux qui se trouvent dans des endroits très reculés, on les exploitera seulement s'ils sont riches et si on peut aménager des voies de communication. À cause des frais de transport, un minerai de valeur dans le centre de l'Ontario serait considéré comme sous-marginal dans des mines comme celles de Yellowknife et de Beaverlodge.

#### *Traitement*

Dans des cas spéciaux, on expédie le minerai sur le marché immédiatement après extraction ou après triage à la main. Mais en général, on traite avant d'expédier ; la plupart des houillères sont pourvues d'installations de criblage et de lavage, et dans nombre de mines de fer, le minerai subit un premier traitement avant l'expédition ; la plupart des mines possèdent des installations de concassage, de broyage et de concentration du minerai. Certaines ont des usines de traitement chimique ou de fonderie, où le minerai subit toutes les opérations de transformation sauf l'affinage final. Parfois, une usine déjà installée dans la région accepte de traiter le minerai extrait de mines voisines. Mais comme les minerais diffèrent beaucoup les uns des autres, il faut souvent construire des usines de type donné après un examen minutieux d'échantillons volumineux. La nature et le degré de complexité du traitement, et le taux de récupération prévu, entrent en ligne de compte dans le calcul des frais d'exploitation : ils aident à déterminer la valeur pratique de la mine. S'il y a d'autres facteurs favorables, on cherchera une méthode de traitement satisfaisante, mais si le gîte est éloigné, ou d'étendue et de teneur juste suffisantes à condition qu'il n'y ait pas d'obstacles, ou si le traitement est coûteux et ne donne qu'un faible taux de récupération, on renoncera à l'exploitation. Il ne faut cependant pas se montrer trop pessimiste en ce qui touche le traitement du minerai, car les méthodes évoluent. Une importante société minière du pays a recommandé au personnel travaillant sur le terrain



de ne jamais rejeter un gîte pour cette seule considération. Si les autres facteurs sont favorables, il faut plutôt chercher à perfectionner les procédés de traitement.

#### *Demande actuelle et demande prévisible*

Il faut connaître les conditions du marché pour chacun des métaux ou des minéraux qu'on veut exploiter. Les métaux communs, comme le fer, le cuivre, le plomb et le zinc, sont tellement demandés que les gîtes riches ont presque toujours une bonne valeur marchande, malgré de fortes fluctuations des prix. Il faut étudier avec soin le prix et la demande de produits qui ont un marché restreint. Parfois, il n'y aura pas de marché du tout, mais la découverte d'un gîte important peut en créer un.

On trouvera au chapitre xv des renseignements généraux sur la demande et sur les prix, mais ils sont périmés. Par contre, les publications minières comportent des données récentes. La plupart des prix cotés sont les prix marchands des produits de fonderie et d'affinerie. Quand les minerais ou les concentrés sont expédiés à une usine de traitement, les prix de vente du métal qu'ils contiennent sont beaucoup plus bas. D'abord, on ne paie rien pour les métaux dont l'extraction ne peut être rentable et on peut même imposer une réfaction, quand la présence d'éléments indésirables rend l'extraction des autres composants plus difficile. Les usines retiennent un certain montant pour couvrir les frais de traitement, et les entreprises privées cherchent en plus à réaliser des profits. Enfin, comme les prix de plusieurs métaux sont établis d'après les cours des marchés de New York et de Londres, les exploitants canadiens doivent tenir compte des frais de vente, d'assurance et de fret, des droits de douane et parfois des dépenses d'affichage. Les ingénieurs feront entrer ces éléments dans leur appréciation des gîtes. Le prospecteur, sans s'en préoccuper dans la même mesure, envisagera la demande prévisible et le fort écart possible entre la valeur du minerai et les cours des métaux et des minéraux.

Parfois, les prospecteurs se trompent sur la valeur d'un gîte ; ils prennent pour acquis que tous les éléments dont on constate la présence à l'essai ou à l'analyse pourront être récupérés de façon rentable. On peut récupérer de l'or et du cuivre, ou du plomb et du zinc, par exemple, mais il est rare qu'on puisse extraire les métaux ou les minéraux présents en quantités négligeables. Plus tard, on pourra envisager de le faire. Mais pour entreprendre les travaux préliminaires, on s'appuiera sur la présence de un ou deux éléments.

### ÉVALUATION DES GÎTES

Il faut analyser les découvertes qui semblent prometteuses, avant de se prononcer sur leur valeur. Comme nous l'avons dit déjà, on ne peut presque jamais évaluer la profondeur, la longueur, la largeur et la teneur d'un gisement sans le sonder et sans enlever du mort-terrain, *et cetera*. La détermination de l'étendue et de la teneur d'un

gîte constitue en fait de l'« exploration », mais comme ce mot désigne dans certaines publications des méthodes de prospection, nous parlons d'« évaluation » pour éviter toute confusion. La « mise en valeur », dont il est parfois question, s'applique en fait aux travaux qui, une fois terminée la reconnaissance du massif, précèdent l'entrée en production de la mine.

Une fois que le prospecteur a effectué les premiers essais et préparé la voie au géologue ou à l'ingénieur, il recommande le gîte prometteur à une société qui finance les travaux subséquents, et qu'elle effectue elle-même ou qu'elle confie à un prospecteur en lui donnant les fonds nécessaires et en lui indiquant comment procéder. Il s'agit d'un travail d'élimination qui mènera à l'abandon des gîtes prometteurs, et enfin à la mise en exploitation de quelques mines. Ce travail méthodique dure souvent plusieurs années ; rares sont les mines mises en exploitation moins de trois ans après la découverte du gîte. Ces dernières années, la moyenne était de six ans et demi. C'est qu'il ne faut courir de risques ; on effectue périodiquement des appréciations ; on n'investit que dans les gîtes les plus prometteurs. De nos jours, le prospecteur se limite aux premières étapes de l'exploration, à moins d'avoir l'appui financier nécessaire, mais il poursuit lui-même l'analyse des gisements qui lui inspirent confiance.

#### Évaluation par le prospecteur

Devant un gîte qu'il croit prometteur, le prospecteur doit d'abord se faire une idée de sa largeur et sa longueur. Avant de prendre ses outils — sauf pour prélever avec le pic de nouveaux échantillons d'affleurements, il effectuera la reconnaissance du terrain. D'autres affleurements peuvent en effet révéler la largeur et la longueur du gîte, de sorte qu'il sera inutile d'enlever du mort-terrain. De plus, la reconnaissance révèle parfois l'endroit le plus propice à la poursuite des travaux, ou encore conduit à la découverte d'une gîte prometteur.

La largeur ou l'épaisseur réelle d'un gîte, à un endroit donné, se mesure le long d'une ligne perpendiculaire à la direction et au pendage (figure 3). Si le pendage est vertical, la largeur à angle droit par rapport à la direction représente la largeur réelle. Si le pendage forme un angle de moins de quatre-vingt-dix degrés, la largeur mesurée à l'horizontale excède la largeur réelle. Ce détail est important, car la partie affleurante d'un gîte peut donner une fausse idée de sa largeur, surtout si le pendage est faible. De plus, bien qu'il existe des gîtes uniformes, la plupart s'élargissent ou se rétrécissent ; il faut donc déterminer leur largeur moyenne.

La longueur d'un gîte est la distance sur laquelle il s'étend dans sa direction. Pour déterminer la longueur, il faut comprendre comment un gîte plongeant affleure à la surface d'un sol en pente ou vallonné. Les affleurements d'un gîte à pendage vertical forment une ligne droite, même si le terrain est accidenté. En terrain plat, les affleurements d'un gîte à pendage incliné forment une

ligne droite, mais si le terrain est en pente, ils s'échelonnent vers le bas dans le sens du pendage. Le prospecteur novice peut avoir du mal à se représenter ce phénomène, mais il apprendra avec un peu de pratique à tenir compte des trois dimensions et de l'inclinaison du terrain. Il peut faire des expériences à l'aide d'une maquette en sable, en glaise ou en plastiline, sur laquelle il modèlera un terrain en pente ou une suite de collines et de vallées. Ensuite, à l'aide d'un morceau de carton plat qu'il insère dans la maquette à différents angles, il peut représenter un filon ou une couche rocheuse. L'intersection du carton et de la surface de la maquette illustre alors le mode de répartition des affleurements d'un filon ou d'une couche par rapport à la surface.

Lorsqu'on cherche à déterminer la longueur d'un gîte et que le pendage ou le terrain incitent à penser que les affleurements forment un alignement, on en fait un relevé et on le suit dans l'espoir de découvrir d'autres affleurements. Dans les autres cas, il faut penser que les affleurements peuvent décrire une courbe, et les chercher aux bons endroits. En rase campagne, on peut aligner des piquets ou des tas de pierres sur deux autres piquets déjà en place. En forêt, on ouvrira un sentier, pour orienter la recherche d'autres affleurements et pour faciliter ensuite l'exploration sommaire des affleurements. Nous avons supposé jusqu'ici que la direction du gîte était régulière. Mais nombre de gîtes décrivent des courbes ou changent de direction, ce qui ajoute à l'effet du pendage et du relief.

Si l'affleurement naturel n'est pas suffisant, soit en largeur, soit en longueur, le prospecteur le dégagera. Il suffit parfois de gratter et d'enlever la mousse ou une mince couche de mort-terrain (planche LXVIII). Parfois aussi, on creusera des tranchées pour atteindre la roche de fond. Les premières fouilles se font d'ordinaire à intervalles de 25 ou 50 pieds, à angle droit avec la direction du filon. Si on n'atteint pas la roche de fond à une profondeur d'environ 5 pieds, on arrête le creusage, du moins aux premiers stades de l'exploration. Pour savoir à quelle profondeur se trouve la roche de fond, on peut enfoncer dans le sol une barre, un tuyau de fer ou une tarière, sauf quand le mort-terrain renferme des quartiers de roc. On utilise parfois des barres spéciales munies à leur extrémité d'un dispositif permettant de prélever des fragments de roche, de sorte qu'on peut connaître la nature de la roche de fond sans avoir à creuser. Les essais de ce genre ou la présence d'affleurements montrent parfois qu'il sera plus facile d'atteindre la roche de fond en ne creusant pas à intervalles uniformes.

Si le gîte affleure ou a été mis à découvert, et qu'il s'agisse d'un filon étroit, il vaut mieux placer des repères soit au centre soit sur un des côtés, à l'aide d'un jalon, d'un pieu ou d'un tas de pierres et répéter l'opération le long de sa direction, pour mieux déterminer à quel endroit creuser les autres tranchées, en tenant compte du pendage s'il y a lieu.

Si la largeur et la composition minérale des affleurements mis à jour sont suffisantes le prospecteur continue



H. C. Gunning 81955

Planche LXVIII Filon de quartz mis à nu. Les dépressions creusées par le sautage sont remplies d'eau de pluie. Remarquer le cisaillement de la roche encaissante à côté du filon.

les fouilles pour savoir si le gîte est assez long pour intéresser un examinateur. Cette précaution n'est d'ailleurs pas nécessaire si largeur et contenu sont considérables. Quant le gîte paraît mourir dans une direction, on continue les fouilles dans les environs pour voir s'il ne va vraiment pas plus loin, s'il a été coupé par une faille et si on peut découvrir des rameaux ou des amas parallèles.

On prolongera les tranchées de un pied au moins de chaque côté du gîte, pour déterminer la nature de la roche encaissante et pour voir s'il n'y a pas d'autres veinules ou d'autres matériaux minéralisés. Si le gîte est très large, les premières tranchées ne le traversent pas nécessairement dans toute sa largeur. Il suffit de creuser des fosses à espaces réguliers sur toute sa largeur.

Quand les conditions le permettent, on peut enlever le mort-terrain au jet d'une pompe à incendie portative (planche LXIX). On peut aussi creuser une rigole pour amener l'eau d'un ruisseau qu'on laisse couler jusqu'à ce qu'elle entraîne le mort-terrain. Si le courant est trop faible, on peut l'augmenter en construisant un petit barrage rudimentaire muni d'une vanne d'un pied ou deux, en planches ou en billes équarries (planche LXX), et en l'ouvrant de temps à autre pour que l'eau accumulée se précipite dans la rigole. On installe parfois une vanne suspendue par des charnières et retenue par un loquet qui s'ouvre automatiquement par l'action d'un levier à l'extrémité duquel se trouve une boîte qui se remplit quand l'étang de retenue est lui-même plein.

Quand un gîte renferme des minéraux radioactifs, on peut parfois les détecter sous une mince couche de mort-terrain à l'aide d'un compteur Geiger ou d'un autre appareil de radioprospection. De même, la boussole d'inclinaison



A. H. Lang 5-6-1949

Planche LXIX Pompe à incendie portative pour creuser une tranchée dans le mort-terrain et pour nettoyer la roche de fond.



W. E. Cockfield 44088

Planche LXX Barrage en bois pour entraîner le mort-terrain.

son permet parfois de déceler un gîte contenant une quantité suffisante de magnétite ou de pyrrhotine.

Au fur et à mesure qu'on creuse des tranchées, on effectue de nouvelles appréciations, pour ne pas explorer inutilement un gîte trop petit ou trop pauvre. On peut faire des lavages à la batée et, si possible, envoyer des échantillons à analyser.

Le prospecteur verra ensuite s'il doit utiliser des charges d'explosif. Dans certains gîtes, la roche est trop altérée pour qu'on puisse s'en faire une idée juste ; il faut la faire sauter pour parvenir à la roche saine. Mais les prospecteurs ne savent pas toujours utiliser des explosifs sans danger, ou ils n'ont pas le matériel requis. D'ailleurs, il n'est pas indispensable de savoir faire du sautage ; nous expliquerons quand même plus loin comment procéder. Si la roche de surface est très désagrégée, et si on a les connaissances et le matériel voulus, on pourra pratiquer des trous dans la roche de surface, suivant l'une des méthodes décrites dans une autre section. On peut pratiquer quelques « trous d'éclatement » ou des tranchées dans la roche de quelques affleurements, ou au fond des tranchées creusées dans le mort-terrain. Mais, on limitera le dégagement ou le sautage au minimum nécessaire pour obtenir les renseignements qu'exigeront bailleurs de fonds et acheteurs éventuels ou pour faciliter l'examen du gîte par des spécialistes. Les spécialistes trouvent parfois que le prospecteur n'a pas suffisamment préparé le gîte, mais ils constatent souvent aussi qu'il a creusé des tranchées dans des endroits peu prometteurs, fait sauter la roche inutilement, ou même creusé une galerie en pure perte.

La dernière étape préliminaire, souvent négligée, consiste à relever sur un croquis la position et la nature des affleurements et des roches qui l'entourent, la position des tranchées, le numéro des échantillons, l'endroit du prélèvement, l'emplacement des sentiers, *et cetera*.

Le travail préliminaire terminé, on cherche à intéresser les investisseurs, ou on continue à prospecter ailleurs jusqu'à ce que le gîte soit examiné. Parfois, le spécialiste envoyé par des acheteurs éventuels peut, même si le prospecteur n'a pas conseillé d'acheter le terrain ou d'assumer les frais de recherches supplémentaires, lui demander de poursuivre lui-même certains travaux. Il arrive également que le prospecteur doive procéder, une autre année, à l'appréciation des claims et ainsi explorer le gîte plus loin. Il effectue alors des travaux plus poussés ; nous les décrivons par la suite. À moins d'être très compétent, il consultera un spécialiste, car les erreurs coûtent cher à ce stade ; il est parfois préférable qu'il ne fasse pas ces travaux lui-même.

Quand un gîte contient des quantités importantes de minéraux radioactifs, le sautage disperse les fragments, et on ne peut se fier au compteur Geiger ni aux autres appareils de radiodétection pour la prospection des terrains voisins ou l'analyse des affleurements. Il vaut mieux attendre la fin des travaux de radioprospection pour travailler aux explosifs. S'il faut faire sauter la roche pour

mettre à nu les parties du gîte qui contiennent des minéraux primaires, on peut recouvrir de billes la section qu'on veut faire sauter, pour réduire le plus possible la dispersion des fragments rocheux.

Les experts qui éliminent des gîtes indiquent souvent au prospecteur comment améliorer la présentation des venues. Les ingénieurs et les géologues des ministères provinciaux donnent aussi des conseils, mais ils ne peuvent inspecter chaque année toutes les concessions de leur district. Les géologues de la Commission géologique du Canada offrent volontiers des conseils aux prospecteurs et aux détenteurs de claims qui dressent la carte géologique d'une région ou y font des études spéciales. Cependant, les fonctionnaires fédéraux ne font pas de voyages spéciaux pour examiner des terrains pour les propriétaires. Le prospecteur peut encore recourir à un géologue-conseil ou à un ingénieur minier. Certains ne peuvent couvrir ces frais, d'autres, qui dépensent des milliers de dollars pour leurs claims ou à d'autres fins, n'en dépenseraient pas cent pour avoir l'avis de spécialistes.

### Échantillonnage

Un des principaux atouts du prospecteur, c'est de savoir prélever des échantillons représentatifs. En général, on fait quelques prélèvements chaque fois qu'une découverte semble avoir quelque valeur ; et on en fait d'autres en poursuivant l'exploration. On n'en effectuera beaucoup que si les affleurements renferment des minéraux précieux, comme de l'or visible à l'œil nu ou de la pechblende en masse. L'échantillonnage complet est un travail compliqué, exécuté ou dirigé la plupart du temps par un ingénieur minier ou un géologue, qui choisit la méthode convenant le mieux au type de gîte, et détermine le nombre d'échantillons nécessaires à une bonne appréciation de la teneur ou des coulées de minerai.

Nous n'exposerons pas en détail les diverses méthodes d'échantillonnage ; nous en donnerons un aperçu général, même de celles qui ne s'appliquent pas à la prospection proprement dite. Il est question d'échantillons dans les diverses publications, et souvent le lecteur ne comprend pas de quoi il s'agit. La plupart des méthodes décrites ci-après s'appliquent aux gîtes filoniens, quelques-unes aux placers. Les prospecteurs ne prélèvent que des échantillons par éclats, par saignées et au hasard ; certains se servent de petites foreuses au diamant ; parfois ils prélèveront des échantillons très volumineux. Nous décrirons les diverses méthodes d'échantillonnage, puis nous parlerons de celles qui intéressent le prospecteur en particulier.

#### Échantillonnage par saignées

On pratique des saignées de 2 à 4 pouces de largeur et de  $\frac{1}{4}$  à 1 pouce de profondeur, perpendiculairement à la direction d'un filon, ordinairement au ciseau à pointe et au marteau, parfois aussi au pic ou au marteau de maçon, quand la roche est tendre ou friable. On nettoie d'abord la surface au balai ou à la brosse. Les



A. H. Lang 200890

Planche LXXI Nettoyage d'une tranchée rocheuse avant le prélèvement des échantillons.

dimensions de la saignée peuvent varier, ainsi que la quantité prélevée, pourvu qu'elle soit uniforme. Lorsque la répartition des minéraux est inégale, on pratique des saignées assez importantes ; si les minéraux sont répartis trop inégalement, les saignées risquent de ne donner aucun résultat. L'échantillon sera uniforme et représentatif ; il faut se garder de prélever surtout des échantillons de matériel riche ou des spécimens faciles à obtenir. Si un gros morceau de roche se détache, on le brise et on n'en garde qu'un morceau de la grosseur voulue. Il faut recueillir soigneusement les tout petits fragments, car lors du découpage certains minéraux métallifères peuvent être pulvérisés. On peut recueillir le matériel de la saignée sur une bâche, une feuille de plastique, un morceau de toile cirée ou dans une caisse, une batée, une grosse boîte de conserve ou un sac tenu ouvert au moyen d'un cerceau de fil de fer. Il ne faut pas contaminer l'échantillon avec les poussières provenant d'échantillons antérieurs. Pour un pied linéaire de saignée, on prélève environ une livre. S'il est impossible d'expédier de grosses quantités, on peut réduire la grosseur de chaque échantillon ; nous expliquerons plus loin comment procéder.



E. D. Kindle 83403

- A. Prélèvement d'échantillons d'un affleurement, au ciseau et au marteau. Remarquer la toile disposée pour recevoir les échantillons.



A. H. Lang

- C. Échantillonnage par éclats, au pic de prospecteur. On peut recueillir l'échantillon de différentes façons. Ici, un fil de fer semi-rigide passé dans l'ourlet d'un sac permet de le garder ouvert. Il a été plié pour que le sac repose contre l'affleurement et puisse servir de poignée.



- B. Échantillonnage souterrain par saignée au ciseau et au marteau. La saignée, marquée à la craie, est perpendiculaire au filon de quartz. Des éclats de la roche encaissante sont aussi prélevés. Une toile sert à recueillir l'échantillon. On porte un masque pour ne pas respirer de poussière de roche. (Hollinger Consolidated Gold Mines Ltd.)



A. H. Lang

- D. Mise à nu d'un affleurement, à l'aide d'une pioche. En redressant la lame de la pioche, on en fait une pelle.

On marquera à la craie les endroits où on veut tailler des saignées. Dans le cas d'un gîte rubanné contenant différentes matières, il faut prélever des échantillons de chacun des rubans. Si la composition du gîte est à peu près uniforme et s'il a au maximum 4 pieds de largeur, on prélèvera un seul échantillon. Si le gîte a plus de quatre pieds, on prélève plusieurs échantillons. Il faut inclure quelques pouces de la roche encaissante de chaque côté du gîte, au cas où elle contiendrait aussi des minéraux. Si le gîte a moins de trois pieds de largeur, on prélève sur la roche encaissante des échantillons distincts, de façon à faire une longueur totale de trois pieds, la largeur d'une galerie de mine étant de trois pieds au moins, même si le gîte est moins large. Pour faciliter les calculs, on mesure les distances, non en pouces, mais en dixièmes de pieds.

On fait d'ordinaire une saignée à tous les 5, 10 ou 20 pieds, selon la grosseur du gîte, la répartition des minéraux ainsi que le temps et l'argent dont on dispose. Si l'emplacement des tranchées ou des affleurements ne permet pas d'espacer régulièrement les saignées, on en tient compte dans le calcul des résultats.

#### *Échantillonnage par éclats*

Cette méthode ressemble à la précédente, sauf qu'au lieu de pratiquer une saignée, on détache des éclats de roche à intervalles de un à plusieurs pouces. Ici encore, on utilise le ciseau ou le pic. Quand un éclat est trop gros, on le fragmente et on n'en garde qu'un morceau de grosseur moyenne. Cette méthode moins coûteuse et plus rapide suffit souvent, surtout pour l'échantillonnage préliminaire. Il est rare qu'il faille creuser des saignées dans des affleurements altérés, dont la surface est oxydée.

#### *Échantillonnage par carrés*

Cette méthode ressemble aux précédentes, mais on travaille sur une surface plus étendue — de un à plusieurs pieds carrés — pour que l'échantillon soit plus représentatif. Parfois, on trace une grille et l'on ne prélève des échantillons qu'à tous les deux carreaux.

#### *Échantillonnage au hasard*

On prélève des échantillons au hasard, dits échantillons révélateurs du caractère, sur le gîte même, sur un tas de réserve ou sur une berline. Plusieurs échantillons moyens donneront de bonnes indications sur les gîtes où les minéraux sont répartis assez également, surtout lorsqu'il s'agit d'un échantillonnage préliminaire. En général, cependant, on préfère l'échantillonnage par saignée ou par éclats. Il arrive souvent que des échantillons qu'on dit pris au hasard aient été choisis.

#### *Échantillonnage de spécimens*

Les échantillons de choix, pour servir à constituer d'éventuelles collections, ne sont pas représentatifs ; ce ne sont en fait que des spécimens ou de petits éclats extraits des meilleures parties d'un gîte ; les essais dont ils sont l'objet ne sont guère concluants. Par contre, ils facilitent l'identification des minéraux. En outre, lorsqu'ils ne révè-

lent qu'une faible teneur en minéral, on peut présumer que le gîte est encore plus pauvre. Mais autrement, il n'y a pas lieu de prélever des échantillons de choix ; pourtant bien des comptes rendus d'essais sont fondés sur ce type d'échantillon, soit que l'échantillonneur ne s'y connaisse guère en matière de prospection ou d'exploitation minière, soit qu'il cherche à attirer l'attention sur un gîte. Le public averti ne se fie ni aux rapports qui n'indiquent pas la méthode d'échantillonnage et la largeur représentée par l'échantillon, ni aux teneurs élevées observées sur des échantillons prélevés au hasard.

#### *Échantillonnage de grandes dimensions*

Quand on est sûr de la présence d'un gîte riche et étendu, on prélève des échantillons dont le poids va de quelques centaines de livres à plusieurs tonnes ; on les choisit le plus représentatifs possible. On les extrait par sautage dans les fosses, les tranchées, ou les chantiers souterrains. Le prospecteur n'emploie pas souvent cette méthode. Les gros échantillons servent à deux fins. Quand un gîte est irrégulièrement minéralisé, ils permettent d'apprécier la teneur avec plus de précision que l'ensemble des petits échantillons. D'autre part, l'abondance du matériel facilite les essais effectués en laboratoire pour déterminer la rentabilité du gîte, la méthode à suivre et le taux de récupération prévisible. Si on extrait du minerai dans plus d'une tranchée ou plus d'un chantier souterrain, on ne mélangera pas les échantillons, pour pouvoir comparer la teneur des différentes parties du gîte. Plus tard seulement, on pourra les grouper pour étudier le traitement à faire subir au minerai. Si le transport est facile, on expédiera les échantillons entiers. Sinon, on enverra un échantillon moins volumineux, mais assez représentatif de l'ensemble. Pour cela, avec une pelle, on entasse l'échantillon en forme de cône, après avoir fragmenté les plus gros morceaux au marteau. On verse chaque pelletée au sommet du cône, de façon que les petits morceaux roulent vers le bas. Quand le tas est formé, on en aplatit le sommet en éparpillant l'ensemble aussi uniformément que possible, de façon que la hauteur du tas égale environ le dixième de son diamètre. On enlève alors à la pelle deux quarts opposés du tas pour en former un nouveau, et on poursuit cette opération de division jusqu'à ce qu'on obtienne un échantillon de la grosseur voulue. On procédera à cette opération sur une bâche ou sur un plancher de bois, pour ne pas perdre les matériaux les plus fins. Parfois, quand les échantillons sont très gros, on utilise d'abord un broyeur portatif ; on poursuit ensuite la réduction suivant la méthode précédemment décrite, ou à l'aide d'un appareil spécial qui donne des résultats plus précis.

#### *Échantillonnage de déblais*

Par « déblais », on entend la roche ou le minerai abattus et tirés d'une fosse, d'une tranchée ou de chantiers souterrains. Lorsqu'on enlève ces matériaux, on en met parfois une partie de côté (d'ordinaire, une pelletée sur 5, 10 ou 20) pour constituer un échantillon. On préfère aussi des échantillons dits de berline, tantôt en mettant

de côté des morceaux pris au hasard pendant le chargement de la berline, tantôt en plaçant dans des caisses distinctes des matériaux semblables à ceux du fond, du milieu et du dessus du chargement.

### *Échantillonnage de rejets*

Lorsqu'on examine des propriétés qui ont déjà été explorées ou exploitées, on échantillonne parfois les rejets de tranchées ou de chantiers souterrains. Quand les tas sont petits, on procède à la mise en cône et à la division en quarts expliquées plus haut ou on prélève un certain nombre d'échantillons au hasard. Quand les tas sont gros, on y creuse des fosses ou des tranchées à intervalles bien calculés. Si les matériaux ont été longtemps exposés à la pluie ou à la neige fondante, l'eau a pu emporter certains matériaux fins ou en dissoudre une bonne partie.

### *Sondages*

Diverses méthodes de sondage, que nous exposerons plus loin, permettent de prélever des échantillons, généralement à intervalles soigneusement déterminés. On peut utiliser des tubes perforateurs ou des tarières de sondage structural pour explorer des placers ou d'autres gîtes sédimentaires tendres, s'ils ne sont pas enfouis trop profondément, et s'ils ne sont pas obstrués par de gros quartiers de roche. Il est parfois préférable de forer à la barre de mine ou à l'aide d'une foreuse en acier, à main ou pneumatique, puis de recueillir les déblais, qui sont sous forme de boues ou de poussières. Souvent, on perce de gros trous à l'aide de sondes percutantes et on recueille les déblais par pompage. Comme le sondage à la sonde percutante ne se pratique que verticalement, il ne sert généralement que pour des gîtes horizontaux ou très étendus, comme les placers et certains gîtes de fer. Le forage au diamant est très répandu. Il peut être pratiqué dans tous les sens et donne une carotte facile à étudier et à échantillonner. Si les carottes sont assez grosses, on peut les fendre en longueur à l'aide d'un outil spécial, analyser immédiatement une moitié, et conserver l'autre pour des analyses plus approfondies. Souvent aussi, on recueille des échantillons de boue de forage prélevés à différents niveaux, surtout dans les terrains où il n'y a pas de carottes continues, la roche étant trop tendre, trop friable ou concassée. Parfois, on prélève d'abord des échantillons de boue, puis on cesse quand on trouve des carottes.

### *Échantillons composites*

Une fois les analyses terminées, il arrive qu'on groupe les portions non utilisées des échantillons pour constituer un échantillon composite, qui sert à une analyse de vérification des divers résultats ou à des essais de traitement.

### *Échantillons prélevés par les prospecteurs*

Lorsqu'il découvre un gîte ou procède à une exploration préliminaire, le prospecteur n'utilise pas toutes les méthodes d'échantillonnage que nous venons de décrire. Il effectue tout d'abord des prélèvements par éclats ou au hasard ; les échantillons seront le plus représentatifs pos-

sible. Plus tard, si la valeur du gîte le justifie, il prélève des échantillons de saignées ou de déblais. Il n'est pas nécessaire d'apporter trop de soin à ces premiers travaux ; il s'agit d'évaluer les possibilités du gisement et non de faire un calcul précis du tonnage et de la teneur. Le premier échantillonnage demande quand même du soin et de la méthode. Si les minéraux de valeur sont répartis de façon irrégulière, il faut prélever des échantillons plus nombreux et plus gros.

L'échantillonnage des matériaux altérés à la surface d'un gîte pose des difficultés. Leur teneur peut être trop forte ou trop faible, ou presque égale à celle des matériaux non altérés. Souvent au cours des premières recherches, on ne peut extraire que des matériaux partiellement altérés. Si le gîte est assez étendu et les conditions géologiques favorables, on peut poursuivre les travaux tant que les essais révèlent une teneur acceptable, même si on ne peut se fier entièrement aux échantillons, à cause des altérations superficielles ou de l'imperfection de l'échantillonnage.

On peut parfois se faire sur place une idée approximative de la teneur d'un échantillon en le lavant à la batée, ou, s'il s'agit d'un matériau radioactif, en l'analysant à l'aide d'un appareil portatif de radioprospection. Pour obtenir des résultats précis, on expédie les échantillons à un laboratoire, où ils sont soumis à des essais pyrognostiques, à une analyse chimique ou spectrographique ou à d'autres essais spéciaux. On enverra des échantillons complets ou à tout le moins réduits, selon le mode de division, en quartz dont nous avons déjà parlé. Comme les échantillons sont plus petits, il sera préférable de les broyer assez finement, puis de les déposer sur un linge ou une feuille de papier et de les mélanger parfaitement au cours des mises en cône et des divisions répétées.

On recueille les échantillons dans de petits sacs en toile conçus à cette fin. S'ils ne sont pas neufs, on les retourne et on les lave avec soin pour empêcher la contamination par les éléments d'échantillons précédents. À défaut de sac, on prendra un contenant propre, solide et hermétique. On inscrit le numéro de l'échantillon sur une bande de papier fort qu'on enroule pour que le numéro ne s'efface pas, puis qu'on met dans le contenant. On peut aussi inscrire le numéro sur une étiquette qu'on fixe sur l'échantillon ou à l'extérieur du contenant à l'aide d'une substance indélébile. Il faut inscrire soigneusement dans un carnet, sur une carte ou sur un croquis les notes relatives aux échantillons.

Dans quelques provinces et territoires, des organismes officiels assurent les services d'analyse ; ailleurs, les prospecteurs doivent s'adresser à des sociétés commerciales pour les analyses et les essais d'échantillons volumineux. Ces entreprises annoncent régulièrement leurs services dans les périodiques miniers. Ni les organismes d'État, ni les fonctionnaires ne sont autorisés à recommander une entreprise en particulier.

En cas de doute, le prospecteur peut envoyer un échantillon à un laboratoire pour le faire pulvériser ; il fera en-

suite deux ou trois parts qu'il enverra analyser ailleurs. Il est peu probable que les résultats concordent à tous points de vue, en raison de différences entre les échantillons, d'une marge d'erreur prévue dans certaines méthodes, et enfin de légères différences entre les résultats des diverses méthodes. Mais si les résultats d'une série d'essais diffèrent beaucoup des autres, on procédera à une nouvelle vérification.

Les rapports d'essais et d'analyses signalent souvent la présence de quantités minimales de métaux ou d'autres éléments dont la récupération est rarement rentable. Le prospecteur n'en tiendra donc pas compte.

### Levés et croquis

Le prospecteur doit savoir faire des levés sommaires et inscrire les données sur des photographies aériennes, des calques ou des croquis, c'est-à-dire savoir situer les détails géologiques, les découvertes minérales, le lieu de prélèvement des échantillons et des spécimens, ainsi que les accidents de terrain. Il n'est pas nécessaire d'avoir une exactitude professionnelle ; on arrive assez rapidement, avec un peu de pratique, à dresser des plans suffisamment précis. Les résultats consignés servent d'aide-mémoire au prospecteur, et lui fournissent souvent des indications dont il n'aurait peut-être pas tenu compte autrement. Ils lui sont précieux lorsque vient le moment de présenter des comptes rendus ou d'intéresser acheteurs et bailleurs de fonds. Il y a deux catégories de cartes et de levés. La première couvre une zone assez étendue, comme un territoire de prospection ou un groupe important de claims. La seconde couvre des zones plus restreintes, par exemple, un seul claim ou la partie d'un claim où l'on a découvert un gîte ou creusé des tranchées.

#### Les zones étendues

Nous avons dit plus haut que les levés sur photographie aérienne ou sur calque constituent un des meilleurs procédés. On peut faire aussi des levés sur une carte ou sur un croquis exécuté à partir d'une carte. On détermine la position de certains points à l'œil et, dans les autres cas, on fait des relevés au compas, on calcule les distances au pas et on relève l'altitude à l'aide d'un altimètre. Nous parlerons plus loin de ces méthodes.

Quand il y a une forêt trop dense pour qu'on détermine une position à l'œil ou par des repères, ou quand on veut faire la prospection détaillée d'un groupe de claims ou d'une zone exceptionnellement propice, on a avantage à prospecter le long de lignes parallèles espacées de 100 à 500 pieds. On marque les intervalles à partir d'une ligne de base qui sera par exemple le côté d'un claim. On trace les lignes de prospection à partir de la ligne de base, à intervalles réguliers, et de façon qu'elles coupent la direction générale de la formation ou des structures. Pour qu'elles soient droites, on prend des visées successives à la boussole ou bien, après avoir fait le point à la boussole, on procède par jalonnement. On plante un premier piquet au point de départ, puis un deuxième en s'orientant

à la boussole à partir du premier. Ensuite, si on est deux, l'un prend des visées dans l'alignement des deux piquets et indique de la main à l'autre où il faut planter le troisième jalon, et ainsi de suite. Si on est seul, on se déplace jusqu'à ce qu'on soit en ligne avec les piquets, et on en plante un autre. En général, on place les piquets à distance égale, à tous les cent pieds, par exemple, de façon qu'ils constituent des points de repère précis ; ou bien, on plante les piquets aux endroits les plus commodes, sur des élévations par exemple, où on les voit bien. Une fois établies les lignes jalonnées, on les reporte sur du papier ordinaire ou du papier quadrillé pour constituer un plan où on consignera les observations (figure 19). Ces lignes, en plus de faciliter la prospection détaillée, permettent de lever le plan des observations géologiques et des mesures de radioactivité ou de magnétisme (à l'aide de la boussole d'inclinaison).

#### Les zones restreintes

Pour les petites zones, couvrant par exemple un gîte minéral ou un groupe de tranchées, on dresse un plan à plus grande échelle : 10 pieds au pouce ou 100 pieds au pouce, selon les circonstances.

Si les points dont on veut déterminer l'emplacement sont assez près les uns des autres — à moins de 1 000 pieds, par exemple — on trace une ligne de base à un endroit approprié (figure 19). On calcule ensuite la distance entre les points en abaissant des perpendiculaires sur la ligne de base. En général, on peut établir la direction de ces lignes à vue, sans l'aide d'instruments. Mais, si la distance est trop forte, on peut prendre un relevé au compas, du point à la ligne de base. Si on a deux rubans à mesurer, de 50 pieds ou de 100 pieds, on en place un le long de la ligne de base, vis-à-vis de la partie où on travaille, et avec l'autre, on mesure la distance horizontale. Si on a seulement un ruban, on mesure d'abord les lignes horizontales et on marque les points où elles coupent la ligne de base. Pour les levés approximatifs, il suffit de mesurer les distances au pas.

Si les distances sont trop grandes, ou si les arbres sont trop gros et trop nombreux pour qu'on établisse une ligne de base, on détermine la position des divers points par « cheminement » : on relève les directions et les distances parcourues à partir d'un point donné — le coin d'un claim par exemple. Pour dresser le plan d'un cheminement formé de deux ou trois tracés seulement (direction et distance), on utilise une règle graduée et un rapporteur, pourvu que les angles aient été mesurés avec assez de précision et que les indications de la boussole soient justes. Pour obtenir des résultats plus précis, surtout quand le cheminement compte au moins trois directions, il vaut mieux procéder par « cheminement fermé » (figure 38). On procède de la façon suivante.

Supposons que le premier point à situer soit un filon mis à nu dans un affleurement, au point C. À partir du repère le plus proche, qui est l'angle A d'un claim, on prend la direction du point C. Le prospecteur mesure



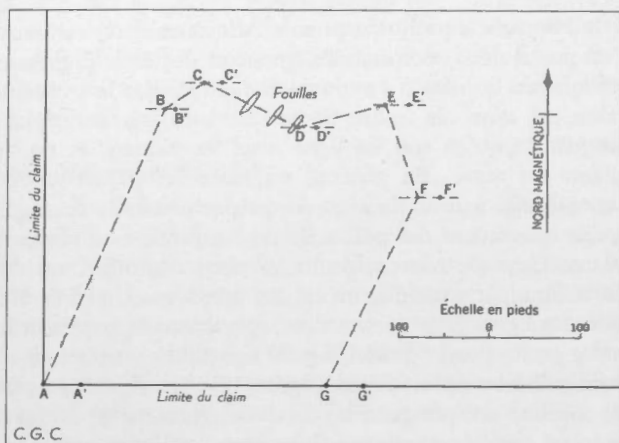


Figure 38. Levé par cheminement fermé et méthode de compensation des erreurs.

dans cette direction la distance jusqu'au point B d'où il peut voir l'affleurement C. Il relève la direction de B à C et mesure la distance qui sépare ces deux points. À partir de C, il se dirige vers D en traversant trois tranchées. La distance qui sépare ces tranchées de C a été mesurée. À partir de la tranchée D, il se dirige vers E où se trouve un autre affleurement, et de ce point vers F, dernier point dont il veut déterminer la position. En allant de F à G, il atteint la limite du claim qu'il suit pour fermer le cheminement en rejoignant le point A. Il lui reste à reporter ces mesures sur papier, à l'échelle voulue, avec une règle graduée et un rapporteur. Le choix du point de départ A se fait au hasard. Un côté de la feuille de papier sera orienté dans la direction nord-sud. Quand on fait un levé de ce genre, il est rare que le dernier tracé aboutisse exactement au point de départ. Il arrivera souvent en A<sup>1</sup>. Si le point A<sup>1</sup> est très éloigné du point A, c'est qu'on a commis une erreur grave dans les levés d'angle ou la mesure des distances, ou qu'une forte perturbation magnétique s'est produite quelque part. En refaisant le cheminement d'un bout à l'autre, on découvrira probablement son erreur et on rectifiera le levé. S'il n'y a qu'une légère erreur, on tire une ligne de A à A<sup>1</sup>, puis de courtes lignes parallèles coupant le cheminement aux autres points marqués, pour déplacer ceux-ci proportionnellement, comme le montre la figure 38. Les lettres suivies du signe<sup>1</sup> représentent les premiers points et les autres, le cheminement compensé. Les arpenteurs et spécialistes divers ont une méthode spéciale pour calculer les corrections, mais dans un cas comme celui-ci, on les effectue à l'œil. Une fois les corrections effectuées, le levé peut constituer un plan sur lequel on fera figurer lacs, ruisseaux, affleurements, contacts, lieux d'échantillonnage, et cetera. D'ordinaire, on mesure les distances horizontales des détails importants, et on indique l'emplacement des autres au jugé.

#### Détermination des points

On détermine un point en mesurant les angles, les distances ou l'altitude au-dessus du niveau de la mer.

Quand on effectue des levés simples, on mesure les angles à la boussole ; il faut alors prévoir l'attraction magnétique locale, et parfois aussi la déclinaison. La boussole indique le pôle magnétique, et non le nord vrai. L'écart entre ces deux pôles, qu'on appelle déclinaison, varie d'une région à l'autre ; il est indiqué dans la légende de la plupart des cartes. La Direction des observatoires a publié une carte spéciale qu'on peut se procurer à la Direction des levés et de la cartographie du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. La déclinaison magnétique est indiquée pour chacune des parties du pays. On peut aussi la mesurer en observant la direction de l'aiguille aimantée lors d'une visée faite le long d'une ligne dont l'orientation réelle est connue, et en relevant l'écart entre cette dernière et l'angle qu'on lit à la boussole. L'attraction magnétique peut être due à des objets métalliques que le prospecteur porte sur lui ou à la présence de roches magnétiques dans le voisinage. On tiendra donc la boussole loin des boucles de ceinture, des couteaux, des marteaux, des affleurements rocheux, et cetera.

Si on peut prendre l'orientation de deux points indiqués sur une carte, on peut aussi déterminer sa propre position : il faut d'abord calculer la réciproque des relèvements et, à partir de chacun des points connus, mener une ligne dans la direction de cet angle. Le point d'intersection des lignes indique l'endroit où se trouve l'observateur. Les points de repère ne seront ni trop rapprochés l'un de l'autre, ni placés de façon à ne donner qu'un seul alignement.

On peut calculer les distances au pas de 2½ pieds ou au ruban à mesurer. Les rubans de toile tissée recouverte d'un fini métallique (de 50 ou 100 pieds) sont très pratiques. Certains prospecteurs utilisent une ficelle solide de longueur déterminée, comme les lignes pour la pêche à la traîne et pour la pêche à la morue ; elles s'étirent, mais suffisent pour des levés approximatifs. Le ruban d'acier de 6 pieds sert à mesurer de courtes distances, comme la largeur des veines sur lesquelles on prélève des échantillons.

En terrain montagneux, on déterminera une position sur une carte en courbes de niveau, avec un petit baromètre anéroïde ; on ne peut pas mesurer des distances au pas ou par des moyens de ce genre sur les terrains en pente raide. Un angle relevé d'après un point connu, et la lecture du baromètre permettent en général de mesurer une position avec précision. Le baromètre étant sensible aux variations de la pression atmosphérique, on fait des lectures aux endroits où la carte indique des élévations ; ensuite, quand on fait une lecture pour déterminer une position, on apporte une correction en supposant que la température n'a guère varié depuis la dernière lecture de contrôle.

#### Les levés

On peut se servir de papier ordinaire, pour les levés par cheminement et les croquis. Cependant, avec du papier à graphiques, utilisé seul ou placé sous une feuille de papier-calque, il n'est pas nécessaire de tracer une grille ; de

plus, le quadrillage remplace la règle ou l'échelle. Les relèvements seront reportés sur le plan à l'aide d'un rapporteur. On peut se procurer des règles spéciales portant diverses échelles, mais elles ne sont pas indispensables, car n'importe quelle graduation permet de mesurer les distances. Par exemple, si l'échelle est de 50 pieds au pouce, un demi-pouce représente 25 pieds et un quart de pouce, 12½ pieds, ce qui se rapproche de 10 pieds. On peut acheter règles et rapporteurs dans les magasins à rayons ; on choisira de préférence des règles divisées au dixième de pouce plutôt qu'au huitième. Il faut un crayon bien taillé et de dureté moyenne, (F ou H), pour dessiner les plans et les croquis.

Pour choisir l'échelle d'un croquis, on compare l'étendue de la zone à reproduire à celle d'une feuille de papier. Pour faire le croquis général d'un terrain d'un mille carré sur une feuille de papier de 6 pouces de largeur, on peut travailler à l'échelle de 1 000 pieds au pouce ; un mille représenterait un peu plus de 5 pouces. Sur les croquis de venues ou de tranchées rapprochées, l'échelle peut être de 100 pieds au pouce ou même de 10 pieds au pouce.

### Rapports des prospecteurs

Le prospecteur soumet en général sur chaque découverte qu'il juge intéressante un court rapport, accompagné de croquis, à la société pour laquelle il travaille, ou au consortium qui demande un compte rendu, aux bailleurs de fonds, aux sociétés qu'il désire inciter à acheter sa propriété ou à financer la poursuite des travaux, ou enfin aux services administratifs qui exigent dans certains cas des rapports de découverte et d'exploration (sur les gîtes d'uranium par exemple). S'il est au service d'une société, elle lui indiquera le genre de rapport qu'elle désire. S'il travaille à son compte, les conseils qui suivent lui seront peut-être de quelque utilité.

Le rapport ne sera pas nécessairement long et technique, mais les renseignements essentiels seront exposés avec clarté et concision. Nous proposons ci-après un aide-mémoire, disposé dans un ordre logique. Le prospecteur doit songer, quand il rédige, qu'il n'aura sans doute pas l'occasion d'expliquer de vive voix les points essentiels. Il se peut, en effet, que le rapport soit versé aux dossiers ou qu'on le remette à des personnes qui ne le liront pas en sa présence.

#### *Titre du rapport*

Indiquer le nom du gîte ou du groupe de claims, la province ou le territoire où ils se trouvent, et donner son nom.

#### *Emplacement*

Indiquer le numéro des claims (s'ils sont jalonnés) ; décrire les lieux et la façon d'atteindre le gîte ; n'omettre aucun détail important — comment trouver un guide, par exemple, ou à quel service de navigation aérienne ou maritime il faut s'adresser. Joindre au rapport une carte de la région ou un tracé montrant l'endroit à atteindre, ainsi

qu'une carte plus détaillée, un calque, un croquis, ou une photographie aérienne indiquant avec assez de précision les limites de la concession, les découvertes, les sentiers, les observations géologiques, les points d'échantillonnage et les numéros des échantillons, les constructions, les camps, *et cetera*. Si le rapport est bien rédigé et accompagné de plans, les ingénieurs et les géologues pourront se rendre sur le terrain et y trouver les affleurements sans l'aide d'un guide.

#### *Droits de propriété et historique*

Donner le nom du prospecteur qui a découvert le gîte ou du propriétaire, de même que tout renseignement relatif à la propriété des droits de surface et des droits miniers ; indiquer la date du jalonnement, les travaux de mise en valeur accomplis ou inscrits . . .

Indiquer la date et le mode de découverte ; si le gîte a déjà été découvert, consigner toutes données antérieures. Si le terrain a déjà été jalonné, mentionner la date et le nom du propriétaire précédent ; s'il a été prospecté ou exploré méthodiquement, donner tous renseignements sur les travaux effectués et préciser s'il existe un dossier ou des carottes de forage.

#### *Renseignements généraux*

Donner un aperçu de la topographie, de la superficie boisée et des essences forestières, de la main-d'œuvre disponible sur les lieux, de l'énergie électrique utilisable, de la durée de la belle saison, et tout autre renseignement pouvant faciliter l'exécution d'un programme d'exploration ou d'exploitation. Mentionner, s'il y a lieu, les mines importantes ou les gîtes intéressants découverts dans la région, en faisant ressortir leurs ressemblances ou leurs dissemblances avec le terrain qu'on décrit, ainsi que la distance qui les en sépare.

#### *Géologie générale*

Décrire les principales caractéristiques géologiques du lieu, du groupe de claims ou des environs d'un gîte qui n'est pas encore jalonné. Consulter à cette fin rapports et cartes géologiques ou, à défaut, exposer ses observations personnelles. On peut ajouter une carte géologique ou un calque sur lequel on a indiqué les affleurements. Indiquer le numéro de référence d'un rapport ou d'une carte dont on a fait mention.

#### *Description des découvertes*

Indiquer le nombre probable de gîtes distincts, ainsi que leur genre — par exemple, filon de pegmatite ou de quartz ou zone de cisaillement. Indiquer la largeur et la longueur des gîtes et la distance entre les points à découvrir. (On écrira par exemple : veine détectée sur une longueur de 250 pieds par trois affleurements et quatre tranchées éloignées de 10 à 40 pieds les unes des autres ; la largeur du filon à ces endroits ; de 2,5 à 3,5 pieds.) Indiquer le nombre de points qu'on a dégagés, de fosses et de tranchées qu'on a creusées, et indiquer celles qui ont été pratiquées dans le mort-terrain sans atteindre la roche de

fond, celles qui ont atteint la roche, mais aucune trace de gîte, celles qui ont découvert la surface d'un gîte, enfin, celles qui ont été creusées dans un gîte avec des explosifs. Indiquer la profondeur à laquelle se trouve la roche de fond ou le gîte découvert par sautage. Décrire, le cas échéant, les trous pratiqués par forage au diamant.

Décrire les lieux de prélèvement des spécimens ou des échantillons qui accompagnent le rapport ou qui ont déjà été analysés, ou préciser qu'ils figurent sur la carte jointe au rapport. Indiquer le genre d'échantillon et la largeur des prélèvements. Joindre les rapports d'analyses ; si on ne veut donner que les résultats, transcrire correctement les chiffres et mentionner le nom du laboratoire où les essais ont été effectués.

Éviter toute exagération des distances ; l'expert minier aura tôt fait de les découvrir. Le prospecteur inexpérimenté donnera souvent en toute sincérité des renseignements trompeurs. S'il découvre de petits affleurements de quartz ou de pegmatite, simples indices de veinules ou de dykes éparpillés sur une grande étendue, il parlera par exemple d'un gîte large de 100 pieds et long de 2 milles.

### Conclusion

Le prospecteur signe le rapport, indique la date, son adresse permanente et, s'il le juge à propos, son adresse temporaire. S'il n'est pas connu de la personne à qui il adresse son rapport, il mentionnera son expérience et ses titres.

## RECHERCHES APPROFONDIES

Si, d'après l'examen préliminaire fait par un ingénieur minier, un géologue ou un prospecteur d'expérience, il y a lieu de poursuivre les travaux, on dégaje le gîte sur une plus grande surface, on creuse dans la roche et on effectue des forages ou des explorations souterraines. Les prospecteurs ne peuvent guère effectuer ces travaux, faute d'argent ou de connaissances. C'est généralement un ingénieur ou un géologue qui établit le plan des travaux et qui évalue périodiquement les résultats obtenus : s'ils sont négatifs, il conseille d'arrêter les travaux, s'ils sont positifs, de passer à l'étape suivante. Parfois on confie au prospecteur certains travaux en sous-ordre. Mais il arrive aussi qu'il doive lui-même pousser les recherches et faire des travaux de mise en valeur pour conserver ses droits, lorsqu'il ne peut vendre un claim qui mérite d'être retenu. Mais pour des recherches approfondies, il faut en général des hommes d'expérience, au service d'une compagnie ou d'un entrepreneur possédant le personnel et le matériel nécessaires pour les travaux en surface, le forage, le fonçage de puits et le percement de galeries. Nous traiterons brièvement de ce sujet, à l'intention des prospecteurs et des bailleurs de fonds.

La plupart du temps, les essais comportent trois étapes : travaux en surface, forage au diamant, puis percement de galeries à partir d'une fendue ou d'un puits pour confirmer les résultats du forage. Il n'est pas toujours nécessaire d'effectuer ces travaux en entier. Parfois, la surface d'un

gîte est si bien découverte qu'il n'est pas nécessaire d'enlever du mort-terrain. Parfois aussi, les caractéristiques géologiques de la région, l'étendue du gîte et l'abondance des minéraux visibles sont si évidentes qu'il n'y a pas de fouilles superficielles à effectuer et qu'on commence immédiatement le forage. Dans certains cas, on pratique une fendue ou un puits d'accès sans forages préliminaires, surtout quand le gîte est si peu uniforme que les forages ne pourraient donner les renseignements voulus. Autrefois, dans la région de la Cordillère surtout, les prospecteurs creusaient des fendues ou fonçaient des puits, seuls ou avec un associé, même lorsque la partie visible du gîte était fort pauvre. Certains travaillaient à salaire jusqu'à ce qu'ils aient épargné assez pour reprendre le travail à « leur mine » pendant quelque temps ; ils recommençaient ainsi chaque année. Parfois, leur acharnement était récompensé, mais bien souvent il était illusoire. De nos jours, les travaux se font plus méthodiquement ; on distingue la prospection de l'exploration et on n'attend pas du prospecteur plus que des recherches préliminaires.

En général, les sociétés minières doivent creuser des galeries souterraines pour confirmer les résultats des forages ; mais l'uniformité de certains gîtes permet de calculer, par forage seulement, le tonnage et la teneur des minéraux. D'autre part, on déconseille le forage au diamant dans certains gîtes de répartition minérale et de disposition irrégulière. Si les affleurements du gîte sont prometteurs, on pratique une fendue ou on perce un puits aussitôt terminée l'exploration en surface.

### Dégagement des gîtes

Il faut souvent enlever le mort-terrain pour déterminer l'étendue du gîte, en permettre l'examen ou faciliter le prélèvement d'échantillons ; des manœuvres creusent fosses et tranchées aux endroits qui leur sont indiqués. Autrefois, on creusait à de grandes profondeurs en taillant des gradins à la pelle ou au moyen d'un godet remonté par treuil. De nos jours, grâce à de nouvelles méthodes d'exploration, la profondeur des fosses et des tranchées dépasse rarement 4 ou 5 pieds. Si le sol est gelé, il faut procéder par étapes, pour qu'il dégèle naturellement, ou bien activer le dégel par des feux, de l'eau chaude ou la vapeur d'une chaudière, ou par circulation d'eau dans des canaux.

On a recours aux bulldozers ou aux excavatrices pour mettre de grandes étendues à nu ou pour creuser de larges tranchées traversant les gîtes. L'eau sous pression permet de nettoyer la roche après le passage du bulldozer et d'enlever le mort-terrain sur une large surface.

### Tranchées dans le roc

Dans certains cas, on creuse des tranchées dans le gîte même, pour étudier et échantillonner une roche relativement intacte. Il faut pour cela forer des *trous de mine*, soit à la barre à mine, au premier stade des recherches notamment, soit la plupart du temps à la foreuse à percussion actionnée par moteur à essence incorporé ou par compresseur mobile. Outre les tranchées, on creuse parfois

dans le roc des puits de recherche de 10 à 50 pieds de profondeur, afin de déterminer le pendage du gîte et la quantité des minéraux à ces profondeurs. Cependant, comme la main-d'œuvre coûte très cher, et comme le forage au diamant donne d'excellents résultats, on creuse de moins en moins de fosses et de tranchées ; on passe directement au forage dès qu'un gîte semble quelque peu prometteur. Mais il faut encore faire des travaux de surface — enlever du mort-terrain par exemple — pour s'assurer que le forage au diamant est justifié et réalisable.

### Sondages

On utilise diverses méthodes de sondages (trous de sonde), pour préparer des coupes ou prélever des carottes de mort-terrain ou de roc à des fins d'essais. On pratique



S. C. Robinson 142107

Planche LXXIII Forage d'un trou de mine pour le creusage d'une tranchée dans le roc, à l'aide d'une foreuse à percussion, à moteur autonome.

surtout le forage au diamant, qui permet d'extraire une carotte échantillon et de forer dans n'importe quelle direction. Depuis cinquante ans environ, cette méthode a révolutionné l'étude des gîtes prometteurs et permis d'apprécier les anomalies. Au Canada, l'accroissement de la production minière est dû en grande partie aux améliorations que fabricants et foreurs ont apportées au matériel et aux techniques de forage. Toutefois, on utilise encore d'autres méthodes, notamment le sondage percutant et le sondage rotary.

### Forage au diamant

La foreuse à diamant est apparue en 1864. Elle a servi à pratiquer des trous de mine, lors de la construction d'un tunnel de chemin de fer dans les Alpes. Très vite, on a songé à l'utiliser pour le carottage d'échantillons miniers. Au Canada, on inaugure ce type de forage en 1871, en Nouvelle-Écosse, pour reconnaître un gîte houiller. L'année suivante, on effectue des forages au diamant dans la mine filonienne de Silver Islet, en Ontario. Le matériel et les techniques s'améliorant peu à peu, le forage au diamant se répand dans plusieurs pays et transforme radicalement les méthodes d'exploration minière. Au Canada, nombre de sociétés minières possèdent maintenant plusieurs foreuses, qui servent à l'exploration, au forage de longs trous de mine et parfois de puits d'injection de ciment, pour bloquer des cours d'eau souterrains. Cependant, la plupart de ces travaux sont effectués à forfait par des entreprises de forage. Il y a quelques années, on estimait que l'ensemble des forages au diamant pratiqués au pays pendant une année couvrait une distance de un millier de milles.

La foreuse à diamant comprend principalement la couronne, la bague d'alésage, le tube carottier, les tiges de forage et le moteur. La couronne est un anneau métallique serti de diamants ou de fragments de diamants, de façon à former un outil tranchant (planche LXXIV). Les premières couronnes ne portaient que quelques diamants noirs assez gros ; actuellement, elles contiennent des diamants plus petits et plus nombreux. Au-dessus de la couronne se trouve la bague d'alésage ; elle est également sertie de diamants qui donnent au trou un diamètre uniforme. En tournant, la couronne découpe une carotte rocheuse qui passe dans la bague puis dans le tube carottier. Ce tube est fixé à une tige creuse en acier fileté que le moteur fait tourner. La plupart des tubes carottiers et des tiges de forage pour travaux en surface ont 10 pieds de long ; ceux qui sont destinés au forage souterrain n'ont généralement que 5 pieds. Une fois forée, une carotte de 5 à 10 pieds, on remonte l'appareil pour retirer la carotte, puis on visse une deuxième tige de forage. On répète l'opération jusqu'à ce qu'on ait atteint la profondeur désirée. On a mis au point un tube carottier de 1½ pouce de diamètre, qui permet de retirer les carottes sans sortir les tiges du trou ; on procède actuellement à des essais avec des tubes d'autres dimensions. La profondeur des forages varie : pour de petits affleurements on prélève des échantillons à faible profondeur ; par contre, certains

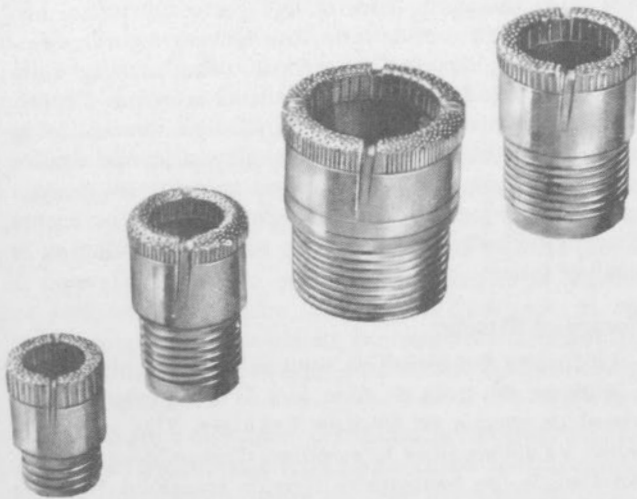


Planche LXXIV Couronnes à diamants de diamètre varié (J. K. Smith and Sons Ltd.).

forages atteignent plusieurs milliers de pieds ; mais dans la plupart des cas, leur profondeur varie de 100 à 1 000 pieds. On a d'abord utilisé des machines à vapeur transportables pour actionner les foreuses en surface, puis on les a presque entièrement remplacées par des moteurs à essence (planche LXXV). Dans les chantiers souterrains, les foreuses sont généralement mues par compresseur, les moteurs à combustion interne produisant des gaz toxiques. La pression est appliquée à la couronne par l'intermédiaire d'une tête filetée actionnée par le moteur ou par un dispositif hydraulique. Lorsqu'on se sert d'un outillage léger pour forer des trous peu profonds, on retire les tiges à la main ; mais avec les appareils ordinaires, on monte un trépied auquel on suspend une poulie portant un câble qui s'enroule sur un treuil actionné par le moteur de la foreuse. Presque toujours un autre moteur alimente une pompe qui fait circuler de l'eau dans les tiges de forage, pour refroidir la couronne et chasser la roche pulvérisée. Cependant, on a réussi récemment des forages à sec à des endroits où l'eau était rare. La foreuse et ses accessoires sont généralement amenés sur patins et traînés d'un trou à l'autre par un tracteur léger ou un treuil.

Autrefois, les tubes carottiers avaient un diamètre de  $\frac{7}{8}$  pouce (EX) ou 1-3/16 pouce (AX). On vient d'adopter des diamètres plus grands : 29/32 pouce (EXT) et 1-9/32 pouce (AXT). On préfère parfois les tubes carottiers AX et AXT qui permettent de prélever un échantillon plus gros et plus facile à récupérer. Certains spécialistes conseillent de commencer le forage au AXT. Si on obtient des carottes satisfaisantes, on peut passer au EXT qui, plus petit, coûte un peu moins cher. Il y a des tubes carottiers plus gros que le AXT ; ils ne sont utilisés que dans des cas spéciaux. On a prélevé des échantillons volumineux dans un gîte d'amiante à l'aide d'un carottier de 12 pouces.

On peut se procurer des foreuses légères pesant environ 200 livres ; elles forent des trous peu profonds aux en-



D. F. Kidd 76114

Planche LXXV Foreuse au diamant perçant un trou incliné ; on n'a pas encore installé le trépied qui sert à remonter les tiges de forage.

droits difficiles d'accès ; elles peuvent servir aux prospecteurs travaillant pour leur propre compte. Elles donnent d'ordinaire des carottes d'un diamètre de 5/8" ou de 3/4", appelées « rayons X », bien qu'elles n'aient rien à voir avec les rayons X. On peut modifier ces foreuses de façon à extraire des carottes EX ou EXT, plus faciles à récupérer. Il existe d'autres modèles de foreuses à diamant légères, démontables et portatives.

Il est difficile de tirer une bonne carotte quand on force dans une roche ou un minerai fracturé, tendre ou friable, notamment dans les zones très riches en minéraux métallifères, où il est justement essentiel d'avoir un bon échantillon. Une des causes de la difficulté est la trop grande rapidité du forage. Le meilleur moyen d'obtenir satisfaction est de recourir à des foreurs d'expérience et à des entrepreneurs dignes de confiance.

Les forages au diamant sont pratiqués à intervalles égaux de 100 à 500 pieds, dans la direction d'un gîte, d'une couche ou d'une structure favorables. Si les résultats sont encourageants, on fore ensuite des trous intermédiaires pour avoir des données plus complètes. L'écartement final des trous dépend de l'irrégularité du gîte et du degré de précision nécessaire. Parfois, quand on veut des données détaillées, on fore les trous à 25 pieds seulement les uns des autres. Pour regrouper une zone à deux profondeurs différentes sans déplacer l'appareil de forage, on fore des trous dont l'inclinaison forme avec la surface deux angles différents (figure 39). Puis, s'il faut forer un trou plus profond, on recule l'appareil le long d'une ligne perpendiculaire à la zone ou au filon et passant par la première « station de forage ». Lorsqu'on exécute des sondages en série, on espace les trous de façon à les faire coïncider avec la direction et la position des coordonnées et des lignes de coupe, qui serviront éventuellement aux travaux d'exploitation.

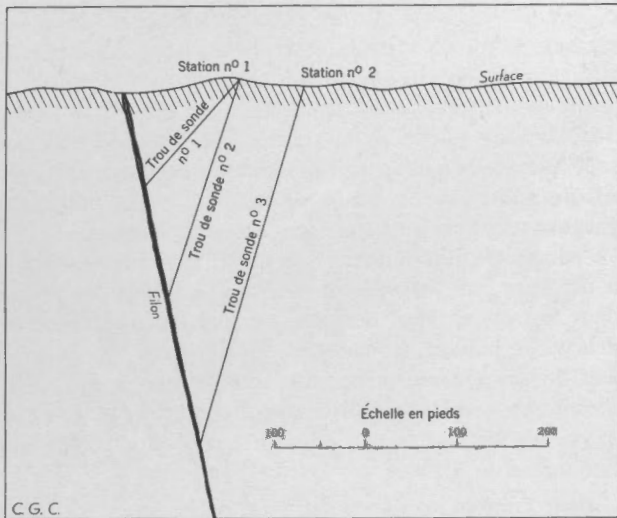


Figure 39. Schéma de sondage au diamant.

En général, les prospecteurs ne font pas de forage au diamant ; c'est un procédé qui coûte cher et qui est réservé aux explorations approfondies. C'est presque toujours un ingénieur ou un géologue qui établit le programme des travaux et en dirige l'exécution, la répartition des trous de mine, l'étude et l'échantillonnage des carottes exigeant des connaissances techniques avancées. Certains prospecteurs d'expérience utilisent tout de même avec succès des foreuses à diamant légères pour leurs travaux d'exploration préliminaire ou de mise en valeur.

Le coût des forages au diamant varie selon l'endroit, la roche, la quantité et la nature du mort-terrain, la grosseur des carottes, le nombre et la profondeur des trous, l'approvisionnement en eau, *et cetera*. Il se chiffre généralement à quelques dollars du pied. Le forage souterrain est beaucoup moins cher que le forage en surface ; dans la mine, on peut déplacer l'outillage sur les rails des berlines et utiliser les conduites d'eau et d'air comprimé. Si on donne le travail à forfait, on a avantage à faire forer plusieurs trous, une fois acquittés les frais initiaux de transport et d'entretien de l'outillage et de la main-d'œuvre.

Les carottes de forage au diamant seront étudiées minutieusement. Il faut les entreposer dans un endroit sec, sur des étagères solides et dans des caisses spéciales portant le numéro du trou de forage et sa profondeur en pieds. Pour que les inscriptions soient claires et permanentes, on peut imprimer les numéros sur le bois ou les inscrire sur une plaque métallique qu'on cloue au bout de la caisse.

#### Autres méthodes de forage

On a déjà utilisé divers appareils à tiges pleines, à grenaille ou à foreuses Empire, mais outre les foreuses au diamant, on se sert surtout de foreuses à percussion et de foreuses rotary de mort-terrain.

Pour l'exploration de certains genres de gîtes minéraux, on utilise des sondes percutantes analogues à celles qui forent les puits d'alimentation en eau. Le forage se fait par trépan attaché à un câble remonté par une roue motrice ; on se sert parfois d'une perche élastique pour imprimer un mouvement brusque au câble porteur du trépan. En tombant sur la roche au fond du trou, le trépan la fait éclater et se taille un chemin. On y fait circuler de l'eau pour chasser les débris. Parfois, surtout quand le forage s'opère dans un sol friable, comme un plâcier, des particules se détachent des bords du trou et contaminent l'échantillon prélevé en profondeur. Pour parer à la difficulté, on descend des tubes de cuvelage aussi près que possible du fond du trou. Au Canada, le sondage percutant sert surtout à la reconnaissance des placers et des gîtes filoniens exigeant le forage de plusieurs trous verticaux, comme certains gîtes de fer du géosynclinal du Labrador.

On a utilisé récemment un genre spécial d'appareil de forage rotary, équipé d'un gros trépan ayant plus ou moins la forme d'une tarière, pour prélever des échantillons du sol, lors de travaux de prospection géochimique servant de complément aux renseignements fournis par des anomalies géophysiques. On s'en sert en outre pour prélever des échantillons dans la partie supérieure de la roche de fond.



200099-D

Planche LXXVI Chantier de forage au Yukon. La neige fait ressortir les chemins ouverts pour déplacer les appareils de forage (A. Aho).

#### Exploration souterraine

Bien que les travaux d'excavation et de forage dans le roc constituent en quelque sorte une étape de l'exploration souterraine, l'expression est réservée au fonçement de puits ou au percement de galeries d'exploration. Nous précisons ici certains termes utilisés pour désigner les galeries. Dans l'esprit du profane, toute galerie horizontale est un tunnel. À proprement parler, cependant, un tunnel est ouvert aux deux extrémités, comme les tunnels pour voies ferrées. On appelle *fenêtré* une galerie pratiquée à flanc de coteau et

ne comportant qu'une ouverture ; on en creuse couramment dans les mines. Les *galeries latérales* creusées à l'horizontale à partir d'une fendue ou d'un puits portent divers noms : il y a la *galerie d'avancement* (drift), creusée le long d'un filon ou d'un gîte, et la *bowette* ou *travers-bancs* (cross-cut), tracée perpendiculairement à la direction d'un gîte. Les puits intérieurs percés à partir d'une galerie à flanc de coteau ou d'une galerie secondaire portent le nom de *montages* ou *puits borgnes ascendants* (raises), s'ils avancent vers le haut, et de *descenderies* ou *puits borgnes descendants* (winze), s'ils avancent vers le bas.

Avant que le forage au diamant ne devienne courant, on perçait beaucoup de puits de recherche et de fendues au cours des premières étapes de l'exploration. On les perçait souvent à la barre à mine et ils étaient si étroits qu'un homme avait juste assez de place pour y ramper. On en sortait les éclats de roc dans des seaux ou des brouettes. Ces galeries irrégulières, que l'on appelait « terriers », ont à peu près disparu, l'outillage coûtant moins cher que la main-d'œuvre. De nos jours, on perce des puits assez grands et des galeries latérales assez larges et assez hautes pour y faire entrer berlines et foreuses à air comprimé.

Une fois les galeries latérales ouvertes, on explore parfois la roche environnante par forage au diamant, à partir de « postes » échelonnés le long de la galerie. Ce travail, qu'on appelle « forage souterrain au diamant », ne diffère du forage en surface que par la longueur des tiges de forage, qui est de 5 pieds seulement, pour faciliter la manœuvre dans un espace exigu ; un moteur à air comprimé actionne les foreuses.

### Forage et sautage

Le creusage de fouilles et de tranchées dans le roc solide, pour mettre à nu les parties non altérées d'un gîte est moins fréquent qu'autrefois, par suite des progrès du forage au diamant. Mais, il faut parfois y recourir ; dans certains cas, c'est le prospecteur qui se charge de ces travaux. Il se sert alors de foreuses mécaniques portatives, équipées d'outils interchangeables. De nos jours, il n'est pas nécessaire de savoir forer à la main et affûter les fleurets ; nous donnerons néanmoins quelques indications à ce sujet. Soulignons auparavant que cette technique s'acquiert difficilement par la simple lecture et qu'il est presque indispensable de prendre des leçons d'un expert. Dans certaines provinces, il faut passer des examens théoriques et pratiques sur le maniement des explosifs et obtenir un certificat de dynamiteur. L'Alberta, la Colombie-Britannique, le Québec, le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest exigent le certificat. Au Nouveau-Brunswick, le ministère du Travail donne chaque année des cours de sautage des explosifs.

#### Outillage

Les trépan de forage à la main les plus courants sont en tige d'acier octogonale de  $\frac{3}{4}$  pouce de diamètre. Ils se

présentent en série de trois ou quatre d'une longueur variant de  $1\frac{1}{2}$  à 4 pieds environ. Ils sont généralement affûtés comme des ciseaux ; on arrondit parfois leur tranchant pour forer dans la roche très dure. Le taillant du plus long trépan de la série a une largeur légèrement supérieure à  $\frac{7}{8}$  pouce, soit le diamètre des bâtons d'explosif utilisés pour ce genre de travail, et le taillant de chacune des foreuses suivantes est plus large de  $\frac{1}{16}$  à  $\frac{1}{8}$  pouce. On insère d'abord le trépan d'amorçage, le plus court et le plus large, pour faciliter l'insertion du suivant dans le trou, et ainsi de suite. On préfère maintenant les fleurets à taillant au carbure de tungstène, à cause de leur dureté. Quand on travaille seul, on utilise en général un marteau de 4 livres, le marteau compresseur. Si on est deux, l'un tient le trépan pendant que l'autre frappe avec une masse de 8 livres.

Pour enlever les débris du trou, on se sert d'un racloir de 3 à 4 pieds fait d'une tige de fer de  $\frac{3}{8}$  pouce, pointue à une extrémité et munie à l'autre d'un petit collet à angle droit.

On utilise la plupart du temps comme explosif la dynamite comme à 60 p. 100. Il y a des détonateurs, des mèches et des amorces électriques pour chaque genre d'explosif. Il faut entreposer les explosifs dans un endroit frais et sec. On ne doit pas mettre les détonateurs dans le même bâtiment que la dynamite ; on se conformera rigoureusement aux règlements officiels sur la manutention et l'entreposage des explosifs. Le matériel de sautage comprend aussi un maillet et des coins en bois pour ouvrir les caisses d'explosifs, un bâton pointu au bois dur, d'un demi-pouce de diamètre et de 3 à 4 pouces de longueur, pour percer des trous dans les bâtons de dynamite, un bourroir de bois de  $\frac{3}{4}$  pouce de diamètre et de 6 pouces plus long que le plus profond des trous de forage, une pince à partir les détonateurs et un canif bien tranchant.

#### Forage

L'espacement des trous de forage dépend de la profondeur à atteindre, de la nature et du degré de fissuration de la roche, enfin de l'angle des fissures. Seules l'expérience ou les directives d'un spécialiste permettront de le déterminer.

On commence le forage avec le fleuret le plus court, et on le tourne d'un huitième de tour après chaque coup de marteau. On portera des lunettes de sécurité pour ne pas recevoir d'éclats d'acier dans les yeux, et des gants pour se protéger les mains quand on tient le trépan. Quand la tête d'un fleuret est aplatie par les coups de marteau, il faut la forger pour enlever les aspérités. Pour l'exploration en surface, les trous sont creusés verticalement ; les débris de roche gênent l'action du fleuret, à moins qu'on ne verse de l'eau dans le trou pour les tenir en suspension. À l'orifice, on entoure le fleuret d'un morceau de toile de jute ou de tissu, pour que les coups frappés ne fassent pas jaillir d'eau et de boue. On nettoie le trou à grande eau ou avec un racloir. Plus le trou est profond, plus les fleurets seront longs.



A. H. Lang 82691

Planche LXXVII Forage à la main dans un gîte de pegmatite. Deux hommes frappent à coups de masse; le troisième, assis, tient le trépan. On voit, contre la paroi de l'excavation, un trépan plus long qu'on utilisera une fois le trou plus profond.

### Sautage

Le prospecteur peut être amené à effectuer le sautage de trous de mine et le sautage sous calotte de glaise ou de sable. Pour faire sauter la charge, on confectionne une cartouche-amorce; à l'aide d'un canif bien tranchant, on coupe un tronçon de mèche d'au moins trois pieds; on taille une extrémité bien droite et on l'insère doucement, sans la tordre, jusqu'au fond d'un détonateur. On garde la mèche dans cette position et on y fixe solidement le haut du détonateur à l'aide d'une pince à sertir. Quand on comprime deux fois le haut du détonateur avec un sertisseur de modèle récent, la fermeture est pratiquement étanche; si le trou de mine est humide, on peut appliquer un composé hydrofuge ou simplement du savon ou une graisse consistante. On ouvre ensuite délicatement à l'une des extrémités le papier qui recouvre le bâton explosif et on perce un trou de  $2\frac{1}{2}$  à 3 pouces à l'extrémité de la charge à l'aide de l'outil de bois décrit précédemment. On insère le détonateur dans le trou, on

remplit le papier autour de la mèche et on l'y ficelle solidement. On appelle cartouche-amorce cet assemblage fait d'un détonateur, d'une mèche et d'un bâton d'explosif. Pour éviter les ratés, il ne faut pas tordre la mèche. Pour tirer plusieurs coups de mine à la fois, on coupe les mèches des cartouches-amorces à la même longueur, même si on les retaille après avoir chargé les trous.

Avant de charger les trous de mine, on les nettoie au racloir et on les passe au bourroir, pour s'assurer que rien ne les obstrue. D'ordinaire, on insère l'amorce en premier, sans la bourrer; on la pousse simplement jusqu'au fond en prenant garde de ne pas arracher le détonateur. On bourre les bâtons d'explosif par-dessus la cartouche-amorce, fermement, mais sans marteler, en veillant à ne pas endommager ou tordre la mèche. On recommande généralement, de ne pas charger le trou sur plus des deux tiers de sa profondeur. Pour bourrer la charge, on presse fermement dans l'orifice, au-dessus de l'explosif, des sacs d'argile ou de terre, de vieux morceaux de jute, *et cetera*.

Si on tire plusieurs coups de mine (une « volée » de mines), on fait en sorte qu'ils sautent dans l'ordre, d'abord parce que les trous sont ordinairement forés de façon que la première explosion doit fracturer une certaine étendue de terrain pour faciliter la suivante, et ensuite pour qu'on puisse compter les coups de mine. Pour réaliser un « sautage à départs successifs », on retaille les mèches des cartouches-amorces à des longueurs différentes. Quand les trous sont chargés (toutes les mèches étant de longueur égale), on coupe un bout de la mèche de la charge qui doit sauter en premier. La longueur de ce bout de mèche dépend du nombre de coups que comportera la volée. On se sert du bout de mèche pour mesurer la longueur de la mèche de la deuxième charge, qui doit avoir au moins deux pouces de plus que la première. On laisse les mèches de plus en plus longues d'un trou à l'autre. Ensuite, à l'aide d'un canif bien tranchant, on fend le bout des mèches sur une longueur d'un demi-pouce; enfin on les allume dans l'ordre du sautage.

Il existe trois dispositifs d'allumage: la mèche encochée (spitter), d'allumeur à fil chaud (hot wire lighter), et le cordeau (igniter cord). Le premier est constitué d'un bout de mèche dans lequel on a taillé à tous les 1 ou 2 pouces des encoches juste assez profondes pour exposer la traînée de poudre de l'âme. Lorsque le feu se propage le long de cette mèche, une flamme jaillit à chaque encoche et allume successivement chacune des mèches de la volée. La flamme indique au boutefeu sur quelle longueur la première mèche qu'il a allumée s'est consumée, de sorte qu'il sait combien de temps il a pour se mettre à l'abri avant l'explosion. Il devrait toujours être interdit de se servir d'allumettes, de chandelles, de lampes de mineur... pour allumer une série de mèches, car elles peuvent en s'allumant souffler la flamme de l'allumeur. On conseille d'employer l'allumeur à fil chaud: c'est un simple bout de fil métallique, recouvert d'un composé qui brûle en dégageant une chaleur intense et qu'une allumette suffit à enflammer. L'al-



lumage se fait en insérant la partie incandescente de l'allumeur dans le bout fendu des mèches. Enfin, le cordeau s'emploie avec des connecteurs spéciaux qui le relient aux extrémités des mèches de sûreté.

On ne saurait trop insister sur la longueur des mèches. Dans la plupart des provinces, la loi exige une longueur d'au moins trois pieds ; s'il y a plus d'une charge à faire sauter, la mèche doit être encore plus longue. Une mèche normale brûle à la vitesse d'un pied en 40 secondes, de sorte qu'une mèche de 3 pieds donne moins de 2 minutes pour allumer une volée. Les fabricants de mèches signalent qu'il peut y avoir un écart de 10 p. 100 en plus ou en moins dans la vitesse de combustion ; on ajoutera donc par mesure de sécurité, en moyenne un demi-pouce par pied.

Pour fragmenter la roche sans forer de trou de mine, on fait sauter une charge placée sous une calotte de glaise, de boue ou de sable (*bulldozing, mud-capping, sand-blasting*). On choisit dans la roche une petite cavité où on dépose une charge composée de trois ou quatre bâtons de dynamite et d'une cartouche-amorce. Après avoir recouvert le tout de glaise ou de boue, on tire le coup de mine comme dans le cas d'un trou foré. Cette méthode ne donne pas d'aussi bons résultats que la méthode ordinaire, mais elle demande moins de temps et moins d'argent.

Les voies d'accès à l'aire du sautage seront bien gardées. Dès que les charges sont allumées, on donne à plusieurs reprises un signal d'alerte. Tout le monde se mettra à l'abri jusqu'au signal de fin d'alerte.

Pour compléter notre exposé sur les explosifs, nous dirons un mot des ratés. Si on observe les règles et les précautions que nous avons mentionnées, il n'y aura guère de ratés. Mais s'il s'en produit, on attendra au moins une demi-heure avant de revenir au trou de mine. Si la charge n'a pas sauté, il ne faut pas chercher à l'enlever ; on la fait plutôt sauter à l'aide d'une nouvelle cartouche-amorce insérée au-dessus de la première. Une dernière précaution consistera à ne couper la mèche qu'au moment de s'en servir.

### *Affûtage des fleurets*

Autrefois, les prospecteurs affûtaient eux-mêmes leurs trépons, leurs ciseaux et leurs pics ; ils ne le font plus guère, depuis le déclin du forage à la main, l'amélioration du transport et la fabrication des fleurets au carbure de tungstène. De nos jours, le prospecteur qui veut forer à la main apporte une provision de ciseaux et de fleurets affûtés qu'il envoie chez un forgeron lorsqu'ils sont émoussés ou bien, il aiguise les fleurets au carbure de tungstène avec une seule meule en carborundum.

### Essais et analyses

Il faut connaître les méthodes d'essai et d'analyse ; c'est un domaine très technique, dont la terminologie n'est guère accessible au profane, de sorte qu'il risque de commander

des essais inutiles et de dépenser en pure perte. Nous n'exposerons pas longuement les méthodes d'essai ; elles sont trop techniques et exigent trop de matériel pour être accessibles à l'amateur. Nous expliquerons brièvement les principaux essais, leur mode d'application et l'interprétation des résultats. On peut laisser de côté les parties les plus techniques. Nous ne parlerons pas ici des essais d'identification simples mentionnés au chapitre III et à l'appendice VI. Nous ne traiterons que des essais servant à déterminer la présence ou la quantité des éléments contenus dans les échantillons.

Il est impossible d'identifier les quantités infinitésimales que peut renfermer un échantillon, mais on peut déceler les éléments en quantités infimes. Ces éléments n'ont aucune valeur commerciale ; ils n'intéressent que la recherche et la prospection géochimique. Les rapports d'analyse qui mentionnent leur présence trompent souvent les prospecteurs et les profanes. Il est d'ailleurs impossible d'analyser très exactement les quantités présentes dans les échantillons ; on peut avoir perdu de la matière, sous forme de poussière par exemple ou bien, malgré toutes les précautions, il peut y avoir eu contamination par des poussières ou des substances chimiques ; enfin, les instruments d'essais peuvent manquer de précision. On peut arriver à de très bonnes approximations en y mettant le temps et l'argent. Mais, en général, on se contente, pour les travaux de prospection, d'exploration et d'extraction, d'analyses générales moins précises, mais quand même satisfaisantes, compte tenu des possibilités de récupération et de l'imperfection des échantillons.

Pour la plupart des essais, l'échantillon est broyé et pulvérisé (*pulpe*). On mélange la pulpe avec soin, de façon à bien répartir les éléments, puis on prélève une portion, qu'on pèse si nécessaire avant de la soumettre à divers essais. Les analyses *qualitatives* servent à déterminer la présence d'un ou de plusieurs éléments et les analyses *semi-quantitatives* ou *quantitatives* à en évaluer les quantités. Les spécialistes donnent parfois à ces termes des acceptions un peu différentes. Dans notre exposé, nous traiterons à la fois des analyses quantitatives et semi-quantitatives.

### *Analyses qualitatives*

Autrefois, les analyses qualitatives comportaient surtout des épreuves au chalumeau ou des analyses chimiques à l'acide ou à d'autres réactifs. On emploie toujours ces méthodes (nous en décrivons quelques-unes, assez simples, à l'appendice VI), mais en laboratoire, elles ont été supplantées par les analyses au spectroscopie ou les analyses de fluorescence aux rayons X.

Un spectroscopie est un instrument d'optique dans lequel on fait brûler une petite quantité d'un échantillon à la flamme ou à l'arc. On examine les raies caractéristiques de divers éléments qui apparaissent dans le spectre produit par un prisme ou un réseau. On n'utilise plus guère les spectroscopes que dans l'enseignement ; ils ont été remplacés par les spectrographes, qui photographient les ban-

des et en fournissent un enregistrement permanent. On n'a qu'à comparer les photographies de l'échantillon étudié avec celles d'échantillons normalisés, pour connaître les éléments présents. L'intensité relative des raies permet une appréciation sommaire de la concentration d'un élément. Les spectrographes sont des appareils dispendieux, mais ils peuvent être utilisés à peu de frais par des techniciens compétents et fournissent assez rapidement des résultats qualitatifs et semi-quantitatifs.

Souvent, avant de procéder à quelque détermination quantitative, on effectue des analyses qualitatives au spectrographe ; elles permettent de déterminer les métaux dont on veut connaître la quantité et elles indiquent la présence de tout élément qui pourrait nuire à certaines épreuves.

#### *Analyses quantitatives, en général*

On appelle essai les épreuves permettant de mesurer les quantités de métaux présents dans des échantillons de gîtes minéraux. On distinguait à l'origine les *essais par le feu* (à sec), où l'on fait fondre une partie de l'échantillon qu'on soumet ensuite à divers traitements, et les *essais par voie humide*, où on analyse par divers procédés une partie des échantillons en solution. Maintenant, on distingue aussi d'autres méthodes qui conviennent parfois mieux au genre d'échantillon ou au but recherché.

#### *Essai par le feu*

On pèse une certaine quantité de pulpe qu'on fait fondre dans un creuset ou un vase d'argile placé dans un petit fourneau. Les fondants ajoutés à la pulpe d'échantillon se combinent aux éléments indésirables et forment un laitier qui surnage, tandis que les métaux à analyser sont entraînés au fond par un adjuvant métallique servant de « capteur ». De nos jours, ce genre d'essai se pratique principalement sur l'or, l'argent et le platine ; mais on peut bien sûr analyser par d'autres procédés. C'est le plomb qui sert de capteur pour l'or et l'argent. Lorsque le creuset est refroidi, il est facile de séparer la masse de plomb du laitier. On fait alors chauffer le plomb dans une « coupelle » qui l'absorbe, laissant un grain d'or et d'argent. On pèse ce grain, puis on dissout l'argent en chauffant le grain dans un acide concentré, et on pèse le résidu d'or pur. On détermine la quantité d'argent par soustraction. On peut ensuite calculer la teneur en établissant le rapport du poids de la pulpe par tonne de minerai. L'étain sert de capteur au groupe de métaux comprenant le platine. Il faut plusieurs opérations pour déterminer la quantité totale de ces métaux et au besoin pour les séparer.

On a beaucoup parlé d'une méthode d'analyse semi-quantitative que les prospecteurs peuvent effectuer eux-mêmes ; à l'aide d'un chalumeau, on recueille des grains de métaux à partir d'un échantillon ; on évalue la quantité en mesurant le diamètre du grain et en le comparant à une échelle. Nous croyons que cette méthode ne présente aucun intérêt au Canada, les services postaux étant assez rapides dans la plupart des régions.

#### *Essai par voie humide*

La méthode classique d'essai par voie humide consiste à analyser une partie de l'échantillon en solution en la soumettant à divers réactifs chimiques. Les réactions ainsi provoquées se mesurent selon des barèmes connus pour chaque élément présent. On peut utiliser ces méthodes pour les métaux et les métalloïdes ; on détermine les quantités suivant des méthodes gravimétrique, titrimétrique ou colorimétrique. Dans l'analyse gravimétrique, les éléments sont précipités et traités jusqu'à ce qu'ils forment un composé stable que l'on peut peser ; par électrolyse, on obtient des dépôts de métal ou d'oxyde se prêtant directement à la pesée. La méthode titrimétrique consiste à mesurer le volume d'une solution de concentration connue nécessaire pour produire une certaine réaction avec la solution à l'étude. L'analyse colorimétrique consiste à comparer à l'œil nu ou au moyen d'une cellule photoélectrique la coloration d'une solution de concentration connue avec celle de la solution à analyser. Cette méthode sert aux analyses courantes dans les mines de cuivre, les teintures des diverses solutions de ce métal étant très distinctes, même à des concentrations voisines. De nos jours, les grands laboratoires utilisent couramment des spectrophotomètres pour mesurer l'intensité de la coloration ; on fait aussi usage de papiers spécialement traités dont la couleur vire lorsqu'on les mouille avec la solution à analyser. En plus des trois méthodes classiques que nous venons de décrire, il existe maintenant des méthodes d'analyse au photomètre, à flamme d'absorption et à flamme d'émission, au spectrophotomètre, au spectromètre, aux rayons X ainsi qu'au spectrographe à émissions. Dans les mains de techniciens compétents, ces appareils donnent des résultats aussi précis, sinon plus, que les méthodes classiques.

Le degré de précision des analyses quantitatives varie selon la méthode utilisée et le but recherché. Les analyses classiques effectuées par la Commission géologique du Canada à l'occasion de recherches en pétrologie, minéralogie et géochimie atteignent une précision de 0,5 p. 100 près. Des analyses plus rapides effectuées au cours d'autres recherches sont précises à 2,5 p. 100 près.

#### *Analyse spectrographique*

Les analyses quantitatives et semi-quantitatives permettant de déterminer la quantité d'un grand nombre d'éléments, par comparaison avec des échantillons normalisés. On mesure avec un densimètre l'intensité des raies apparaissant sur les plaques ou les pellicules qui ont servi à photographier des spectres. Il existe des spectromètres « à lecture directe ». Malheureusement, les analyses spectrographiques ne fournissent pas des résultats comparables pour tous les éléments.

Les analyses *semi-quantitatives* exécutées par un certain laboratoire sont très précises : 95 p. 100 auraient une moyenne d'erreur de 50 p. 100 seulement pour un grand nombre d'échantillons ; et 95 p. 100 des analyses quantita-

tives seraient exactes à 5 p. 100 près, et même à 2,5 p. 100, quand on utilise des techniques plus délicates.

### *Analyse de fluorescence par rayons X*

Cette méthode permet d'obtenir rapidement des résultats qualitatifs et semi-quantitatifs sur des éléments dont le poids atomique dépasse celui du silicium ou est à peu près du même ordre, selon l'appareil utilisé. On préfère la spectroscopie pour détecter la présence d'éléments en quantités minimales ou traiter certains types d'échantillons où la présence de certains éléments soulève des difficultés. Mais, elle permet quand même de déceler la présence de nombreux éléments à raison d'une partie par 10 000 ; dans certains cas favorables, ce rapport peut même descendre entre 10 et 50 parties par million. On mesure la fluorescence des atomes stimulés par les rayons X. La méthode est avantageuse, car l'échantillon n'est pas détruit, même s'il faut souvent le réduire en poudre.

### *Essai radiométrique*

Les instruments de mesure de la radioactivité détectent rapidement et avec assez de précision l'uranium et le thorium présents dans des échantillons. Les méthodes fluorimétriques et les analyses par voie humide, plus précises, servent à préparer des étalons qui serviront en radiométrie, pour les essais de contrôle en exploration et en exploitation minière et pour des travaux de recherche.

Les prospecteurs peuvent généralement déterminer eux-mêmes s'il y a lieu de faire analyser un échantillon au cas où il contiendrait de l'uranium ; mais souvent ils n'osent pas se prononcer. On laisse l'échantillon dans son sac, à un endroit où il n'y a pas de source importante de rayonnement, et on l'analyse avec un simple détecteur de radioactivité. Si la radioactivité de l'échantillon est trois ou quatre fois plus élevée que la valeur moyenne, ou si on fait une lecture équivalente au compteur à scintillations, c'est qu'il y a lieu de l'analyser. Pour confirmer son jugement, on pourra, au début, ne faire analyser que quelques échantillons de qualité différente, de façon à se familiariser avec le détecteur.

En région éloignée, on peut faire sur place des analyses semi-quantitatives approximatives de l'uranium et du thorium, à l'aide d'un matériel rudimentaire comprenant une balance, un petit plateau où on place un échantillon pulvérisé à volume constant, quelques étalons radioactifs et un détecteur de radioactivité équipé d'un compteur. Les échantillons renvoyés par les laboratoires après analyse peuvent servir d'étalons.

Avec un matériel simple, on peut faire des analyses semi-quantitatives sur des carottes de forage au diamant.

Dans les laboratoires, les essais sur des minerais d'uranium sont effectués le plus souvent à l'aide d'instruments compliqués qui comptent, pendant un temps déterminé, les radiations émises par un plateau placé derrière un écran et qui contient une quantité constante de pulpe. Les essais simples ne donnent pas de résultats précis quand l'échantillon contient de l'uranium qui n'est pas « en équi-

libre » avec les produits de sa désintégration, et ne permettent pas de différencier l'uranium du thorium. Les résultats de ces essais sont exprimés en pourcentage de l'équivalent  $U_3O_8$  ; ils permettent de savoir s'il y a lieu d'effectuer des analyses plus poussées, notamment, des analyses radiométriques, suivant des méthodes qui tiennent compte du déséquilibre et distinguent assez précisément le thorium de l'uranium.

Dans les mines en exploitation, on peut effectuer des essais de contrôle et des essais courants, suivant diverses méthodes. La méthode d'analyse de la fluorescence, très répandue, consiste à mélanger la pulpe à un fondant pour constituer une boulette ; sous l'effet de rayons ultraviolets, la boulette émet une fluorescence mesurable, qui varie selon la teneur en uranium. Dans certaines mines et certains laboratoires, on utilise d'autres méthodes pour analyser des échantillons à forte teneur.

On trouvera un exposé plus détaillé sur les essais radiométriques, ainsi qu'une bibliographie, dans *Canadian Deposits of Uranium and Thorium* (Commission géologique du Canada, *Econ. Geol. Ser.*, n° 16, 2° éd.).

### *À qui s'adresser ?*

On s'adresse en général à des laboratoires spécialisés pour les analyses et les essais. On peut trouver des adresses dans les périodiques miniers. Les résultats sont généralement satisfaisants au point de vue commercial, ce qui est suffisant pour la prospection et l'exploitation minière. Parfois, on commet des erreurs, faute d'expérience, surtout sur les métaux rares.

Dans la plupart des mines productives, on effectue des essais nombreux et conformes aux normes de précision nécessaires pour l'exploitation courante. Par ailleurs, la plupart des sociétés de prospection et d'exploration des gîtes minéraux font analyser leurs échantillons dans des laboratoires spécialisés ; mais si elles font également de l'exploitation, elles ont leurs propres laboratoires. Certains sont équipés pour l'analyse spectrographique, divers autres types d'analyse et au besoin pour les travaux de recherches. Les sociétés qui possèdent des laboratoires consentent parfois à faire des analyses pour des prospecteurs travaillant à leur compte, dans l'espoir de participer à une découverte.

Certains services gouvernementaux effectuent quelques travaux d'analyse pour les prospecteurs, afin d'encourager les recherches. Ces services relèvent presque tous des gouvernements provinciaux ; certains analysent gratuitement un certain nombre d'échantillons pour les prospecteurs au moment où ils achètent leur permis. D'autres services font gratuitement les analyses qualitatives, mais non les évaluations quantitatives. Au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest, on remet aux personnes travaillant sous le régime du Programme d'assistance aux prospecteurs, quinze coupons donnant droit à des analyses. En Colombie-Britannique, le ministère des Mines et des Ressources pétrolières fait passer des examens et octroie des permis aux personnes qui font des essais dans la province, soit pour

le compte de sociétés minières, soit pour le public en général.

La Commission géologique du Canada et la Direction des mines du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources n'effectuent des essais et des analyses que pour leurs propres programmes de recherches.

Pour être sûr d'avoir des résultats satisfaisants du point de vue commercial, on s'adressera à des sociétés reconnues, dont le personnel a prouvé sa compétence et qui ont à leur service au moins un chimiste diplômé ou une personne de formation équivalente. Si on ne s'intéresse pas expressément à quelques éléments en particulier, on laissera au technicien le soin de juger du nombre d'éléments à déterminer et des méthodes à utiliser. On réglera ces questions et on discutera du prix de vive voix ou par correspondance.

Comme l'exploration des gîtes minéraux par forage ou par d'autres méthodes coûte cher, il ne faut pas hésiter à faire effectuer des analyses ; les résultats d'essais effectués sur beaucoup d'échantillons, par une personne compétente, ont beaucoup de valeur. Cependant, pour des programmes d'envergure, on peut réaliser des économies en soumettant la plupart des échantillons à des méthodes d'analyse rapides, et quelques-uns seulement à des méthodes plus précises, pour fins de vérification.

Les prospecteurs et les entreprises minières envoient parfois des échantillons à deux ou trois laboratoires pour comparer les résultats. Ils n'ont pas intérêt à expédier des fragments d'un échantillon non broyé ou les deux moitiés d'une carotte de forage, parce que leur teneur peut être très différente. Il est rare en effet que la répartition des minéraux dans un gîte soit uniforme. Il est préférable d'envoyer l'échantillon à un laboratoire, en lui demandant de renvoyer la pulpe non utilisée ; on pourrait alors, après l'avoir mélangée soigneusement, confier à un ou deux autres laboratoires d'autres analyses.

#### Estimation du tonnage et de la valeur

Cette appréciation est effectuée par des ingénieurs miniers ou des géologues, après exploration minutieuse du gîte. Nous ne traiterons pas longuement de cette question ; mais le prospecteur doit la connaître pour se faire une idée de la valeur d'un gîte et pour mieux comprendre les rapports miniers.

Pour évaluer la teneur moyenne, on prend la moyenne des résultats d'analyse de plusieurs échantillons types. S'ils constituent des bandes de largeur identique, on peut additionner les résultats des essais et les diviser par le nombre des échantillons, ce qui donne une « moyenne arithmétique ». Toutefois, lorsque les largeurs diffèrent, on multiplie les résultats de chaque essai par la largeur de la bande qui sert d'échantillon, puis on additionne les chiffres obtenus et on divise le total par la somme des largeurs. Cette « moyenne pondérée » est plus précise qu'une simple moyenne arithmétique. Nous donnerons un exemple du mode de calcul de ces moyennes, qui fera comprendre en quoi elles diffèrent.

Supposons cinq échantillons prélevés à des intervalles de 10 pieds dans un filon de largeur variable ; les essais pour déterminer la teneur en or ont donné les résultats suivants : \$ 20 sur 5 pieds, \$ 10 sur 10 pieds, \$ 15 sur 7 pieds, \$ 22 sur 3 pieds, et \$ 40 sur 2 pieds. Les valeurs multipliées par les largeurs donnent :

Largeur	Valeur titrée	Largeur x valeur
5	\$ 20 la tonne	100
10	10	100
7	15	105
3	22	66
2	40	80
—	—	—
27	\$ 107	451

La largeur moyenne est de ....  $27 \div 5 = 5,4$  pieds

La moyenne pondérée est de ...  $451 \div 27 = \$ 16,70$

D'autre part, la moyenne arithmétique est de .....  $107 \div 5 = \$ 21,40$

Pour calculer les moyennes, on ne tient pas compte des teneurs trop élevées ; elles modifieraient fortement la moyenne. On préfère une moyenne « réduite ».

Pour le calcul du tonnage, si les échantillons ont été prélevés à intervalles rapprochés, on considère chaque ligne sur laquelle on a prélevé des échantillons comme étant égale à la largeur du gîte pour un bloc se prolongeant jusqu'à mi-chemin des lignes d'échantillonnage voisines, et on multiplie cette longueur par la largeur. Lorsque les échantillons ont été prélevés en profondeur, par forage ou par exploration souterraine à intervalles raisonnables, on peut supposer que les largeurs et les teneurs se maintiennent sur la moitié de la distance prise verticalement ou d'après la pente entre les points d'échantillonnage.

Cette distance, multipliée par la largeur et la distance à l'horizontale, donne le volume approximatif du massif de roche. On multiplie ce volume par un facteur représentant le nombre de livres par pied cube de la roche ou du minerai, ce qui donne le tonnage. Les résultats sont parfois exprimés en fonction de tout le massif de roche, ou bien, ils sont exprimés en tonnes ou en dollars par pied vertical. Dans les évaluations détaillées, les calculs sont généralement beaucoup plus complexes ; ils tiennent compte du minerai qui ne pourra être extrait parce qu'il sert de support à la masse et d'un facteur de dilution représentant la roche stérile inévitablement extraite au cours des travaux d'exploitation.

Il ne faut pas oublier que les largeurs calculées doivent représenter les largeurs véritable, prises perpendiculairement au pendage et à la direction du gîte. Si un affleurement ou une tranchée plonge si fortement qu'on ne peut en extraire un échantillon donnant la largeur vraie, ou si un trou de forage ou un chantier souterrain recoupe le gîte en biais, il faut rectifier les chiffres pour obtenir la largeur vraie. C'est ainsi que le forage au diamant induit

parfois en erreur, car si le trou de forage coupe le gîte en formant un angle très ouvert, la surface d'intersection peut faire paraître le gîte beaucoup plus large qu'il ne l'est.

Nous donnerons quelques définitions des minerais et des catégories qui les décrivent. Certains détails de classification font encore l'objet de nombreuses discussions.

**Minerai** : substance minérale qui peut être extraite de façon rentable pour l'exploitant ou dans l'intérêt du pays. Parfois, quand une société continue à exploiter une mine afin de réduire sa perte, le matériau extrait est considéré comme du minerai.

**Réserves mesurées (prouvées)** : réserves dont on calcule le tonnage d'après les dimensions révélées par les affleurements, les tranchées, les forages, les divers travaux effectués, et dont la teneur est évaluée d'après des échantillons représentatifs. Les points d'inspection, d'échantillonnage et de mesure sont si rapprochés et les caractéristiques géologiques si bien définies, que l'on connaît la grandeur du gîte, sa forme et sa composition minérale.

**Réserves indiquées (probables)** : réserves dont on détermine le tonnage et la teneur en partie d'après des mesures, des échantillons ou des chiffres de production précis et en partie, d'après une projection sur une distance raisonnable fondée sur des caractéristiques géologiques. Les affleurements ou les zones mises à nu, où l'on peut prendre des mesures et des échantillons sont trop distants ou mal placés pour permettre de délimiter le gîte et d'en établir la teneur d'un bout à l'autre.

**Réserves présumées** : réserve dont on estime la quantité d'après la géologie du gisement, et dont on a pris peu de mesures ou prélevé peu d'échantillons. Les estimations se fondent sur une continuité ou une répétition supposées, confirmées par des données géologiques, notamment par comparaison avec des gîtes de type analogue. On peut inclure des gisements entièrement cachés si certaines données géologiques témoignent de leur existence.

**Réserves en puissance** : gîtes auxquels on ne s'intéresserait que si les cours des minéraux qu'ils contiennent étaient à la hausse ou si une amélioration des modes d'extraction et de traitement du minerai ou encore des

moyens de transport en rendaient l'exploitation rentable. On peut les classer comme minerais ou traiter cette question d'une façon plus générale.

#### Ouvrages à consulter

Agterberg, F. P.

« Mathematical models in ore evaluation », *Can. Operational Research Soc.*, vol. V, n° 3, 1967, pp. 144 à 158.

Baxter, C. H. et Parks, R. D.

*Examinations and valuation of mineral property*, 3<sup>e</sup> éd., Houghton, Mich. Coll. Mining and Tech., 1952.

*Blasting methods*, Du Pont of Canada Limited, Explosives Dept., C.P. 660, Montréal (Québec).

Brochure disponible en français et en anglais.

*Blaster's Handbook*, Du Pont of Canada Limited, id.

Manuel complet en anglais.

Cumming, J. D.

*Diamond drill handbook*, 2<sup>e</sup> éd., Toronto, Smith, 1956.

Manuel complet fournissant des détails sur les foreuses au diamant et leur utilisation.

Forrester, J. D.

*Principles of field and mining geology*, Wiley, 1946.

Manuel didactique comprenant des exposés sur les analyses et l'échantillonnage.

Gill, J. E., Blais, R. A. et Haw, V. A. (rédacteurs)

« Ore reserve estimation and grade control », *Can. Inst. Mining Met.*, vol. spéc. n° 9, 1968.

Reid, J. A. et Huston, C. C.

« The practical examination of mineral prospects », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLVIII, 1945, pp. 270 à 283.

Étude sur l'appréciation des gîtes probables et la rédaction des rapports. En plus de fournir des renseignements utiles aux ingénieurs et aux géologues qui s'adonnent à ces travaux, les opinions exposées dans ce livre pourraient aider les prospecteurs à se faire une meilleure idée des gîtes qui peuvent avoir de l'importance et à mieux comprendre les points de vue et les difficultés des examinateurs.

Rowe, R. B.

« Evaluation of pegmatitic mineral deposits », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, novembre 1953.

Étude comportant un résumé sur les types de gîtes de pegmatite et un exposé des méthodes d'évaluation par échantillonnage et comptage des grains.

*Le Manuel des explosifs*, 6<sup>e</sup> éd., Canadian Industries Limited, Division des explosifs et munitions, 630 ouest, boul. Dorchester, Montréal (Québec), 1969.

Manuel complet disponible en français et en anglais.



Le présent chapitre traite des métaux, des minéraux et roches industriels d'intérêt économique. Outre des renseignements généraux, il offre aux prospecteurs des moyens d'évaluer les minéralisations rencontrées ou décelées par l'analyse ou l'identification. Des minéraux et métaux dont nous traitons dans les sections qui suivent, quelques-uns sont sans intérêt pour le prospecteur. Nous avons cru bon de les inclure à titre d'information pour ceux qui s'interrogent sur leurs possibilités d'utilisation lorsqu'ils en lisent la description dans des publications ou des rapports d'analyse.

Les sections suivent l'ordre alphabétique, compte tenu des principaux produits des divers gîtes. Nous ne sous-estimons pas les avantages d'un groupement des métaux distinct de celui des minéraux non métallifères, ni ceux d'une subdivision des sections en produits selon leur importance ; cependant une énumération alphabétique nous a semblé plus pratique. L'édition précédente répartissait les produits en deux groupes distincts. Quels que soient les mérites d'une telle division, elle rend par ailleurs impossible la répartition exacte de la valeur annuelle de la production. Les métaux ou minéraux offrant un intérêt commercial font néanmoins l'objet d'une étude plus élaborée. Les monographies les plus détaillées commencent par un bref exposé général, suivi d'explications touchant les principaux minéraux concernés et les genres de gîtes qui se sont avérés les plus rentables dans le passé. Souvent elles comportent la description d'un ou de plusieurs cas typiques au Canada, dont n'ont pas fait mention les chapitres précédents, ou qui complètent des explications antérieures. Malheureusement, nous ne pouvions mentionner ici qu'un nombre restreint d'exemples. On retrouvera dans « *Géologie et ressources minérales du Canada* », volume de la même collection que le présent ouvrage, une description plus approfondie de certains gîtes. Étant donné le nombre des illustrations accompagnant l'ouvrage mentionné ci-haut, les descriptions du présent chapitre ne nous semblaient pas devoir être illustrées de diagrammes ou de photographies. Également, nous signalons au lecteur les nombreux autres ouvrages relatifs à des gîtes particuliers, notamment les deux volumes de « *Structural Geology of Canadian Ore Deposits* »,

publiés par l'Institut canadien des mines et de la métallurgie. Ces derniers décrivent beaucoup d'autres gîtes que le présent chapitre ne mentionne pas.

Nous exposons ici les circonstances de la découverte et le mode d'exploitation de certains gisements importants, non seulement pour leur intérêt historique mais aussi à cause des leçons qu'on peut en tirer pour l'avenir. Même les découvertes faites il y a longtemps, dans des conditions de prospection fort différentes de celles qui existent aujourd'hui, peuvent servir à mettre en relief certains points dont la compréhension est indispensable au prospecteur moderne.

La plupart des sections renferment des prévisions à court terme. Ce ne sont toutefois que des approximations puisque la demande, les prix, les utilisations, les méthodes de traitement des minerais et d'autres facteurs se modifient rapidement. Il y a donc lieu de compléter les présentes notes par les renseignements les plus récents que l'on trouve dans les cours ou dans les publications ou journaux miniers, ou dans les monographies publiées chaque année par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, et énumérées à la fin de la plupart des sections du présent chapitre.

Nombre de sections contiennent des données statistiques récentes sur la production et les prix. Ces statistiques sont cependant vite dépassées ; elles ne figurent ici qu'à titre indicatif. Une consultation des revues annuelles permettra de retrouver les chiffres des années subséquentes.

Nous traitons ici surtout des métaux — en raison de l'intérêt qu'ils offrent pour nombre de prospecteurs classiques — mais aussi de la plupart des minéraux et roches industriels, ainsi que des pierres précieuses et des météorites. Les minéraux et roches industriels entrent pour une part importante dans la production minérale canadienne. Cependant le prospecteur moyen s'y intéresse peu, leur prix unitaire étant généralement bas. En outre, les exigences touchant les spécifications sont si poussées qu'un profane ne saurait estimer la rentabilité d'un gîte particulier. Quelques prospecteurs classiques ont néanmoins appris à les connaître et se sont mis résolument à la recherche de gîtes industriels. Une roche ou un minéral industriels déterminés sont-ils en demande, des entreprises chargeront un spécialiste d'aller prospecter ou d'examiner les venues signalées à proximité des moyens de transport, dans des sites géologiquement favorables. Si les prospecteurs ne doivent pas se désintéresser des gîtes de minéraux industriels, sans doute la plupart de nos lecteurs s'intéresseront-ils d'abord aux gîtes métallifères.

On trouve ordinairement plus d'un métal ou plus d'un produit minéral dans le ou les gîtes qui constituent une mine. En pareil cas, nous les classons selon le minéral dominant. Cela ne va pas sans difficultés. Ainsi, certains gîtes qui contiennent du plomb et du zinc en quantités presque égales sont étudiés sous l'une ou l'autre rubrique.

Les gîtes qui contiennent au moins trois métaux de rendement commercial sont ordinairement désignés sous le

nom de gîtes *composites*. Deux métaux ou plus, extraits en proportions sensiblement égales, s'appellent *coproduits* ; les métaux ou minéraux produits en quantités nettement plus faibles portent le nom de *sous-produits*. Il arrive aussi qu'un des coproduits soit de plus grande valeur que l'autre mais se présente en quantité inférieure. Par exemple, dans de nombreux gîtes contenant de l'or et du cuivre, l'or ne constitue qu'une minime fraction du volume total du minerai, alors que la chalcoppyrite (minerai de cuivre), y occupe une place beaucoup plus importante. Si l'or contenu dans le gîte a une plus grande valeur que le cuivre, on parlera d'ordinaire d'un gîte d'or-cuivre et, dans le cas contraire, d'un gîte de cuivre-or. En raison notamment des différences de composition des gisements, ces désignations ne sont pas absolues.

Des multiples publications sur les ressources minérales dont nous traitons, nous ne pouvions en mentionner ici qu'un très petit nombre. Comme chacune comporte une bibliographie assez importante, le lecteur dispose donc de sources nombreuses pour pousser plus avant l'étude des sujets qui l'intéressent. Par souci d'éviter les répétitions, nous avons répertorié sous *Dir. des ress. min.* les revues annuelles de la Direction des ressources minérales du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, et sous *Div. du trait. des min.* celles de la subdivision des minéraux de la division du traitement des minéraux (Direction des mines).

## ABRASIFS

Plusieurs roches et minéraux durs, comme le corindon, le grenat, la ponce et le grès servent à la fabrication de poudres abrasives, de meules de papiers d'émeri et autres pour la taille et le polissage. Cependant, des produits artificiels comme le carborundum et l'alumine cristallisée se substituent maintenant à beaucoup d'abrasifs naturels. Aussi, les seuls abrasifs naturels produits au Canada sont-ils la silice et le sable de plage, l'oxyde de fer, le feldspath, le granite et la pierre meulière. Ils le sont d'ailleurs à titre de coproduits. Plusieurs gîtes connus sont inexploités. Une prospection orientée vers les seuls minéraux abrasifs ne semble donc pas devoir être profitable ; mais la découverte fortuite de grands gîtes de rencontre, notamment ceux qui contiennent du corindon, peuvent être intéressants.

La production totale d'abrasifs naturels au Canada est évaluée à environ \$ 100 000 par an. On importe de grandes quantités de diamants industriels et de poussière de diamant.

### Ouvrages à consulter

Carlson, H. D.

« The origin of the corundum deposits at Craigmont (Ont.), *Assoc. géol. can.*, vol. VI. 1<sup>re</sup> partie, 1953, pp. 19 à 27.

Eardley-Wilmont, V. L.

*Abrasives : products of Canada*, Direction des mines, Rapports, n<sup>os</sup> 673, 675 et 677, 1927.

Stonehouse, D. H.

*Abrasives*, *Div. du trait. des min.*, Rev. ann.

## ALUMINIUM

Le Canada occupe le troisième rang pour la production de l'aluminium, de plus en plus utilisé depuis quelques années. Quoique la production annuelle atteigne près d'un million de tonnes, aucun minerai d'aluminium n'est et ne sera extrait au Canada avant longtemps. Disposant de ressources hydro-électriques abondantes et peu coûteuses (la fusion nécessite une forte consommation d'énergie électrique), à proximité des ports de mer, le Canada est en mesure de jouer un rôle de premier plan dans ce domaine. Les statistiques touchant la production canadienne d'aluminium relèvent de la catégorie manufacturière et non minière.

L'aluminium est le métal le plus abondant de l'écorce terrestre, mais il se rencontre surtout sous forme de silicates, tels les minéraux feldspathiques — principal composant des roches granitiques et des roches et argiles sédimentaires dérivés de l'érosion du granite. Bien qu'on ait mis au point, en laboratoire, des méthodes d'extraction de l'aluminium des argiles siliceuses et des feldspaths, ces minéraux ne se prêtent pas actuellement à une exploitation rentable. Le minerai d'aluminium commercial est la bauxite, constituée d'agrégats d'oxydes hydratés d'aluminium, sous forme de minéraux argileux gibbsite, boehmite et diaspoire, associés à des impuretés, mais ne contenant pas trop de silice. Les minéralisations de bauxite résultent de l'altération superficielle et lente des roches, principalement dans les pays tropicaux et subtropicaux. Les gîtes de bauxite qui seraient éventuellement découverts au Canada ne seront sans doute pas rentables. Très tendre, il est vraisemblable que ce minerai aura été détruit par l'action des glaces au cours de l'époque glaciaire. La bauxite brute ou l'alumine calcinée utilisée ici provient surtout du Surinam, de la Guyane britannique, de la Jamaïque et de la Guinée.

### Ouvrage à consulter

Jackson, W. H.

*Aluminium*, *Dir. des ress. min.*, Rev. ann.

## AMIANTE

L'amiante est le principal minéral industriel extrait au Canada ; la production en était évaluée en 1967 à plus de \$ 163 000 000. Pendant longtemps le Canada a été le plus grand producteur d'amiante du monde, mais il s'est vu supplanter depuis quelques années par l'U.R.S.S. Outre les usages bien connus — toiles et autres matériaux isolants — l'amiante sert maintenant à la fabrication de tuyaux en fibrociment, de bardeaux, de revêtements et d'autres produits. Depuis peu, on l'utilise comme additif dans des composés de pavage, de papiers spéciaux et en guise de charge et de renfort dans les plastiques.

Le chrysotile est le principal minéral amiantifère, variété fibreuse de serpentine formée par l'altération de roches ultra-basiques. Le gros de la production canadienne provient des environs de Thetford Mines et de Black Lake



dans les cantons de l'Est de la province de Québec, où l'on extrait de l'amianté depuis 1878. Sir William Logan fut le premier à décrire les venues d'amianté de ces régions dans un rapport de recherches en 1848. On retrouve aussi ses descriptions dans *Geology of Canada, 1863*. C'est lui qui suscita l'intérêt des entreprises pour ce minéral, en exposant et en expliquant des échantillons d'amianté lors de foires internationales. L'exploitation se fait le plus souvent à ciel ouvert. Malgré le nombre considérable de tonnes déjà extraites, les réserves sont toujours abondantes. Au cours des dernières années, ces mines ont été fortement agrandies et modernisées. En outre, des mines produisent de la fibre d'amianté en Ontario, à Terre-Neuve et en Colombie-Britannique et une mine a été inaugurée au Yukon en 1967. On connaît de nombreuses autres venues de différentes variétés d'amianté, mais elles ne sont pas toutes d'exploitation rentable.

### Québec

Vers 1862, on découvrit de petits gîtes amiantifères près de la rivière des Plantes, dans les cantons de l'Est, mais leur exploitation ne s'avéra pas un succès. En 1877, des gîtes étaient identifiés près de Thetford dont on commença modestement l'exploitation l'année suivante. Au début, les débouchés étaient rares. Au cours des douze années suivantes, à mesure que l'on découvrait les propriétés et les applications de l'amianté, l'expansion fut rapide.

Le chrysotile se trouve dans de la péridotite transformée en serpentine qu'on rencontre associée à de la pyroxénite massée sous forme de filons-couches et de massifs dans une zone étroite et interrompue, dite « zone à serpentine », qui s'étend jusqu'à environ 150 milles au nord-est de la frontière du Vermont. Les quelques venues de roches semblables qu'on rencontre plus loin vers le nord-est n'ont pas donné d'amianté de qualité marchande. Dans la région de Thetford, le gros de la péridotite est renfermé dans des couches du groupe Caldwell, d'âge cambrien, mais la péridotite forme aussi des intrusions dans des couches ordoviciennes; ces intrusions datent donc probablement de l'ordovicien récent et se rattachent à la surrection amenée par la révolution taconique.

Le chrysotile se présente sous deux formes distinctes : en « fibres transversales » et en « fibres longitudinales ou de glissement ». Le chrysotile à fibre transversale, qui forme la majeure partie de la production, se rencontre dans des filons à épontes bien nettes. Les fibres sont parallèles les unes aux autres et forment avec les épontes des angles marqués, parfois même des angles droits. La plupart des filons sont larges d'une fraction de pouce à 3 pouces. La fibre filonienne large de plus de  $\frac{3}{8}$  de pouce s'appelle une « brute » et on la trie à la main; la fibre plus courte s'extrait mécaniquement, la pierre étant concassée, agitée et criblée, et l'amianté aspiré par le haut. Plus de 99 p. 100 du total de la production s'obtient mécaniquement. Il y a deux types de filons de chrysotile à fibre transversale : dans le premier, un seul groupe de fibres s'étend d'une éponte à l'autre; dans le second, les fibres partent de chaque éponte

et leur point de rencontre est une fissure centrale qui contient parfois de la serpentine semblable à celle de la roche encaissante ou de la magnétite. Les deux types se présentent dans tous les gîtes. Les épontes sont formées de serpentine qui se transforme graduellement en péridotite commune partiellement serpentinisée. Cette zone est plus claire que la roche encaissante et la ligne de démarcation assez nette pour que la roche fende facilement le long de ce plan. La bande altérée, ainsi que son filon intermédiaire d'amianté, est d'ordinaire de 6 à 8 fois plus large que le filon lui-même. Le chrysotile à fibre longitudinale se rencontre dans la serpentine à structure très cisailée. Les fibres sont feutrées et disposées plus ou moins parallèlement aux plans de charriage.

M. F. J. Alcock explique brièvement l'origine des gîtes, dans les termes suivants :

« Il est probable que la serpentinisée primitive des roches s'est produite tard au cours de leur consolidation, par réaction entre les composants minéraux et l'eau magmatique associée. Bien qu'il soit associé à la péridotite, l'amianté est évidemment moins ancien qu'elle. Certains filons recoupent des dykes de pyroxénite, ainsi que des amas de chromite contenus dans la péridotite. On a trouvé, par exemple, un dyke de granite qui contenait des enclaves de péridotite; dans l'une d'elles prenait naissance un filon d'amianté long de 3 pieds et large de  $\frac{1}{2}$  de pouce qui allait s'enfoncer dans le granite encaissant. Cet amianté s'est clairement formé après la pénétration du granite. Les filons correspondent aux fissures qui ont accompagné la formation de failles et semblent devoir leur existence aux vapeurs qui circulaient le long de ces fissures et qui ont transformé les épontes en serpentine. La présence de magnétite porte à croire que cette altération s'est produite à de hautes températures. De là, les vapeurs ont pénétré dans les pores de la roche et, partout où elles rencontraient une amorce de fracture, ont transformé en serpentine la péridotite des parois, une partie de l'excédent de matière se déposant dans les fissures mêmes sous forme d'amianté. Il est probable que cette seconde période de serpentinisée et la formation de l'amianté sont contemporaines des mouvements orogéniques et des intrusions de l'âge dévonien. »

Un gîte au nord-est de Chibougamau a été soumis à des essais souterrains en 1967.

### Ontario

C'est en 1950 qu'on a extrait pour la première fois de l'amianté chrysotile en Ontario; il s'agit d'un gîte très étendu, situé dans les cantons de Munro et Beatty, à 10 milles à l'est de Matheson, au nord de Kirkland Lake. Cette mine a été fermée en 1964. Une autre était ouverte en 1965, près de Matheson, et une autre est en voie de développement aux environs de Timmins.

### Colombie-Britannique

La mine d'amianté Cassiar sur le mont McDame, dans la partie nord de la province, a commencé à produire en 1953. Le chrysotile se présente dans une roche ferromagnésienne, probablement d'origine jurassique, dont la transformation en serpentine est si altérée qu'on ne peut

en établir la nature originale. La société exploitante, après avoir acquis les claims, a d'abord délimité approximativement un massif étendu de roche à chrysotile. Les sondages ont établi que le gîte, vu la haute qualité du minéral, serait d'exploitation rentable malgré son éloignement des marchés. La société a ouvert un chemin qui réunit la mine à une route secondaire, elle-même reliée à la route de l'Alaska. Elle y implantait, en 1953, une usine d'une capacité initiale de traitement de 150 tonnes par jour. Cette capacité a été portée à 500 tonnes en 1954, à 1 000 en 1956 et à 1 500 en 1960. La production de fibres de la mine Cassiar s'est élevée à plus de 72 000 tonnes, en 1967.

### Yukon

Un gîte découvert en 1957 à Clinton Creek, au sein d'une région connue depuis longtemps pour ses ressources amiantifères, a commencé à produire en 1967.

### Terre-Neuve

Un gîte a été découvert aux environs de Baie-Verte en 1955 et, en 1963, la production y était de 5 000 tonnes par jour.

### Perspectives d'avenir

Les cantons de l'Est renferment des réserves d'amiantes suffisantes pour de longues années encore et il semble que la demande restera ferme. On voit souvent dans les régions des Appalaches et de la Cordillère, et dans le Bouclier canadien, des minéralisations associées à des roches ultrabasiques converties en serpentine. Pour présenter de l'intérêt un gîte doit contenir assez de filons d'amiantes, suffisamment rapprochés les uns des autres pour qu'on puisse procéder à des extractions à même de volumineux massifs rocheux. En outre, cet amiantes doit posséder les propriétés voulues. Il n'est pas possible de déterminer ces propriétés en faisant analyser les spécimens, comme pour les venues métallifères; la qualité doit être évaluée par un expert. Lorsqu'un gîte semble contenir de l'amiantes en proportions satisfaisantes et être suffisamment étendu, on peut en soumettre des échantillons à un ministère provincial ou fédéral des mines ou à une société productrice d'amiantes.

### Ouvrages à consulter

Findlay, D. C.

*Clinton Creek Mine; in the mineral industry of Yukon Territory and southwestern District of Mackenzie*, Comm. géol. du Can., étude 67-40, 1967, pp. 27 à 29.

Hewitt, D. F. et Satterly, J.

*Asbestos in Ontario*, Min. des mines (Ont.), circulaire n° 1 des minéraux industriels, 1953.

Ce rapport décrit les minéraux d'amiantes, la façon dont ils se présentent et renseigne sur leurs aspects économiques et commerciaux. Se dresse également un tableau des principaux gisements ontariens connus.

Riordon, P. H.

« Geology of the asbestos belt in southeastern Quebec », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXV, 1962, pp. 182 à 184.

Ross, J. D.

*Chrysotile asbestos in Canada*, Direction des Mines, Rapport n° 707, 1931 (épuisé).

Rapport détaillé sur l'extraction de l'amiantes au Canada jusqu'en 1931. On y trouve des données sur les minéraux et gîtes amiantifères connus à l'époque.

Winer, A. A.

*Asbestos*, Div. du trait. des min., Direction des Mines, Rev. ann.

## ANTIMOINE

On trouve la stibine (trisulfure d'antimoine), ainsi que divers minéraux de soufre et d'antimoine dans les régions de la Cordillère et des Appalaches. Cependant, comme on récupère suffisamment d'antimoine comme sous-produit, entre autres, de la fonte et de l'affinage des minerais de plomb (jusqu'à 35 p. 100) et que les ressources mondiales dépassent la demande, il n'y a pas de mines canadiennes en exploitation. On l'emploie surtout pour la production d'alliages de plomb à Trail (C.-B.). L'usine peut aussi produire de l'antimoine métallique, quoiqu'elle ne l'ait pas fait depuis 1944.

La production canadienne d'antimoine en 1967 représentait environ 1 243 000 livres pour une valeur approximative de \$ 658 800.

### Ouvrages à consulter

Dawson, A. S.

« Antimony in Canada » *Can. Mini. J.*, vol. LXVIII, n° 1, 1947, pp. 20 et 21.

Une brève analyse des origines de l'antimoine dans les gîtes connus du Canada et des aspects financiers de son exploitation. On y indique aussi les perspectives d'avenir en ce domaine au Canada.

George, J. G.

*Antimony*, Dir. des ress. min., Revue ann.

McClelland, W. R.

*Notes on antimony deposits and occurrences in Canada*, Direction des Mines, Mém. Sér. n° 108, 1950.

Données sommaires concernant les venues d'antimoine au Canada jusqu'en 1950.

## ARGENT

Le Canada se classe parmi les quatre principaux producteurs d'argent des États non socialistes. Sa production atteignait, en 1967, 36 426 000 onces évaluées à \$ 63 000 000. La demande mondiale et les prix se sont sensiblement accrus au cours des dernières années. En mai 1967, le prix est passé de \$ 1,40 à \$ 2,34 l'once et ce cours a été maintenu le reste de l'année. L'argent ayant des applications nombreuses, tout semble indiquer que la demande future demeurera ferme; pour ce qui est du prix, il est plus difficile de le prévoir. De nos jours, presque tout l'argent est utilisé pour l'argenterie, l'argenterie, les pellicules photographiques et les alliages; il sert aussi à d'autres fins industrielles. Au Canada, l'Ontario domine quant à la production d'argent, suivie de la Colombie-Britannique, du Québec, du Yukon, du Nouveau-Brunswick et de Terre-Neuve.

En 1967, la production d'argent (sous forme de co-produit et de sous-produit), de plomb, de zinc ou de cuivre, représentait plus de 85 p. 100 de la production canadienne. Le gisement de zinc-cuivre-argent de Kidd Creek, près de Timmins, Ontario, est depuis peu extrêmement productif. De la production totale, plus de 13 p. 100 provenaient des gisements d'argent-cobalt et le reste a été obtenu par l'affinage d'or filonien et alluvionnaire. Nous ne traiterons ci-après que des gisements d'argent-cobalt, les autres étant décrits sous les rubriques plomb, zinc et cuivre. Notons cependant que beaucoup des gisements d'or-argent et de plomb-argent de la Colombie-Britannique, particulièrement ceux des districts du canal Portland et de Slocan, ainsi que ceux de Keno au Yukon, sont de très riches sources d'argent.

Cobalt (Ontario), et les régions avoisinantes, où l'on découvrirait au cours de la construction d'un chemin de fer, en 1903, des minerais d'argent, ont formé ce qui était alors la principale région productrice du monde. Pendant 33 ans, on y a extrait de l'argent évalué à plus de \$ 230 000 000. Les mines devaient par la suite interrompre leurs opérations, à cause du cours peu élevé de l'argent et des difficultés engendrées par la crise économique de 1929. Grâce à une demande accrue on a pu rouvrir certaines mines, reprendre la recherche de gisements et aménager de nouveaux camps miniers en fonction des découvertes récentes. La région de Cobalt se situe dans la province du lac Supérieur du Bouclier canadien. Elle renferme surtout des roches volcaniques métamorphiques du Keewatin, s'étendant sous des sédiments métamorphiques huroniens du groupe de Cobalt. Les roches des deux groupes sont recoupées par un ou plusieurs filons-couches épais de diabase. Les gîtes sont formés de filons de calcite et d'autres minéraux carbonatés qu'on trouve surtout dans les sédiments, mais aussi dans les roches volcaniques et les diabases. Les filons renferment de l'argent natif et divers minéraux de cobalt-nickel-arséniure, y compris de la cobaltine, de la niccolite-smaltine, de l'argentite, de l'arsénopyrite et de la chalcopyrite.

La prospection des métaux non ferreux, qui peuvent s'accompagner d'argent, prend naturellement le pas sur la prospection de l'argent exclusivement. Mais il se pourrait qu'on découvre d'autres minéraux où l'argent prédomine. Dans ce genre de prospection, il faut pouvoir reconnaître le minerai secondaire, c'est-à-dire l'érythrine (fleur de cobalt), qui est habituellement un indice utile.

#### Ouvrages à consulter

- Boyle, R. W.  
*The geochemistry of silver and its deposits*, Comm. géol. du Canada, Bull. n° 160, 1968.
- George, J. G.  
*Silver*, Div. des ress. min., Rev. ann.
- Patterson, J. W.  
*Silver in Canada*, Dir. des ress. min., Mineral Survey 3, 1963.
- Petruk, W.  
*Ore deposits of the cobalt area*, Dir. des Min., nouvelle édition, Ser. R.S. n° 44, 1967.

## L'ARGILE ET SES PRODUITS

Les produits de l'argile, comme la brique de construction, évalués à \$ 43,5 millions en 1967 et fabriqués à partir des argiles et schistes argileux domestiques, constituent une part importante des minéraux industriels canadiens. Les gîtes connus sont étendus. Mais d'autres gîtes, situés dans des secteurs qui n'ont pas encore été mis en valeur à cet égard, sont probablement intéressants.

Les gîtes de qualité comprennent le kaolin (argile à porcelaine), l'argile réfractaire, l'argile plastique et l'argile cérame. Faute de gîte connus de cette qualité au Canada, on importe habituellement ces variétés d'argiles. De nombreuses et minutieuses recherches ont cependant déjà été faites en ce sens. On pourrait s'attendre à trouver des gîtes de kaolin blanc dans un terrain non consolidé à concentrations suffisantes ou dans des roches superficielle-ment altérées par les phénomènes naturels. On aurait plus de chances encore d'en trouver sous forme de matières résiduelles, provenant de l'altération superficielle des roches en place, plutôt que dans les surcharges transportées telles qu'elles existent dans la plupart des régions du Canada. Un gîte étendu de kaolin, en Angleterre, est associé à de la roche de fond et semble dérivé de l'altération à haute température des roches granitiques. Il est possible que l'on découvre des gîtes de ce type au Canada. Des roches contenant du kaolin, mais aussi des quantités excessives de silice et d'autres impuretés, ont été trouvées dans diverses parties du Québec, du nord de l'Ontario, du Manitoba et de la Saskatchewan. Les argiles, tant réfractaires que plastiques ou cérames, viennent en dépôts sédimentaires.

#### Ouvrage à consulter

- Brady, J. G.  
*Clays and clay products*, Dir. du trait. des min., Rev. ann.

## ARSENIC

À peu près tout l'arsenic utilisé est un sous-produit du traitement des minerais métalliques. Plusieurs entreprises minières et fonderies canadiennes doivent récupérer l'arsenic pour prévenir l'échappement des fumées nocives. Comme l'offre dépasse la demande, il n'y a aucun intérêt à prospecter de l'arsenic pas plus qu'on ne le tiendra pour un actif dans les minerais exploités pour l'extraction d'autres métaux.

#### Ouvrage à consulter

- Ross, J. S.  
*Arsenic*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

## BARYTINE

La barytine (sulfate de baryum), s'extrait en grande quantité au Canada, surtout en vue de l'exportation. Du fait de sa grande densité, ce minéral est très utilisé dans les boues de forages pétroliers et comme matière de charge dans la peinture, le caoutchouc, le linoléum et le papier.

Le gros de la barytine extraite au pays provient de Walton (N.-É.), où il s'en trouve une réserve considérable dans un gîte de substitution renfermé dans un conglomérat de calcaire datant du Mississipien. On exploite deux gîtes à Parson et Brisco (C.-B.) et l'on récupère aussi de la barytine de résidus à Spillimacheen (C.-B.). D'autres venues ont été mises à jour dans plusieurs régions du pays. Il ne vaudrait donc probablement pas la peine de rechercher uniquement de la barytine, actuellement. Mais un gîte étendu, situé non loin de moyens de transport bon marché, serait sûrement rentable. On dit que la barytine laisse des traces blanches sur une barre d'acier utilisée comme sonde. Le Canada en a produit environ 200 000 tonnes, en 1967, pour une valeur de plus de \$ 2 000 000.

#### Ouvrages à consulter

- Reeves, J. E.  
*Barite*, Dir des ress. min., Rev. ann.
- Ross, J. S.  
*The barite industry in Canada*, Direction des mines, Circ. d'inform. n° 126, 1960.
- Spence, H. S.  
*Barium and strontium in Canada*, Direction des mines, Rapp. n° 570, 1922.
- Tenny, R. E.  
*The Walton barite deposit*, N.S. Dept. Mines, Rapp. ann., 2° partie, 1951, pp. 127 à 143.

#### BENTONITE

La bentonite est une argile formée par l'altération des cendres volcaniques. Les bentonites de bonne qualité augmentent de 8 à 15 fois leur volume lorsqu'elles sont plongées dans l'eau ; d'autres ne se gonflent pas, mais possèdent un grand pouvoir d'absorption. La bentonite sert de ce fait à de nombreux usages industriels ; par exemple, comme ingrédient des boues de forages de pétrole et de gaz ; liant dans le sable de fonderie ; agent filtrant ; argile décolorante ; et matière de charge dans de nombreux produits. On en a utilisé récemment d'abondantes quantités comme liant dans les granules de fer. Au Canada, la bentonite employée à cette fin est importée.

Les principaux gîtes productifs, dont deux en Alberta et un au Manitoba, sont des couches déposées dans différentes formations d'âge mésozoïque des plaines Intérieures, assez importantes pour donner lieu à l'exploitation commerciale. On sait qu'il existe d'autres gîtes de bentonite dans ces deux provinces ainsi qu'en Colombie-Britannique et en Saskatchewan. Le bentonite n'intéresse donc guère les prospecteurs, mais il vaudrait la peine d'examiner les gîtes étendus, favorables tant par leur emplacement que par leurs caractéristiques.

On consomme beaucoup plus de bentonite au Canada depuis quelques années, mais sa production en Alberta est en régression.

#### Ouvrage à consulter

- Ross, J. S.  
*Bentonite in Canada*, Direction des mines, Monographie n° 873.

#### BÉRYLLIUM

Le béryllium est un métal léger largement utilisé comme composant de certains alliages. Les alliages de béryllium et de cuivre pour les ressorts et les contacts électriques constituent toujours un marché de base. Les alliages de béryllium et d'aluminium semblent tout indiqués pour les charpentes légères. On y a eu recours jusqu'à maintenant plus en construction que pour l'énergie atomique. Bien qu'il ne soit pas une source d'énergie atomique, il pourrait servir dans les réacteurs si l'on pouvait en extraire des quantités appréciables à prix modéré. Le marché de la poudre de béryllium pour les propergols de fusées est en pleine expansion. On produit ce minerai en quantité suffisante, surtout le béryl schéidé à la main ; il se détaille aux ports américains à quelque \$ 320 la tonne. Il n'existe pas de demande pour des gîtes additionnels de béryllium actuellement. La production canadienne est négligeable et les faibles quantités extraites à l'étranger l'ont été en grande partie à partir du béryl (silicate de béryllium et d'aluminium), extrait de gîtes de pegmatite exploités aussi pour du mica, du feldspath, du lithium ou du niobium. Rares sont les gîtes de pegmatite qui contiennent assez de béryl pour qu'on s'y intéresse exclusivement. On le rencontre parfois dans la gangue des minerais de tungstène et d'étain.

Le béryl n'est pas toujours de couleur vert pâle et il est difficile de distinguer à vue ce minerai du quartz et d'autres variétés de minéraux. On trouvera dans la liste d'ouvrages énumérés ci-après la description d'essais chimiques, entre autres, praticables sur le terrain. Le « béryllomètre », instrument qui enregistre le nombre de neutrons qu'émet le béryllium lorsqu'une source radioactive agit sur lui, est de conception et de fabrication canadiennes. En raison de son coût élevé et des nombreuses précautions qu'exige son emploi, on le réserve à des travaux déterminés.

Des découvertes de béryl ont été faites en plus de soixante-quinze endroits, notamment dans le Bouclier canadien. D'autres, en nombre inférieur ont eu lieu dans les régions de la Cordillère et des Appalaches. Elles se situent presque toutes dans des pegmatites granitiques et des gîtes connexes et seuls quelques gîtes contiennent du béryl massif. On a découvert un gîte d'un minerai plus rare, l'helvine, dans le nord de la Colombie-Britannique, dans du skarn riche en magnétite contenu dans du calcaire, voisin d'un dépôt de contact granitique.

#### Ouvrages à consulter

- Beus, A. A.  
*Beryllium : evaluation of deposits during prospecting and exploration*, San Francisco et Londres, Freeman.
- Mulligan, R.  
*Beryllium occurrences in Canada*, Comm. géol. du Can., étude 60-21, 1960.  
*Geology of Canadian beryllium deposits*, Comm. géol. du Can., Géol. écon., Rapp. n° 23, 1968.

Rowe, R. B.

*Beryllium : information for prospectors*, Dow Chemical of Canada Limited, n° 45, Min. des ress.

Vokes, F. M.

*Metallogenic map, Beryllium in Canada*, Comm. géol. du Can., carte 1045A-M 2, 1958.

## BISMUTH

Le bismuth, métal d'importance secondaire, s'emploie surtout comme composant de certains alliages, le plus souvent lorsqu'on veut obtenir de faibles points de fusion, comme dans la fabrication des fusibles. Tout le bismuth offert en vente est un sous-produit de l'affinage de certains minerais de plomb, de zinc, de cuivre et de molybdène. On ne connaît pas de gîtes rentables de bismuth seulement.

En 1967, la production canadienne s'est élevée à près de 546 000 livres, pour une valeur approximative de \$ 2 000 000.

### Ouvrage à consulter

George, J. G.

*Bismuth*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

## CADMIUM

Le cadmium s'emploie en grande partie comme revêtement de protection pour les autres métaux. Il est étroitement apparenté au zinc et se présente en petites quantités dans la plupart des minerais de zinc, unique source du cadmium commercial qui est un sous-produit de l'affinage du zinc. On ne connaît pas de gîtes rentables composés exclusivement de cadmium.

La production canadienne, en 1967, fut d'environ 4 772 000 livres, d'une valeur approximative de \$ 3 000 000.

### Ouvrage à consulter

Fraser, D. B.

*Cadmium*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

## CALCIUM

Au Canada c'est la Dominion Magnesium Ltd. de Haley (Ont.) qui extrait le calcium de la chaux. Le rendement en 1965, s'est établi à environ 160 000 livres, d'une valeur de \$ 153 000. En dépit de l'abondance des gîtes, la faiblesse relative de cette production est liée à l'insuffisance de la demande.

## CÉSIUM

Ce métal n'est pas produit au Canada, mais son intérêt économique nous incite à décrire brièvement son mode de venue. On utilise le césium dans certains dispositifs photo-électriques. On extrait le césium principalement de

la pollucite, un composé de césium, d'oxydes d'aluminium et de silicium, et d'eau. On la rencontre dans des pegmatites lithinifères complexes zonées ; le principal gîte connu au Canada se trouve au lac Bernic, dans le sud-est du Manitoba. Ce gîte est doublement intéressant puisqu'il contient en outre du tantale. On trouvera la description d'un essai chimique simple à faire sur place dans le second ouvrage indiqué ci-après, publié avec l'autorisation du ministère des Mines et des Ressources naturelles du Manitoba.

### Ouvrages à consulter

Howe, A. C. A. et Rowntree, J. C.

« Geology and economic significance of the Bernic Lake pegmatite », *Bull. Inst. Mining Met.*, vol. LX, n° 658, février 1967, pp. 207 à 212.

Mulligan, R.

*Pollucite (Cesium) in Canada*, Comm. géol. du Canada., étude 61-4, 1961.

## CHAUX ET CALCAIRE

Le calcaire, ou carbonate de calcium, a peut-être plus d'usages que toute autre roche. On l'emploie notamment dans la synthèse de divers produits chimiques, comme charge dans les peintures et autres produits assimilés, dans la fabrication des carreaux et du linoléum ; broyé, le calcaire sert dans les cimenteries, comme produit d'amendement des sols et comme matériau de construction. En 1966, la production de chaux vive et de chaux éteinte était évaluée à près de \$ 20 000 000, et le calcaire utilisé à d'autres fins, y compris la construction, atteignait \$ 74 000 000. Les réserves de calcaire sont suffisantes dans plusieurs des grands centres de consommation ; mais, ailleurs, la découverte de gîtes exploitables pourrait se mériter l'attention du prospecteur.

### Ouvrages à consulter

Goudge, M. F.

*Limestones of Canada*, Mines Branch Repts. : Part I, Introductory ; II, Maritime Provinces ; III, Quebec ; IV, Ontario ; V, Western Canada, 1933 à 1946.

Stonehouse, D. H.

*Lime ; limestone*, Div. du trait, des min., Rapp. ann.

## CHROME

Le chrome joue un rôle très important ; il entre dans la composition des aciers inoxydables et résistants à la corrosion, et sert en galvanisation. On l'extrait seulement de la chromite, oxyde de chrome et de fer. Le rapport chrome-fer varie d'un gîte à l'autre et constitue un élément important de la rentabilité d'un gîte, car les gîtes à basse teneur de chrome ne sont exploitables que si l'enrichissement du minerai permet d'obtenir des produits de type commercial. Les bons minerais et concentrés doivent contenir environ 50 p. 100 d'oxyde de chrome et la proportion chrome-fer doit s'établir à environ 3 pour 1.

On rencontre de la chromite dans plusieurs districts du Canada, mais il n'existe aucun gîte de valeur marchande. Le gros de la chromite utilisée au Canada est importée d'Afrique ou des Philippines. Les États-Unis en produisent un peu et, au cours de la seconde guerre mondiale, on en a tiré une certaine quantité de gîtes dans les cantons de l'Est du Québec. Quoique les conditions de ce marché n'aient guère varié au cours des dernières années, il se pourrait que l'instabilité politique dans d'autres régions du monde provoque un accroissement de la demande pour des gîtes nord-américains.

La chromite se trouve en association avec des roches ignées ultramafiques, comme la dunite, les péridotites et les pyroxénites, ou avec les serpentines, résultat de leur altération. La chromite se trouve parfois sous forme d'amas ou de grains épars, d'ordinaire dans la roche dunite, qu'on méprend quelquefois pour la chromite. Les grains de cette dernière sont brillants, tandis que la dunite est une roche ferro-magnésienne à grain fin, d'un noir grisâtre et d'aspect terne, dont la griffure se marque en gris pâle. Le plus souvent, le seul autre minéral métallique présent est la magnétite, qui ressemble beaucoup à la chromite, mais s'en distingue facilement par ses propriétés magnétiques et son trait noir. Celui de la chromite est d'un brun chocolat.

Il importerait de découvrir au Canada un gîte étendu de chromite de bonne teneur. De nombreuses recherches ont été faites en ce sens, notamment pendant la guerre. Les endroits favorables à la prospection à cet égard sont les régions à gîtes de serpentine, surtout celles des cantons de l'Est du Québec, de la partie centrale de la Colombie-Britannique ainsi que les régions à roches ultramafiques du Bouclier canadien. En 1942, la partie sud-est du Manitoba a suscité un vif intérêt du fait de la découverte de gîtes de péridotite à chromite dans la région de Bird River. Cette chromite contient peu de chrome par rapport au fer et l'on cherche encore le procédé industriel qui permettrait de la transformer en produit commercial.

#### *Ouvrages à consulter*

Craig, J. W.

« Chrome for Canada », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLIII, 1940, pp. 762 à 780.

Aperçu sur les gîtes, l'utilisation et le traitement des minerais de chrome dans le monde, ainsi que sur les gîtes et le commerce du chrome du Canada, jusqu'en 1940.

Downes, K. W. et Morgan, D. W.

*The utilization of low-grade domestic chromite*, Direction des mines, Mémo, sér. n° 116, 1951.

Exposé des recherches faites sur plusieurs méthodes d'utilisation des gîtes canadiens de chromite à basse teneur et notes sur la possibilité d'en poursuivre l'exploitation.

Stockwell, C. H.

« Chromite deposits of the Eastern Townships, Quebec », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLVII, 1944, pp. 71 à 86.

Étude descriptive de la géologie et des gîtes de chromite des cantons de l'Est d'où l'on a extrait la plus grande partie de la production canadienne. On y trouve aussi des notes sur les possibilités de prospection.

Wigle, G. P.

*Chrome*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

## COBALT

Le cobalt est très utile surtout dans le domaine des alliages spéciaux. Le Canada a déjà figuré parmi les premiers producteurs de cobalt, sous-produit des mines d'argent de Cobalt (Ont.) et des environs ; actuellement, on extrait une certaine quantité de cobalt en sous-produit grâce au regain d'activité du camp Cobalt, mais la majorité de la production provient d'Afrique. Le cobalt est également un sous-produit de l'exploitation minière des gisements de nickel et cuivre de Sudbury, de Thompson et de Lynn Lake. En 1967, la production canadienne a été d'environ 3 306 000 livres, pour une valeur de quelque \$ 7 000 000.

Plusieurs gîtes cobaltifères composites de nickel, de cuivre, ou d'argent natif existent dans le Bouclier canadien et dans les régions de la Cordillère et des Appalaches.

Les gîtes de cobalt exploitables seront sans doute recherchés pendant longtemps. La couleur rose de la fleur de cobalt (érythrine), est un indice utile.

#### *Ouvrages à consulter*

Jones, R. J.

*Cobalt in Canada*, Direction des mines, rapport n° 847, 1954.

Renseignements sur les gîtes, la production, la métallurgie et l'utilisation au Canada, ainsi que sur le commerce mondial.

Wigle, G. P.

*Cobalt*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

## CUIVRE

Le cuivre est l'un des métaux les plus largement utilisés. Étant donné sa résistance à la corrosion, sa ductilité, ainsi que sa conductivité électrique et calorifique, des quantités abondantes de cuivre entrent dans la fabrication des tubes, des feuilles, des fils et des câbles. Il s'allie facilement à d'autres métaux pour former des alliages résistants, faciles à traiter, peu corrosifs et de bel aspect. En 1967, la production canadienne de cuivre a été de quelque 1 185 000 000 de livres (\$ 564 000 000, environ), soit la plus importante du Canada. Elle n'était dépassée que par le pétrole dans l'ensemble de l'industrie minière canadienne. Le Canada figurait au cinquième rang parmi les pays producteurs de cuivre. C'est l'Ontario qui en produisait le plus, suivi dans l'ordre par le Québec, la Colombie-Britannique, le Manitoba, la Saskatchewan, Terre-Neuve et le Nouveau-Brunswick.

#### *Minéraux cuprifères*

La chalcopryrite (sulfure de cuivre et de fer), est de loin le principal minerai cuprifère canadien. Le prospecteur doit pouvoir l'identifier aisément, ainsi que la malachite et l'azurite — deux minéraux cuprifères supergènes courants. La malachite et l'azurite se présentent en

quantités trop faibles dans la plupart des gîtes canadiens pour être exploitées, mais leurs teintes vertes et bleues caractéristiques sont des indices précieux de la présence de chalcopryrite ou de quelque autre minéral cuprifère primaire dans les affleurements. La malachite (ou l'azurite), indique la présence de gîtes disséminés de faible teneur où les minéraux primaires sont souvent difficiles à déceler. Il arrive qu'une quantité minime de cuivre primaire occasionne la formation d'une pellicule passablement étendue de malachite ou d'azurite, comme si l'on avait peint en vert ou en bleu la surface ou les fractures d'un affleurement.

Dans certaines régions, la chalcocite, le cuivre natif, la tétraédrite ou la bornite sont ou ont été des minerais importants. À ce titre, le prospecteur devrait apprendre à les identifier s'il projette de travailler dans des régions où ces minéraux se trouvent. Il lui serait cependant plus utile d'être en mesure de déceler la présence de chalcopryrite, de malachite et d'azurite.

### Gîtes

Environ les trois quarts du cuivre produit au Canada dans les dernières années provenaient de mines du Bouclier canadien ; le reste, de mines des régions de la Cordillère et des Appalaches. Près de la moitié du cuivre extrait du Bouclier provenait de mines de nickel-cuivre, surtout dans le secteur de Sudbury ; l'autre moitié, de gîtes massifs et disséminés de couches homogènes dont la plupart renfermaient du zinc comme coproduit associé à des quantités récupérables d'or, d'argent et d'autres métaux. La plupart des gîtes productifs de couches homogènes du Bouclier se trouvent dans la province du lac Supérieur, où les mines de cette nature sont situées en général, dans une ceinture de couches volcaniques et sédimentaires altérées, comprenant les districts de Timmins, Noranda et Matagami. On a exploité, et on exploite encore, nombre de mines de même nature dans les secteurs de Flin Flon et de Snow Lake et dans la partie méridionale de la province de Churchill.

Les gîtes composites typiques des provinces du lac Supérieur et de Churchill sont des corps sulfurés lenticulaires, massifs et disséminés, renfermant de la pyrite, de la pyrrhotine, de la sphalérite, de la chalcopryrite, de l'or et de l'argent en proportions variables. Certains contiennent aussi de la galène et d'autres minéraux métallifères. Le plus souvent, l'exploitation se fait sur deux ou plusieurs corps minéralisés apparentés. La teneur métallique moyenne du minerai se situe entre 0,5 et 5 p. 100 de cuivre et entre 0,5 et 11 p. 100 de zinc. Plusieurs mines comportent des sections de teneurs variées dont certaines renferment des masses de minerai où prédomine le cuivre ou le zinc. Les gîtes de la région Timmins-Noranda-Matagami se situent dans une succession compacte de strates volcaniques sédimentaires altérées au sein desquelles des amas plus ou moins étendus de roches plutoniques ont fait intrusion. Bon nombre de gîtes se trouvent dans des roches volcaniques mafiques, au contact ou près du contact de telles roches avec des roches volcaniques sous-jacen-

tes plus saliques. La plupart des gîtes de la région de Flin Flon et Snow Lake se trouvent dans des roches volcaniques de formation intermédiaire ou mafique ou dans des roches métamorphisées équivalentes. Les premiers gisements sulfurés découverts dans ces régions l'ont été par l'application des méthodes ordinaires de prospection. Les terrains de couverture y étant très étendus, les découvertes plus récentes ont pour la plupart résulté de l'application des méthodes spéciales : certains de ces gîtes ont été trouvés sous du roc stérile. La première masse de minerai découverte dans le secteur de Manitowadge a été détectée par des prospecteurs qui exploraient une venue de sulfures indiquée sur une carte publiée par le ministère ontarien des Mines en 1932. La plupart des gîtes de ce secteur se trouvent dans des roches sédimentaires très métamorphisées. Ce point mérite d'être souligné, car avant que le secteur de Manitowadge devienne productif, les prospecteurs estimaient généralement que les zones très métamorphisées des roches volcaniques et sédimentaires du Bouclier n'étaient pas aussi favorables que celles à métamorphisme modéré.

On extrait présentement du cuivre d'une douzaine de mines dans la région de Chibougamau. Ces gîtes diffèrent des gîtes décrits ci-dessus en ce qu'ils sont essentiellement du type cuivre-or, sans quantité appréciable de zinc et constituent des remplissages de zones de cisaillement et de filons dans du gabbro et autres roches éruptives. Le gîte Icon, découvert assez récemment dans la partie septentrionale de la région, est un gîte de chalcopryrite de couches homogènes dans de la dolomie aphébiennne.

Des filons contenant de la chalcopryrite, de la bornite et du cuivre natif, dans des zones faillées de basalte et de conglomérat du précambrien récent font l'objet d'exploitation minière au nord de Sault-Sainte-Marie. Ils ont certaines caractéristiques des gîtes de la région de Coppermine des Territoires du Nord-Ouest, où des essais sont en cours. La chalcocite est le principal minéral dans la plupart des gîtes de Coppermine, qui sont des filons et des zones bréchiformes dans le groupe des coulées basaltiques précambriennes récentes de la rivière Coppermine.

La majeure partie du cuivre extrait de la région appalachienne provient de gîtes sulfurés composites de couches homogènes ainsi que de gîtes filoniens. Dans les cantons de l'Est, des gîtes de pyrites lenticulaires contenant des quantités diverses de chalcopryrite, de sphalérite ou d'autres sulfures, se rencontrent dans des schistes et d'autres roches de l'ère paléozoïque. On les associait autrefois aux intrusions dévoniennes de granite. Ils seraient plutôt le résultat de processus volcaniques ou sédimentaires liés à la formation des couches qui les encaissent. Le gîte cuprifère primitif de Gaspé est constitué d'amas de chalcopryrite et de molybdénite longeant des failles dans une zone de skarn enclavée dans des schistes et des calcaires dévoniens. Le minerai extrait en 1967 avait une teneur moyenne de cuivre de 1,12 p. 100. Le gîte voisin du mont Copper, qu'on se préparait à exploiter en 1968, ressemble quelque peu à des gîtes de cuivre porphyrique ; ses principaux sulfures sont la pyrite et la chalcopryrite, associées à des

quantités moindres de molybdénite et d'autres minéraux présents dans le skarn et le granite.

Dans la plupart des gîtes sulfurés de couches homogènes du secteur de Bathurst (N.-B.), le cuivre se subordonne au zinc et au plomb, mais la teneur en cuivre du gîte de Wedge est de 3 p. 100, contre 1,75 p. 100 de plomb.

On note des teneurs de cuivre pouvant aller de 0,7 à 1,6 p. 100 dans les mines principalement cuprifères de Little Bay, Whalesback, Baie Verte, Tilt Cove et Gullbridge à Terre-Neuve. Il s'agit pour la plupart de gîtes lenticulaires ou de zones de cisaillement contenant plusieurs minéraux sulfurés ainsi que de la chalcopryrite, dans des couches volcaniques basiques et des roches ultramafiques métamorphisées d'âge paléozoïque.

Dans la Cordillère occidentale, en Colombie-Britannique et dans le Yukon, les venues de cuivre sont nombreuses. Le plus souvent, les gîtes sont situés dans des strates volcaniques basiques qui renferment des plutons granitiques et des roches apparentées. Les principaux types de gisements sont des corps massifs et disséminés, rattachés à des zones de cisaillement et révélant certaines substitutions : du porphyre cuivreux constitué de substitutions et de remplissages de fissures dans des roches plutoniques bréchiformes qui ne sont pas nécessairement porphyriques ; des roches de contact métasomatiques dont certaines contiennent des quantités exploitables de magnétite ; des filons de divers types. Les premiers gîtes exploités étaient des gisements de contact et de filons dans le district « frontalier », juste au nord de l'État de Washington. Les filons d'or et de cuivre de Rosslund s'y rencontraient en coulées volcaniques et en filons-couches avec des intrusions granitiques ; les gîtes de contact de Phoenix et d'autres camps d'exploitation étaient des amas irréguliers de skarn dans du calcaire ou dans d'autres sédiments. Après le déclin de ces centres, la majeure partie du cuivre extrait en Colombie-Britannique fut tirée de gîtes étendus de Britannia, d'Anyox et d'ailleurs, dont on a toujours cru qu'ils provenaient de zones de cisaillement. Les minerais de Britannia constituent une grosse masse (lambeau témoin), de roches sédimentaires et volcaniques dans le batholite de la chaîne Côtière. Le minerai extrait au cours des dernières années renfermait environ 1,5 p. 100 de cuivre et 0,9 p. 100 de zinc, outre un peu d'or et d'argent. Les gîtes d'Anyox occupaient un lambeau témoin d'amphibolite dans le batholite de la chaîne Côtière ; jusqu'au moment de la fermeture de la mine, en 1936, le minerai contenait de 1,2 à 2,3 p. 100 de cuivre associé à certaines quantités d'or et d'argent. Le gîte du mont Copper, le premier gîte important du type général de porphyre cuivreux à être exploité en Colombie-Britannique, contenait approximativement 1 p. 100 de cuivre, principalement de la bornite, disséminé dans un stock composite formé de gabbro sur les bords et de diverses roches altérées jusqu'à la pegmatite syénitique cuprifère dans le centre. À peu de distance, en direction nord, le gîte de Bethlehem, connu depuis nombre d'années, commença d'être exploité en 1962 par suite de recherches plus poussées et de l'accroissement de la demande. On y rencontre de la chalcopryrite, de la bornite,

de la molybdénite et d'autres minéraux dans des roches granitiques bréchiformes, en partie porphyriques ; les réserves de minerai sont définies selon une teneur en cuivre réduite à 0,35 p. 100. Plusieurs autres gîtes de cette catégorie, dont certains sont composés de parties métasomatiques de contact, ont été mis en exploitation récemment ou sont présentement en voie de développement en Colombie-Britannique.

### Historique

Au Canada, la recherche du cuivre a précédé celle des autres métaux. Les indigènes utilisent déjà des « piécettes » ou pépites de cuivre natif dans les temps préhistoriques. Des morceaux de cuivre natif, issu de l'altération superficielle des roches ou des gisements minéraux, jonchaient parfois le sol ou se mêlaient aux graviers des ruisseaux. Ils pouvaient être martelés pour former les couteaux, les fers de lances et les têtes de flèches. En 1770, un commerçant en fourrures et certains missionnaires tentèrent d'extraire du cuivre natif près de Sault-Sainte-Marie. Une tentative analogue avait lieu à Terre-Neuve quelques années plus tard. L'une et l'autre échouèrent.

La première exploitation filonienne importante au Canada, si l'on excepte l'exploitation artisanale du minerai de fer pour les besoins locaux, se fit aux mines Bruce sur la rive nord du lac Huron en 1848. Elle s'est poursuivie de façon intermittente jusqu'en 1921. Cette découverte découlait d'un intérêt accru pour le cuivre dans la région des Grands Lacs après l'installation des mines de cuivre du Michigan dans les années 1840 ; ces mines figurent parmi les plus anciennes des États-Unis.

On découvrit du cuivre au Québec en 1840. Au cours de cette année-là, Sir William Logan, qui devait fonder deux ans plus tard la Commission géologique du Canada, apprit, en parcourant les cantons de l'Est, qu'il existait de l'étain sur une montagne voisine de Sherbrooke. Après enquête, il se rendit compte qu'il s'agissait d'une venue de cuivre plutôt que d'étain. Quelques années plus tard, il y entreprenait une recherche plus approfondie. Dans son rapport, il fait état de trois endroits lui paraissant des plus prometteurs. Suivant ses indications des prospecteurs découvrirent des gîtes, dont le premier commença à produire vers 1885. Bien que ces premières mines soient épuisées, la zone de cuivre des cantons de l'Est demeure un centre important de production.

Les mines de Terre-Neuve ont alimenté de façon notable le marché du cuivre à divers moments depuis 1864. La première fut celle de Tilt Cove, découverte à la suite des travaux de Sir William Dawson, un des premiers géologues canadiens à affirmer que les roches de ce secteur devaient renfermer du cuivre.

L'exploitation des grands gîtes de cuivre du district « frontalier » de la Colombie-Britannique, juste au nord du 49° parallèle, a donné à cette province le premier rang pour la production du cuivre au Canada au cours des dernières années du XIX<sup>e</sup> siècle et au début du XX<sup>e</sup>. Les exploitations minières d'autres régions de la Colombie-



Britannique l'ont maintenue au premier rang pour la plupart des années jusqu'à 1933, alors que l'Ontario la supplantait définitivement.

Les découvertes de cuivre dans la région de Chibougamau, située dans le Bouclier canadien au nord du Québec, remontent à 1870. L'occasion en a été l'expédition d'un membre de la Commission géologique du Canada en vue de reconnaître les voies de canotage entre le lac Saint-Jean et la baie d'Hudson. Même si plusieurs venues de cuivre et d'or furent découvertes au début du siècle, à la suite de son rapport, la région était trop éloignée pour qu'on y envisage une exploitation minière. Il fallait attendre la construction d'un chemin de fer avant d'ouvrir, en 1954, la mine de cuivre d'Opemisca. Plusieurs autres mines étaient ouvertes au cours des années suivantes. Entre-temps, les prospecteurs des secteurs aurifères de Timmins et de Kirkland Lake étendirent leur rayon d'action aux régions avoisinantes du Québec. Entre 1911 et 1920, Edmond Horne y découvrait un grand gîte de cuivre. La mine Horne de Noranda Mines Limited entra en production en 1927. Ce gîte ainsi que les autres découvertes plus tard dans le même secteur, font de la région de Noranda l'un des centres d'exploitation des minerais de cuivre les plus importants du monde. En 1955, la compagnie Noranda inaugura également la Gaspé Copper Mine à l'intérieur de la péninsule de Gaspé. L'exploitation d'un autre grand district de cuivre-zinc fut entreprise en 1930, avec l'installation d'une fonderie à Flin Flon, à la frontière de la Saskatchewan et du Manitoba.

Entre 1956 et 1966, le nombre de mines de cuivre mises en exploitation au Canada s'est élevé à cinquante-sept ; soit plus que pour tout autre métal. Elles étaient surtout situées dans la province du lac Supérieur du Bouclier canadien et en Colombie-Britannique et représentaient près du tiers de toutes les mines exploitées durant cette période. La plupart de ces mines étaient situées dans d'anciens camps miniers ou dans des secteurs déjà exploités qui trouvaient un regain d'activité grâce à des méthodes de prospection et d'essais plus avancées, à l'amélioration des conditions des marchés, ainsi qu'aux nouvelles méthodes d'extraction et de traitement. Ces dernières ont facilité l'exploitation de minerais plus pauvres, et les méthodes plus modernes la prospection et la découverte de minerai à plus forte teneur. Dans certains cas, des minéralisations abandonnées dans de vieilles mines se prêtèrent à une extraction rentable ; dans d'autres, des méthodes spéciales de recherches révélèrent les prolongements d'amas minéralisés connus ou permirent de découvrir de nouveaux amas minéralisés proches des anciens ; dans d'autres cas encore, des méthodes scientifiques ont permis de déceler la présence de gîtes isolés dans des secteurs considérés depuis nombre d'années comme favorables aux petits gisements cuprifères. Des méthodes spéciales ont assuré la découverte de gîtes dans des secteurs que l'on peut considérer comme nouveaux, tels le gîte Poirier entre Noranda et Chibougamau et le gîte Icon au nord de Chibougamau.

En 1967, l'intérêt pour les ressources du secteur de Coppermine reprend avec force tant à cause de la primauté

industrielle du cuivre que des améliorations générales des transports dans les régions septentrionales. On connaît l'existence de gîtes de cuivre dans cette région depuis 1771, alors que Samuel Hearne y fit l'un des voyages les plus extraordinaires de toute l'histoire de l'exploration du Canada. Jeune apprenti de la Compagnie de la baie d'Hudson, il fut envoyé de l'endroit connu maintenant sous le nom de Churchill, en tournée d'inspection pour vérifier les dires des indigènes concernant un grand gisement de cuivre. Accompagné d'une bande d'Indiens, il parcourt le territoire durant deux ans et découvre du cuivre natif près de la rivière Coppermine. Les quantités sont jugées absolument insuffisantes à l'époque. Les recherches ont été reprises à diverses époques depuis lors, surtout entre 1943 et 1945, alors que les forages au diamant ont révélé la présence de gîtes appréciables.

### *Perspectives d'avenir*

Tant à court qu'à long terme, les perspectives semblent favorables. Les prix ont varié entre 45¢ et 51¢ la livre en 1967 et la demande a été forte. Les conditions du marché mondial ont été compromises par l'instabilité politique de certains des principaux pays producteurs de cuivre et par des grèves dans d'autres. Dans la plupart des cas, il serait difficile de trouver des produits de remplacement, mais pour certains usages, des métaux comme l'aluminium ou des produits plastiques le concurrencent. Ces raisons ont incité les grandes compagnies productrices à freiner la hausse des prix qu'entraîne la forte demande actuelle, de crainte que cela ne joue à l'avantage des succédanés.

### *Ouvrages à consulter*

- Alcock, F. J.  
*Copper in Canada ; Copper resources of the world*, XVI<sup>e</sup> Congr. géol. intern., vol. I, 1935, pp. 65 à 136.  
Exposé assez complet de la situation du cuivre jusqu'en 1933.
- Bell, A. M.  
« Geology of ore occurrences at the property of Gaspé Copper Mines », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LIV, 1951, pp. 240 à 245.  
En plus de décrire les aspects géologiques de ce gîte, ce document contient des conseils utiles à quiconque recherche d'autres gîtes de cuivre dans la région de Gaspé.
- Byers, A. R. et coll.  
*Geology and mineral deposits of the Flin Flon area, Saskatchewan*, Sask. Dept. Min. Res., Rapp. n° 62, 1965.
- Carr, J. M.  
« Geology of the Bethlehem and Craigmont copper deposits ; dans Tectonic history and mineral deposits of the Western Cordillera », *Can. Inst. Mining Met.*, vol. spéc. n° 8, 1966, pp. 321 à 328.
- Dugas, J. et Hogg, W. A.  
« An outline of the Rouyn-Noranda area, Quebec », *Can. Mining J.*, avril 1962, pp. 101 à 104.
- Duquette, G.  
« General geology and asbestos mineralization in the Chibougamau District », *Can. Mining J.*, avril 1966, pp. 70 à 75.
- Fahrni, K. C.  
« Geological relations at Copper Mountain, Phoenix and Granisle mines », dans « Tectonic history and mineral

- deposits of the Western Cordillera », *Can. Inst. Mining Met.*, vol. spéc. n° 8, 1966, pp. 315 à 320.
- Hedley, M. S.  
« 100 years of mine finding in British Columbia », *Can. Mining J.*, avril 1967, pp. 68 à 72.
- Killin, A. F.  
*Copper*, Dir. des ress. min., Rev. ann.  
*The Canadian copper industry*, Dir. des ress. min., R.M. 88, 1966.
- Kindle, E. D.  
*A statistical analysis of 1 700 copper deposits, Cordilleran region of Canada* (un bref rapport intérimaire), Comm. géol. du Can., étude 69-1, partie B, 1969, p. 52.
- Latulippe, M.  
*The relationship of mineralization to Precambrian stratigraphy in the Mattagami Lake and Val d'Or districts of Quebec*, dans Assoc. géol. can., étude spéciale n° 3, 1966, pp. 21 à 42.
- Mamen, C. (rédacteur)  
« Mines de Poirier », *Can. Mining J.*, juin 1966, pp. 51 à 56.
- Pye, E. G.  
*Geology of the Manitowadge area*, Ont. Dept. Mines, Rapp. ann., vol. LXVI, 8<sup>e</sup> partie, 1960.
- Shklanka, R.  
*Copper, nickel, lead and zinc deposits of Ontario*, Ont. Dept. Mines, Ress. min., circ. n° 12, 1969.  
Un inventaire systématique et descriptif de 1 600 gîtes, dans lequel on a mis l'accent sur les aspects économiques.
- Thompson, V. E. et coll.  
*Metal resources*, Circ. n° 1, Ont. Dept. Mines, 3<sup>e</sup> édit., 1954.  
Exposé sommaire sur les gîtes de cuivre, de nickel, de plomb et de zinc en Ontario jusqu'en 1954.
- Waddington, G. W.  
*Copper in Quebec*, Min. des ress. nat. du Québec, pub. spéc. n° 4, 1969.  
Inventaire annoté des venues de cuivre, établi sur les données recueillies avant 1964, avec références.

## DIATOMITE

La diatomite est un dépôt sédimentaire ressemblant à de la craie. Elle est formée par l'accumulation des coques siliceuses de micro-organismes appelés diatomées. On lui trouve de nombreux usages industriels comme matière filtrante, absorbante ou isolante. À peu près la moitié de la diatomite employée actuellement au Canada sert à enrober les grains d'engrais chimiques, pour les empêcher de s'agglutiner.

On connaît plus de 400 gîtes de diatomite au Canada, mais on s'est borné jusqu'ici à exploiter à petite échelle et par intermittence les gîtes d'âge récent de la Nouvelle-Écosse et d'autres d'âge tertiaire, près de Quesnel (C.-B.). Ces derniers sont les seuls exploités actuellement. On dit que c'est là que se trouve le gîte le plus important au Canada, du point de vue économique. La production en sera accrue par l'installation d'une nouvelle usine de traitement.

### Ouvrage à consulter

- Eardley-Wilmont, V. L.  
*Diatomite : its occurrences, preparation, and uses*, Direction des mines, Rapp. n° 692, 1928 (épuisé).

L'étain a des emplois multiples, surtout dans la fabrication de fer-blanc, de soudure, de bronze et d'autres alliages. On en importe de grandes quantités au Canada, principalement de la Malaisie et de la Thaïlande. Malgré les nombreuses recherches effectuées durant la seconde guerre mondiale, alors que l'étain était très rare, on ne parvint pas à découvrir de gisements exploitables. On explore actuellement un gîte découvert plus tard au Nouveau-Brunswick. Le seul étain qu'on produit au Canada à l'heure actuelle est un sous-produit du traitement des minerais de la mine Sullivan, en Colombie-Britannique. On y extrait annuellement, depuis quelques années, quelques centaines de tonnes, sous forme de métal ou de concentrés.

Le principal minéral d'étain est la cassitérite (oxyde d'étain). La stannite (sulfure de cuivre, de fer et d'étain), est moins importante et les autres minerais stannifères le sont encore moins, en général. L'étain se présente dans des filons de quartz et dans des roches granitiques apparentées, converties en « greisen » ; dans les pegmatites, les filons et gîtes massifs de sulfure et dans des placers dérivés des gîtes précédents. Presque toute la production mondiale provient de placers.

On a, dans le passé, récupéré un peu d'étain au Canada au cours de l'exploitation de placers aurifères, mais on en a gaspillé davantage. Sans doute accorderons-nous à l'avenir une place plus importante à ce métal.

La plupart des gîtes filoniens et alluvionnaires du Canada se trouvent dans une zone, située juste à l'ouest du sillon des Rocheuses et qui se prolonge dans une bonne partie du Yukon. On en a trouvé plusieurs autres au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse. Ces derniers s'étendent dans trois zones ; une au centre et une au sud du Nouveau-Brunswick ; l'autre le long de la partie centrale de la Nouvelle-Écosse (carte 32-1964). La zone méridionale du Nouveau-Brunswick comprend les gîtes de substitution de Mount Pleasant, dans des zones de cisaillement et de brèche dans des roches volcaniques altérées. Même si les cartes portent indications qu'elles se rattachent à l'âge mississippien, ces roches sont probablement plus anciennes, de sorte que la minéralisation peut fort bien remonter au granite dévonien de la région. Le gîte renferme, outre la cassitérite et la stannite, des minéraux contenant du tungstène, du molybdène, d'autres métaux et de la fluorine. La découverte de cette propriété est attribuable à la prospection géochimique. Cela a entraîné des explorations étendues et de nombreux essais de traitement. On a aussi découvert plusieurs venues dans les provinces des Esclaves et du lac Supérieur ; quelques-unes, situées dans la région du lac Bernic au nord-ouest de Winnipeg, ont été soumises à des essais de forage et de fonçage de puits.

Comme l'étain est présent dans quantité de gisements, on aurait avantage à effectuer des essais dans les mines en production et dans les gisements possiblement exploitables. Cela pourrait se faire par l'analyse spectrographique d'échantillons.

### Ouvrages à consulter

- Jackson, W. H.  
*Tin*, Dir. des ress. min., Rev. ann.
- McClelland, W. R.  
*Tin in Canada, occurrences and uses*, Mem. Ser. n° 125, Dir. des Min., 1952.
- Mulligan, R.  
*Geology of Canadian tin occurrences*, Rapport et carte 32-1964 ; Comm. géol. du Canada, Étude 64-54, 1966.
- Pentland, A. G.  
« Occurrence of tin in the Sullivan mine », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLVI, 1943, pp. 17 à 22.
- Riddell, J. E.  
« Tin in southern New Brunswick, with special reference to the Mount Pleasant deposit », *Can. Mining J.*, vol. LXXXIII, n° 4, 1962, pp. 69 à 75.
- Warren, H. V. et Thompson, R. M.  
« Tin in Western Canada », *Western Miner*, août 1944, pp. 40 à 46.

### FELDSPATH ET SYÉNITE NÉPHÉLINIQUE

Le feldspath entre surtout dans la fabrication de la poterie, du verre, de la porcelaine, des ustensiles en fonte émaillée et des poudres de récurage. On l'extrayait antérieurement de nombreuses petites exploitations à ciel ouvert de filons de pegmatite ; mais la prospection du feldspath ne présente aucun intérêt actuellement parce que la demande est faible et que même des gîtes connus, d'accès facile, demeurent inexploités. Cependant, si un gîte pegmatitique tire sa valeur de quelque autre minéral, il serait bon d'étudier la possibilité de récupérer le feldspath comme coproduit. L'unique exploitation de feldspath est faite présentement dans un grand gîte de pegmatite granitique à gros grains, situé près de Buckingham (Québec), dont on a tiré environ 11 000 tonnes, d'une valeur de \$ 255 000, en 1966.

Au cours des années récentes la syénite néphélinique a pris le pas sur le feldspath pur dans l'industrie du verre, à cause de sa teneur plus forte en oxyde d'aluminium. Deux compagnies exploitent un grand gîte à Blue Mountain, près de Peterborough (Ontario), dans la partie méridionale de la province de Grenville du Bouclier canadien. On rencontre de la néphéline dans de la syénite, du gneiss et de la pegmatite dans divers secteurs du Bouclier canadien et de la région de la Cordillère. L'exploitation a été entravée à cause des trop grandes variations dans la teneur de néphéline, d'un pourcentage de fer trop élevé et d'autres raisons. Il ne faudrait cependant pas abandonner la recherche de gîtes appropriés, près d'un marché en puissance, plus particulièrement dans l'Ouest canadien. La production canadienne en 1966 a été d'environ 366 000 tonnes, évaluées à \$ 4 000 000.

### Ouvrages à consulter

- Hewitt, D. F.  
*Nepheline syenite deposits of southern Ontario*, Ont. Dept. Mines, Rapp., vol. LXIX, 8° partie, 1960.

Reeves, J. E.

*Feldspar*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

*Nepheline syenite*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

Spence, H. S.

*Feldspar*, Direction des mines, Rapp. n° 731, 1932.

### FER

Le fer est le principal composant de l'acier qui est la base de l'industrie moderne. Au Canada, la production de minerai de fer a augmenté régulièrement au cours des dernières années et, en 1967, elle atteignait une valeur de plus de \$ 455 000 000. Le fer était alors le quatrième métal en importance dans notre production minière. Le Canada occupe actuellement le quatrième rang, parmi les pays producteurs de fer, après la Russie, les États-Unis et la France. Près de 85 p. 100 de la production canadienne est exportée principalement aux États-Unis. L'importance qu'a prise l'extraction du minerai de fer au Canada est largement attribuable à l'ouverture de marchés étrangers et à l'amélioration des méthodes de concentration et de transport en vrac des minerais.

### Historique

Au Québec et en Ontario, des fourneaux chauffés au charbon de bois servaient autrefois à fondre le fer nécessaire aux premiers colons. On y traitait de la limonite recueillie dans les marais et de la magnétite provenant de petits gisements dans le sud du Bouclier canadien. Mais avec l'amélioration des moyens de transports, il devint moins cher d'importer le fer et l'acier. Aussi ces premières mines furent-elles abandonnées.

On a exploité par intermittence de petites mines de fer dans la région des Appalaches, depuis 1848. Le minerai des vastes gîtes Wabana à Terre-Neuve était fondu à Sydney, en Nouvelle-Écosse, jusqu'à la fermeture de la mine en 1966.

De 1886 à 1908, on a expédié aux États-Unis du minerai de fer extrait de la mine de l'île Texada, en Colombie-Britannique. Cette mine et plusieurs gîtes de fer de la même province, dont la découverte datait de plusieurs années, ont été remis en exploitation récemment par suite de l'expansion de la demande pour les concentrés de fer au Japon.

Dans la partie sud du Bouclier canadien, plus précisément en Ontario, on a découvert de nombreux gîtes de fer. La plupart sont cependant trop petits ou trop pauvres pour que leur exploitation soit rentable. Le premier qu'on ait réussi à exploiter sur une grande échelle se trouve dans le district de Michipicoten, où la mine Helen a produit de 1900 à 1918. Le prospecteur qui la découvrit en 1898, un dénommé Goetz, jalonna un chapeau de fer en s'imaginant avoir découvert de l'or. De 1925 à 1938, aucun minerai de fer ne fut extrait au Canada. En 1939, on a repris l'exploitation intensive des gisements du district de Michipicoten ; ils fournissent le minerai de fer à l'aciérie de Sault-Sainte-Marie.

L'exploitation de gîtes étendus de minerai riche, d'une teneur d'environ 54 p. 100 de fer, à Steep Rock Lake, 120 milles à l'ouest de Port-Arthur, a débuté en 1944. Ces gîtes ont une histoire fort intéressante et leur mise en valeur constitue un triomphe de la technique moderne. Au cours de travaux de cartographie géologique exécutés en 1885, on constata la présence de blocs erratiques sur la rive du lac Steep Rock. Comme ces blocs ne paraissaient pas avoir subi d'action glaciaires, on conclut qu'ils n'avaient probablement pas été roulés très loin et qu'ils provenaient d'endroits subséquemment recouverts par le lac. Dans les notes qui accompagnent la carte publiée en 1897, on trouve l'opinion suivante : « Il semble qu'un horizon ferrifère à hématite de bonne qualité soit en grande partie recouvert par les eaux du lac. » Cela devait inciter une foule de prospecteurs à venir y faire des recherches et à y jalonner des concessions ; mais sans succès. Des études subséquentes attirèrent l'attention sur des affleurements prometteurs, d'où la reprise du travail de prospection. En 1930, un prospecteur opiniâtre, Jules Cross, utilisant une boussole d'inclinaison, prospectait une partie du lac à partir de la surface gelée. Ses commanditaires lui fournirent les fonds requis pour étudier au travers de la glace, à l'aide de sondages au diamant, l'anomalie magnétique que ses recherches avaient révélée. En 1938, la sondeuse traversa pour la première fois d'importants massifs ferrifères. Quand on eut établi la présence de vastes réserves de minerai de fer de bonne teneur, on détourna, au moyen de plusieurs barrages et tranchées, le cours de la rivière Seine, qui se jetait dans le lac, puis on épuisa ce dernier. L'exploitation à ciel ouvert débuta en 1944. En 1953, on commença à creuser des galeries souterraines pour atteindre les parties du gisement trop profondes pour être exploitées à ciel ouvert. On a commencé plus récemment à exploiter d'autres gîtes dans la région.

L'historique de la mise en valeur des gîtes ferrifères qui chevauchent le Québec et le Labrador fait ressortir l'importance des études géologiques, les délais souvent longs entre la découverte et l'exploitation des gîtes, ainsi que les sommes considérables et les grands travaux techniques indispensables à l'entreprise. De 1892 à 1895, A. P. Low, de la Commission géologique du Canada, effectua des reconnaissances géologiques dans l'Ungava et au Labrador et signala la présence de vastes formations ferrifères dans les bassins des rivières Hamilton et Koksoak. Il était d'avis que ces gisements allaient acquérir plus tard une grande valeur. En 1929, une compagnie minière fit des recherches et découvrit du minerai de teneur satisfaisante dans la région présentement exploitée, mais l'éloignement des gîtes et l'état du marché militaient alors contre une exploitation immédiate.

Une autre société, la Labrador Mining and Exploration Company Limited, entreprit en 1936, dans l'ensemble de cette région, la recherche d'or et de métaux communs. Sous la direction de M. J. A. Retty, on procéda méthodiquement à des études géologiques et à la prospection proprement dite. Retty fut le premier à découvrir du mi-

nerai de fer du côté québécois de la ligne de partage des eaux du Labrador. La société poursuivit ses travaux puis, en 1942, ils furent repris par la Hollinger North Shore Exploration Company Limited et la M. A. Hanna Company. Assurées de l'existence de dépôts suffisants pour justifier la construction d'une voie ferrée longue de 358 milles, à partir de Sept-Îles, sur la rive nord du Saint-Laurent, les trois compagnies déjà mentionnées et plusieurs autres grandes sociétés sidérurgiques des États-Unis formèrent en 1949 l'Iron Ore Company of Canada. Plus de \$ 250 000 000 ont été consacrés à l'exploitation et à la construction du chemin de fer. En 1954, 60 ans après les travaux de reconnaissance de Low, les premières cargaisons de minerai de fer quittaient Sept-Îles à destination d'aciéries du Canada, des États-Unis et de l'Europe.

Le succès de cette entreprise poussa d'autres compagnies minières à acquérir des concessions dans toute la zone ferrifère du Labrador, qui s'étend vers le nord-ouest sur environ 500 milles et vers le sud, sur environ 150 milles à partir de Knob Lake. On procéda méthodiquement à divers travaux de prospection, de cartographie géologique et d'exploration, ouvrant d'autres mines, comme celle de Québec Cartier, près de la nouvelle ville de Gagnon. Une seconde voie ferrée a été construite pour la relier à Port-Cartier. D'autres mines seront bientôt exploitées dans la même région.

En 1949, des levés aéromagnétiques faits par la Commission géologique du Canada pour le ministère des Mines de l'Ontario, ont révélé une anomalie marquée près de Marmor, non loin de la limite sud du Bouclier canadien. Peu après la publication de la carte, la Bethlehem Steel Corporation achetait le terrain et entreprenait des sondages qui ont révélé la présence d'un vaste gîte de magnétite dans du calcaire précambrien très altéré. On y a enlevé la roche de surface afin d'extraire le minerai à ciel ouvert. La production de 500 000 tonnes par an de concentré en boulettes y a commencé en 1955.

Un gîte de magnétite inclus dans de l'amphibolite et du calcaire amphibolitique a été découvert près de Bristol, au Québec, vers 1870 et a été exploité de 1884 à 1894. On en reprit l'exploitation sous le nom de mine Hilton en 1958. Depuis, la production annuelle s'élève à 875 000 tonnes.

Plusieurs autres gîtes importants ont été mis en exploitation ces dernières années ; d'autres le seront bientôt, que nous ne pouvons tous mentionner faute d'espace.

#### *Minéraux ferrifères*

Les principaux minéraux contenus dans les minerais de fer sont l'hématite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) et la magnétite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), oxydes de fer qu'on rencontre associés dans certains minerais et séparés dans d'autres. Certains autres minerais contiennent en outre de la goethite (limonite), un oxyde de fer hydraté ; de la sidérite ( $\text{FeCo}_3$ ), un carbonate de fer ; de la chamoisite, silico-aluminate de fer hydraté. Dans l'ensemble, le minerai qu'on appelle limonite est en

réalité de la goethite contenant des quantités variables d'eau.

### *Gîtes de fer*

Le fer est le quatrième élément en importance dans l'écorce terrestre et c'est, après l'aluminium, le métal le plus abondant. Il existe en quantités minimes dans plusieurs roches sous forme de magnétite et dans d'innombrables petites venues minérales de différentes sortes. On en trouve aussi dans les formations sédimentaires dites « ferrifères » datant du précambrien ; bien qu'ils soient généralement étendus, ces dépôts sont, la plupart du temps, très pauvres. On trouve au Canada tous les types importants de gîtes ferrifères.

Le type géologique des gîtes ferrifères, leur origine et leur classification de même que la valeur commerciale des divers minerais, forment un vaste sujet que nous ne pouvons traiter ici que superficiellement. On pourra se renseigner davantage en consultant divers ouvrages dont nous donnons plus loin la liste. Le résumé qui suit est tiré d'un volume intitulé *Geology of Iron Deposits of Canada*.

Les minerais de fer sont divisés en deux catégories selon qu'ils sont expédiés « à l'état brut » ou après avoir été « traités ». Une fois broyés et triés, les premiers sont utilisés dans les hauts fourneaux. De nos jours, plusieurs minerais sont concentrés et agglomérés. Depuis 10 ans, ces procédés ont considérablement accru la production réelle et virtuelle. Pour obtenir des concentrés, on fait subir au minerai divers traitements : lavage, flottation, séparation par gravité ou séparation magnétique, qui enrichissent le minerai et éliminent la gangue. On prépare les agglomérés à partir des concentrés surtout par frittage ou pelletisation ; on obtient de la sorte une matière qui risque moins de se perdre pendant le transport ou dans la soufflerie des hauts fourneaux. Le fer est également récupéré en sous-produit du traitement des minerais de cuivre, de plomb, de zinc et de titane. Le prix des minerais de fer varie beaucoup notamment, selon la teneur et la présence d'éléments avantageux ou désavantageux comme le manganèse et le phosphore, respectivement. Les minerais les plus appréciés de nos jours contiennent de 60 à 66 p. 100 de fer, moins de 6 p. 100 de silice, moins de 1 p. 100 de chaux, de magnésie ou d'alumine et très peu de phosphore ou de soufre.

Au Canada, environ 90 p. 100 des mines de fer et des gîtes se trouvent dans des « formations ferrifères » sédimentaires ou d'autres dépôts stratifiés. Presque tous les autres sont des gîtes de magnétite métasomatique de contact. Les formations de fer ordinaires contiennent de trois à dix fois plus de fer que la teneur moyenne de l'écorce terrestre. Les gîtes de valeur commerciale ont une teneur plus forte encore, soit parce que ce sont des formations exceptionnelles, soit parce que le minerai a été concentré par un procédé naturel comme le lessivage de la silice et des carbonates. Les couches protérozoïques sont les plus riches, mais il existe aussi des gîtes importants dans les formations de l'archéen et du paléozoïque.

Les gîtes se trouvant près de Knob Lake, dans la fosse du Labrador, relèvent du type dit du « Lac Supérieur » tels ceux que l'on exploite au Minnesota. Ce sont des concentrations d'hématite et de goethite dans des formations ferrifères de chert. D'autres gîtes, exploités dans la fosse du Labrador, sont des formations ferrifères à grains fins recristallisés par métamorphisme qui assure la concentration. Les gisements du type Steep Rock ont été formés par l'enfouissement de résidus accumulés de minéraux de fer dans de vieilles surfaces d'érosion, altérés et déplacés plus tard pour former des masses d'hématite et de goethite. Les gros gîtes exploités à Michipicoten sont des formations ferrifères contenant des couches de sidérite assez compactes ainsi que de la pyrite et de la pyrrhotine. Le minerai de fer de Wabana se compose de lits de l'ère paléozoïque contenant de petites « oolithes » faites de couches concentriques de chamoisite, d'hématite et de sidérite.

Le reste de la production canadienne, les sous-produits mis à part, provient surtout de gîtes de métasomatose de contact ou de substitution à haute température, qui contiennent de la magnétite et sont inclus le plus souvent dans des skarns. Ces gîtes sont plus petits que les gîtes sédimentaires et leur minéralisation est plus irrégulière. On a découvert plusieurs gîtes de ce genre, surtout dans la région de Grenville du Bouclier canadien et dans l'ouest de la Cordillère, mais seuls les meilleurs méritent d'être exploités. Plusieurs gîtes de la Cordillère contiennent en outre de grandes quantités de cuivre. En 1967, on a commencé l'exploitation d'un gîte de cuivre et fer à la mine Tasu, découverte en 1907 dans une île de l'archipel de la Reine-Charlotte.

### *Remarques sur la prospection*

Les gros gîtes de minerai de fer de bonne qualité continueront vraisemblablement à intéresser les exploitants, surtout s'ils sont dans des régions facilement accessibles ; mais, on s'attend à une concurrence plus vive sur les marchés.

Le prix du minerai de fer à la tonne étant peu élevé par rapport à celui d'autres minerais, seuls les gîtes à forte teneur et les minerais à faible teneur qui peuvent facilement être concentrés sont rentables. Il faut qu'une mine de fer puisse livrer chaque jour, pendant très longtemps, des milliers de tonnes de minerai assez riche pour être expédié tel quel ou d'un genre qui se prête bien à la concentration. C'est pourquoi, parmi les nombreux gîtes de fer, seuls les meilleurs auront probablement de la valeur dans l'avenir immédiat. La recherche des gisements de fer s'appuie d'ordinaire sur des instruments géophysiques et sur des études géologiques. Le prospecteur moyen, travaillant seul, peut avoir de la difficulté à distinguer les gîtes intéressants de ceux qui ne le sont pas. Il semble donc qu'à l'avenir, la plupart des découvertes les plus importantes dans ce domaine seront le fait de scientifiques ou de prospecteurs au service de compagnies minières, plutôt que de prospecteurs indépendants. Les cartes aéromagnétiques se sont

révélées très utiles pour la recherche de sites propices à la prospection et les zones de formations ferrifères qui devraient être explorées apparaissent sur plusieurs cartes géographiques. Des géologues au service d'une compagnie pétrolière, qui faisaient des relevés cartographiques au Yukon, ont récemment découvert un vaste gîte sédimentaire du précambrien supérieur ou du début du paléozoïque. Également, des venues caractéristiques d'un vaste gîte de forte teneur dans une formation ferrifère archéenne ont été observées du haut des airs au cours d'un survol de la terre de Baffin.

Des ouvrages récents, dont nous donnons ci-dessous les titres, contiennent nombre de renseignements sur les gîtes de fer et sur leur valeur. La carte métallogénique contenue dans le volume de Gross (1965), devrait servir aux prospecteurs et aux compagnies engagés dans la recherche de nouveaux gîtes ou qui achètent des terrains sur lesquels on a découvert des venues.

### Ouvrages à consulter

Gross, G. A.

*Geology of iron deposits of Canada*, vol. I : *General*, 1965.  
*Geology and evaluation of iron deposits*, vol. II : *Iron*, 1967.

*Deposits of the Appalachian and Grenville Regions of Canada*, vol. III : *Iron ranges of the Labrador geosyncline*, Comm. géol. du Canada, Econ. Geol., Rapp. n° 22, 1968.

Un ouvrage complet comprenant la carte métallogénique 1187A.

« The origin of high grade iron deposits on Baffin Island, N. W. T. », *Can. Mining J.*, avril 1966, pp. 111 à 114.

Contient des renseignements plus récents que les ouvrages précédents.

Schneider, V. B.

*Iron ore*, Dir. des ress. min., Rev. ann.  
*Canadian iron ore industry in 1966*, Dir. des ress. min., Min. Inf. Bull. M R 89, 1967.

Un exposé, plus complet que les rapports annuels, sur les questions économiques reliées à l'industrie minière.

Southey, V. J.

« History and problems of the Wabana submarine iron mines », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, avril 1969, pp. 371 à 396.

Tangel, O. F. et coll.

« Symposium on the geology and development of the iron ore deposits of Eastern Canada », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXIX, 1969, pp. 38 à 72.

## GALLIUM

Comme on le rencontre en de très nombreux endroits en quantités minimes, nous avons cru utile de mentionner le gallium même s'il n'offre guère d'intérêt pour le prospecteur. Le gallium ressemble fort au germanium et il est presque aussi abondant que le plomb dans l'écorce terrestre. Signalons aussi qu'il forme rarement des concentrations naturelles et que sa présence n'est sensible que sous forme d'impuretés dans certains minéraux. La demande limitée de gallium se satisfait de l'importation de sous-produits d'exploitations étrangères.

## GERMANIUM

On utilise le germanium dans la fabrication de transistors et de redresseurs dans les circuits électroniques. Au Canada, on ne connaît encore de gîte de germanium rentable, mais il ne faut pas oublier qu'il se trouve en faible proportion dans d'autres minerais ou dans la houille.

Le germanium est présent dans la germanite et l'argyrodite, sulfures d'argent et de germanium. Il s'agit de minéraux rares qu'on n'a pas découverts au Canada.

À l'étranger, on a trouvé de la germanite et d'autres minéraux contenant du germanium dans des minerais exploités pour leur zinc, leur plomb et leur cuivre — le germanium étant récupéré dans la cendrée des fours de fusion. On estime aussi qu'il existe du germanium, en petites quantités, dans des gîtes de titane et d'étain. Certaines houilles en contiennent un peu. Au Royaume-Uni, on en récupère dans les surés des ateliers de gazogènes. Les rapports tendent à démontrer que la quantité de germanium obtenue en sous-produit suffit amplement.

On a découvert un peu de germanium dans les minerais de zinc des mines Sullivan, Kicking Horse et Monarch, ainsi que dans des matières charbonneuses contenues dans le grès de Lang Creek, en Colombie-Britannique. On signale que ce métal est associé à de l'hématite dans la mine de zinc-plomb de la péninsule de Gaspé, au Québec et l'on vient d'en signaler la présence dans un gisement de zinc découvert dans l'île du Cap-Breton (N.-É.). Les recherches faites dans les fonderies canadiennes ont révélé que la quantité de germanium dans leurs surés est si faible qu'elle ne mérite pas d'être récupérée.

De nombreux échantillons de charbon provenant de différentes parties du pays ont été et seront analysés par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et d'autres organismes en vue d'y déceler du germanium. Les résultats obtenus jusqu'ici montrent qu'on ne le trouve que dans des venues disséminées à l'intérieur d'une même mine.

## GRAPHITE

Le graphite sert de revêtement dans les fonderies ainsi qu'à la fabrication d'objets résistant à la chaleur et à la corrosion, de pigments, de lubrifiants et des mines de crayons « noirs ». Il se prête à plusieurs usages nouveaux, dans certains types de réacteurs nucléaires. Depuis 1954, on n'a plus guère extrait de graphite naturel au Canada.

Dans le Bouclier canadien et en particulier dans la province de Grenville, on trouve du graphite en plusieurs endroits dans le calcaire et le gneiss. Jusqu'à sa fermeture, en 1954, la mine Black Donald, près de Calabogie, en Ontario, a livré de grandes quantités de graphite « en paillettes » et de graphite « amorphe » extrait d'un gîte métasomatique de contact inclus dans une roche calcaire

de la série de Grenville. Il y a plusieurs années, on extrayait du graphite du même genre, mais en quantités plus faibles, de gîtes situés dans la vallée de l'Outaouais ou dans les environs, en Ontario et au Québec. Les prospecteurs qui découvriraient au Canada d'autres gîtes exploitables en tireraient profit à condition d'y trouver du graphite de qualité supérieure. Cela pourrait être également intéressant s'il s'agit de sous-produit d'autres mines. Présentement, le marché est restreint et fermé.

#### Ouvrages à consulter

- Andersen, A.  
« Black Donald graphite : 1942-1953 » ; *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LVII, 1954, pp. 442 à 444.
- Reeves, J. E.  
*Graphite*, Dir. des ress. min., Rev. ann.
- Spence, H. S.  
*Graphite*, Dir. des Mines, Rap. n° 511, 1920 (épuisé).

### GYPSE

Le Canada est au troisième rang mondial des producteurs de gypse ; en 1967 sa production a atteint près de 5 millions de tonnes, pour une valeur de \$ 11 000 000 environ.

Le gypse, qui est un sulfate de chaux hydraté, provient de l'évaporation de l'eau de mer dans des bassins peu profonds. Les dépôts ainsi formés ont été incorporés sous forme de lentilles ou de strates dans des formations sédimentaires. Le gypse est surtout utilisé dans la fabrication du plâtre, des produits en plâtre et du ciment Portland. On trouve fréquemment, dans les gîtes de gypse, de l'anhydrite ou sulfate de chaux anhydre utilisé dans la fabrication d'engrais et de ciment Portland, de même que pour l'amendement des sols. Au Canada, la plupart des gîtes de gypse se trouvent dans des formations paléozoïques. Le gros de la production canadienne est extraite de couches associées à un schiste argileux rouge et à du calcaire du groupe Windsor de l'âge mississippien, en Nouvelle-Écosse. Les provinces suivantes produisent aussi du gypse, par ordre d'importance : Ontario, Terre-Neuve, Colombie-Britannique, Manitoba et Nouveau-Brunswick.

Le gypse n'offre guère d'intérêt pour les prospecteurs. D'une part, les venues connues sont déjà fort nombreuses ; d'autre part, si le besoin de nouveaux gîtes se faisait sentir, on utiliserait le sondage au diamant dans des zones délimitées par des études géologiques. La découverte de gîtes exploitables près de grands centres revêtirait cependant une certaine importance.

#### Ouvrages à consulter

- Cole, L. H.  
*The gypsum industry of Canada*, Dir. des Mines, Rapport n° 716, 1930.
- Collings, R. K.  
*Gypsum and anhydrite*, Dir. du trait. des min., Rev. ann.

### INDIUM

On trouve un peu d'indium dans les minerais de zinc, de plomb, de tungstène et de fer, mais ce minéral est le plus souvent associé à la sphalérite. On le récupère à l'usine métallurgique de Trail, en Colombie-Britannique. On s'en sert, en petites quantités, dans les alliages et à d'autres fins, mais il est rare qu'il améliore la valeur d'un minerai de zinc ou d'un autre métal. Il ne saurait donc intéresser les prospecteurs.

#### Ouvrage à consulter

- Fraser, D. B.  
*Indium*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

### LITHIUM

Les multiples usages du lithium laissent entrevoir une demande accrue. Les mélanges du lithium servent principalement dans l'industrie de la céramique et dans la composition de graisses lubrifiantes. Le lithium métallique entre dans la composition des alliages légers. Selon certaines sources, un isotope du lithium serait même un élément des bombes H et servirait au transfert de la chaleur dans les réacteurs nucléaires. L'hydrure de lithium s'emploierait comme combustible pour fusées.

Avant la découverte récente de larges nappes de saumure aux États-Unis, qui ont sensiblement réduit l'intérêt de la prospection au Canada, les principales sources de lithium étaient le spodumène (silicate de lithium et d'aluminium), le lépidolite (mica lithinifère), et l'amblygonite (fluophosphate d'aluminium et de lithium). Ces minéraux se trouvent dans certaines pegmatites, principalement aux États-Unis, en Afrique et au Canada. Au Canada, la plupart des venues ont été découvertes dans la province du lac Supérieur et la province des Esclaves ; le reste, dans les régions de la Cordillère et des Appalaches. De petites quantités de lépidolite et d'amblygonite ont été extraites, il y a plusieurs années, au nord-est de Winnipeg et à l'est de Yellowknife. La production sur une assez grande échelle n'a cependant commencé qu'en 1956, à la mine Quebec Lithium, près de Val-d'Or. C'est, encore aujourd'hui, le seul producteur. On y travaille sur une série de dykes parallèles de pegmatite qui contiennent beaucoup de spodumène. En 1966, les réserves de ce minerai dépassaient 20 millions de tonnes contenant en moyenne 1,15 p. 100 de  $\text{Li}_2\text{O}_3$  ; en 1967, la production totale de lithine (oxyde de lithium), au Canada, était d'environ 28 000 livres pour une valeur de \$ 565 000.

#### Ouvrages à consulter

- Mulligan, R.  
*Geology of Canadian lithium deposits*, Comm. géol. du Canada, Econ. Geol. Ser. n° 21, 1965.
- Reeves, J. E.  
*Lithium minerals*, Dir. des ress. min., Rev. ann.
- Rowe, R. B.  
« Pegmatitic lithium deposits in Canada », *Econ. Geol.*, vol. XLIX, n° 5, pp. 501 à 515.

## MAGNÉSITE ET BRUCITE

La magnésite (oxyde de magnésium), est abondamment utilisée dans la fabrication de produits réfractaires comme les revêtements de fours, dans l'industrie de la pâte et du papier et dans divers procédés chimiques. En 1967, la production, évaluée à plus de \$ 3 000 000, provenait de roches dolomitiques contenant de la magnésite à Kilmar, au Québec et de calcaire contenant de la brucite à Wakefield, également au Québec. Cette dernière mine a été abandonnée. Il se peut qu'on s'intéresse à des gîtes exploitables et bien situés contenant de la magnésite et d'autres minéraux de magnésium. Leur détection ne va toutefois pas sans difficultés. La plupart des gîtes connus se trouvent dans des zones de calcaire cristallin de la province de Grenville, mais on en a trouvé ailleurs au pays.

### Ouvrages à consulter

- Goudge, M. F.  
*Preliminary report on brucite deposits in Ontario and Quebec and their commercial possibilities*, Direction des Mines, Mem. Ser. n° 75, 1939 (épuisé).
- Stonehouse, D. H.  
*Magnesite and brucite in Canada*, Div. du trait. des min., Rev. ann.

## MAGNÉSIUM

Le magnésium s'emploie surtout comme additif dans les alliages d'aluminium. On s'en sert aussi en construction, dans la fabrication d'anodes et en fonderie pour la coulée en coquille. On tire le magnésium de saumures, de l'eau de mer et de la dolomie. Au Canada, il est extrait d'une dolomie d'une pureté exceptionnelle que l'on trouve en Ontario.

### Ouvrage à consulter

- Jackson, W. H.  
*Magnesium*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

## MANGANÈSE

Ce métal important est surtout utilisé dans les aciéries, à raison d'une douzaine de livres environ par tonne d'acier fabriqué. Il entre aussi en grandes quantités dans la fabrication des piles sèches.

On a parfois extrait de petites quantités d'écume de manganèse dans les marais des régions des Appalaches et de la Cordillère, mais aucun manganèse n'est actuellement produit au Canada. On s'intéresserait sans doute à des gîtes exploitables de manganèse, mais les études géologiques et de nombreux travaux de prospection n'en ont décelé aucun, si ce n'est un gîte semblant offrir certaines possibilités au Nouveau-Brunswick.

Les plus importants minerais de manganèse sont la pyrolusite (oxyde de manganèse), la psilomélane (manganite hydratée de manganèse), et la manganite (oxyde hydraté de manganèse). La plupart des gîtes de valeur marchande sont formés d'un mélange de ces trois minerais,

ainsi que de quantités variables de sable ou d'argile, d'oxyde de fer et de barytine. Le wad (ou écume de manganèse), est une substance terreuse formée par précipitation à partir d'eaux de surface qui ont traversé des roches contenant du manganèse. Les gîtes de ce minerai prennent souvent la forme de bassins de quelques pieds, ou de petits gradins, à flanc de coteau en pente douce. On a trouvé de nombreux gîtes de ce genre au Canada, notamment dans les provinces Maritimes, la Colombie-Britannique et le Manitoba; mais leur qualité varie et leur teneur moyenne est basse.

On trouve aussi au Canada des composés de manganèse dans diverses roches: calcaires du carbonifère, schiste rouge, conglomérats, granites et grès, le plus souvent sous forme de gîtes de substitution dans du calcaire. Il s'agit en général de gîtes irréguliers d'oxyde de manganèse qui suivent les stratifications du calcaire et souvent se ramifient de façon à former des cheminées ou des filons. Plusieurs de ces gîtes sont recouverts de terre végétale, de gravier ou d'argile résiduaire sur une épaisseur qui atteint parfois vingt pieds et qui renferme des nodules et des amas de minerais de manganèse. On voit moins souvent des remplissages de filons et de brèches composés de minerais de manganèse.

### Ouvrages à consulter

- Hanson, G.  
*Manganese occurrences in Canada*, Commission géol. du Canada, Econ. Geol. Ser. n° 12, 1932 (épuisé).
- Rapport sur les emplois, la valeur économique, la minéralogie et la géologie des gîtes de manganèse, accompagné de la description des principaux gîtes canadiens connus jusqu'en 1932.
- Johnston, A. G. et McCartney, W. D.  
*Manganese occurrences in Canada*, Commission géol. du Canada, étude 64-37, 1965.
- Masservey, J. P.  
*Manganese in Nova Scotia*, Nova Scotia Dept. Public Works and Mines, Brochure n° 17, 1931.
- Renseignements succincts sur le manganèse et les gîtes de manganèse de la province.
- Wigle, G. P.  
*Manganese*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

## MERCURE

Le mercure (ou vif argent), est largement employé, particulièrement en temps de guerre, dans la fabrication des détonateurs. La plus grande partie du mercure est tirée du cinabre (sulfure de mercure), qu'on reconnaît facilement à sa couleur rouge vif\*. La plupart des gîtes sont près de la surface et se rencontrent dans les roches sédimentaires des régions aux fissures et aux failles importantes ou qui ont subi des éruptions volcaniques à l'époque tertiaire ou plus récemment. C'est pourquoi tous les dépôts de mercure du Canada se trouvent en Colombie-Britannique. Presque tout le mercure produit dans le

\* Dans les affleurements altérés par les intempéries, le cinabre peut être brunâtre.



Commonwealth au cours de la seconde guerre mondiale provenait des gîtes du lac Pinchi qu'une équipe de la Commission géologique du Canada avait découverts en faisant des levés cartographiques. Cette production était très importante. La mine n'en fut pas moins fermée en 1944 suite à la dépression du cours du mercure et à l'arrivée sur le marché de mercure moins cher en provenance d'Espagne et d'Italie. En 1943 et 1944, on avait extrait un peu de mercure à la mine Takla qui, comme celle du lac Pinchi, se trouve dans la zone de faille de Pinchi. On a repris la production à la mine de Pinchi en 1968, après avoir fait de vastes travaux souterrains et construit une nouvelle usine de traitement.

L'intérêt pour la prospection du mercure a été ravivé ces dernières années par suite de la remontée des prix et du besoin d'un bon gîte d'assez forte teneur. Les prospecteurs qui travaillent à la batée dans les ruisseaux de la Cordillère ne doivent pas s'étonner d'y trouver de petites perles de mercure. Les anciens s'en servaient pour ramasser l'or alluvionnaire et il s'en est perdu. Presque tous les ruisseaux de la Cordillère ont été exploités ou examinés au temps de la ruée vers l'or.

#### Ouvrages à consulter

- Armstrong, J. E.  
*The Pinchi Lake mercury belt, British Columbia*, Comm. géol. du Canada, étude 42-11, 1942.
- George, J. G.  
 « Mercury in Canada in international perspective », *Can. Mining J.*, avril 1966, pp. 143 à 148.
- George, J. G.  
*Mercury*, Dir. des ress. min., Rev. ann.
- Stevenson, J. S.  
*Mercury deposits of British Columbia*, B.C. Dept. Mines, Bull. n° 5, 1940.  
 « Tectonics and Mercury deposits in British Columbia », *Can. Inst. Mining Met.*, vol. spéc. n° 8, 1966, pp. 341 à 348.

### MÉTÉORITES

Les météorites sont des masses pierreuses ou métalliques qui viennent des espaces interplanétaires. Bien qu'elles soient rares et n'entrent pas à proprement parler dans le domaine de la prospection, elles intéressent les prospecteurs à cause de la fascination qu'elles exercent et de leur valeur marchande. Les météorites sont une précieuse source de renseignements pour les scientifiques et la Commission géologique du Canada est prête à acheter les météorites authentiques qui lui seront signalées.

Un *météore* est un corps qui tombe de l'espace interstellaire à une vitesse très grande et que la friction de l'atmosphère rend incandescent. Ce que la plupart des gens appellent « étoiles filantes » résulte de l'entrée dans l'atmosphère terrestre de très petites particules sans doute arrachées à des comètes. Les météores, parfois appelés « bolides », sont plus spectaculaires ; ce sont des corps plus gros, des fragments résultant vraisemblablement de la désintégration d'un astéroïde ou petite planète.

La plupart des bolides sont réduits en cendres avant d'atteindre la surface de la terre. S'ils sont très gros, une partie de la masse atteindra notre sol. C'est ce que nous appelons une *météorite*. Pour retrouver une météorite, il importe de recueillir un nombre suffisant d'observations faites de différents endroits par des personnes sérieuses qui l'ont vue tomber. À partir de ces données, on pourra trianguler sa course et déterminer le point probable de la chute. Les bolides bruyants, et visibles en plein jour, sont les plus importants. Ces bruits sont généralement des détonations ou des grondements qu'on entend habituellement plusieurs minutes après que le corps incandescent a disparu.

Les météorites se divisent en trois catégories principales : les holosidérites, les aérolithes et les lithosidérites. Les holosidérites sont presque entièrement formées d'un alliage de fer et de nickel et sont donc faciles à reconnaître à leur poids et à leur magnétisme. Les aérolithes contiennent principalement des silicates semblables à ceux qui forment certaines roches, mais ils contiennent en outre des particules de fer et de nickel. Les lithosidérites mixtes sont composées des matières qu'on trouve dans les deux autres types.

En général, les météorites sont difficiles à reconnaître sauf dans les endroits où il n'y a pas de roches ordinaires, sur la neige ou la glace par exemple, ou sur un sol végétal sans roche. Une sorte d'écorce noire, mince et mate (résultant de la fusion), formée au cours du passage dans l'atmosphère, recouvre les météorites tombées depuis peu de temps. La surface des météorites, des holosidérites en particulier, présente de petites dépressions circulaires caractéristiques. La grosseur des météorites peut aller du fragment minuscule aux masses de plusieurs tonnes. Les grosses météorites peuvent creuser d'énormes cratères. Souvent il n'en reste aucune trace, la masse s'étant vraisemblablement disintégré en touchant terre.

La Commission géologique du Canada achète, au prix de \$ 100, le premier spécimen de toute météorite retrouvée au Canada. On peut lui envoyer, pour expertise, des fragments de ce qu'on croit être une météorite, mais il importe de ne pas endommager la météorite afin d'en préserver la valeur scientifique et la valeur marchande. Toute personne qui aperçoit un bolide peut contribuer à la récupération d'une météorite en communiquant ses observations au Conseil national des recherches, Comité associé d'étude des météorites, Ottawa.

#### Ouvrages à consulter

- Dawson, K. R.  
*Catalogue of the Canadian National Meteorite Collection*, Commis. géol. du Canada, étude 63-67, 1963.  
*How to identify meteorites*, Comm. géol. du Canada, Brochure, Cat. M40-2563.
- Mason, B.  
*Meteorites*, New York, Wiley, 1962.
- Meteorites*, Dom. obs. Br., ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Information Canada, Cat. n° M74-2169.

Millman, P. M.

« Canadian meteorites », *J. Roy. Astron. Soc. Can.*, vol. XLVII, 1953, pp. 29 à 33.

## MICA

Même si le mica s'emploie, surtout broyé, en quantités plutôt faibles, c'est un élément important de la composition des peintures et des matières plastiques. Il entre aussi dans la fabrication des appareils électriques, en minces lamelles isolantes. Ce nom s'applique à un groupe de minéraux silicatés dont la composition et les propriétés varient. Le mica le plus important est la muscovite ou mica blanc. La phlogopite, ou mica ambré, est elle aussi largement employée. On trouve souvent du mica dans les filons de pegmatite, mais seules les formations qui contiennent de fortes quantités de muscovite en gros cristaux et de qualité supérieure ont quelque importance. La production du mica au Canada a toujours été limitée et provient surtout de petites mines du Québec et de l'Ontario. Cependant, à l'heure actuelle, presque tout le mica utilisé au pays est importé, les producteurs étrangers vendant à bas prix du mica de très bonne qualité. Les venues de phlogopite qui pourraient être intéressantes ne sont donc pas exploitées et il est peu probable qu'on cherche à extraire de la muscovite à moins que les prix et la demande n'augmentent. Les prospecteurs ne devraient donc s'occuper que des venues de muscovite en feuilles mesurant au moins six pouces de côté, qui semblent sans défaut. Signalons que même si certains gros cristaux de muscovite semblent brun sombre ou même noirs, les feuilles qu'on en détache sont transparentes. On trouvera des détails sur la qualité du produit dans l'ouvrage de Hoadley cité dans la liste ci-dessous.

La vermiculite, qui ressemble au mica, est un minéral noir, brun ou vert, parfois formé par altération du mica. Elle se dilate d'une façon remarquable sous l'effet de la chaleur, ce qui en fait un bon isolant thermique. Toute la vermiculite utilisée au Canada est importée, car il semble qu'il n'y ait guère ici de venues de dimension et de qualité suffisantes.

### Ouvrages à consulter

Bruce, C. G.

« The Stanleyville vermiculite deposit », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, août 1952, pp. 489 à 493.

Description d'un gîte de vermiculite de l'Ontario, accompagnée de renseignements d'ordre général sur les propriétés, les usages et la valeur marchande de ce minéral.

Hewitt, D. F.

*Phlogopite mica in Ontario*, Ont. Dept. Mines, Min. Res., Circulaire n° 8, 1968.

Hoadley, J. W.

*Mica deposits of Canada*, Comm. géol. du Canada, Econ. Geol., Sér. n° 19, 1960.

Reeves, J. E.

*Mica in Canada*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

Spence, H. S.

*Mica*, Dir. des Mines, Rapport n° 701, 1929.

*The « Bonanza » mica operation of Purdy Mica Mines*,

*Limited, Mattawa Township, Ontario*, Am. Inst. Mining Met. Eng., publ. techn. 2154, 1947.

Historique et géologie d'une mine qui a probablement été la plus prospère des mines de muscovite au Canada, et notes sur la préparation du produit.

## MOLYBDÈNE

L'industrie emploie de très grandes quantités de molybdène dont 90 p. 100 entrent dans la composition d'aciers durs et d'aciers résistants à la corrosion. Pendant plusieurs années, le marché a été dominé par le vaste gîte Climax, au Colorado, bien que le Canada ait produit de fortes quantités de molybdène au cours des deux guerres mondiales. A cette époque, les prix étaient élevés et la demande très forte et on exploitait surtout de petites mines de pegmatite. Depuis quelques années, grâce à l'amélioration des techniques et à l'expansion économique, la demande s'est intensifiée. La production canadienne a augmenté régulièrement depuis six ans. En 1966, il y avait quatre mines en exploitation au Québec et quatre en Colombie-Britannique. La production canadienne de concentrés et de composés de molybdène a dépassé, en 1968, 22 millions de livres, pour une valeur de \$ 38 000 000. Le Canada suit les États-Unis comme producteur de molybdène dans le monde occidental. La pénurie qui s'est fait sentir sur les marchés mondiaux en 1963 s'est résorbée en 1968, mais on considère que les débouchés à long terme pour des découvertes importantes sont favorables. Souvent la surproduction d'un métal secondaire entraîne le développement de nouveaux usages, ce qui relance la demande.

Le seul minerai de molybdène exploité commercialement est la molybdénite (sulfure de molybdène), dont on trouve fréquemment de petits gîtes sans importance. Dans les gîtes les plus considérables, le minerai est disséminé dans des filons de quartz et en stockworks dans des roches plutoniques dont la composition peut aller du granite à la granodiorite qui se trouve d'ordinaire près des bords et du toit de telles formations. On en récupère aussi dans quantités de sous-produits de certains minerais de cuivre porphyrique. Le vaste gîte Climax comprend des stockworks de quartz entourant un noyau de roche granitique stérile silicifiée. Les principaux gîtes se trouvent près de Val-d'Or, au Québec, et sont constitués de filons et de lentilles de quartz et d'un matériau de transition entre la pegmatite et les filons de quartz dans les zones bordières des gîtes de granite et de granodiorite. La teneur moyenne est d'environ 0,25 p. 100 de MoS<sub>2</sub>. La plus grande mine de molybdène au Canada, près de Endako, en Colombie-Britannique, produit 15 000 tonnes de minerai par jour et exploite des filons de quartz et des zones silicifiées dans des fissures de granite. Le minerai a une teneur moyenne d'environ 0,2 p. 100 de MoS<sub>2</sub>. Il a été jalonné en 1927 après qu'on eût découvert de la molybdénite dans des alluvions. Le gîte de la mine Boss Mountain, en Colombie-Britannique, est une zone bréchiforme incluse dans de la diorite quartzifère et d'autres roches du genre. À cet endroit, la teneur du

minerai est de 0,3 p. 100 ou plus de bisulfure de molybdène.

#### *Ouvrages à consulter*

- Hornbrook, E. H. W.  
*Biogeochemical prospecting for molybdenum in west-central British Columbia*, Comm. géol. du Canada, étude 68-56, 1969.
- Schneider, V. B.  
« Molybdenum in Canada and its world position », *Can. Mining J.*, mai 1966, pp. 51 à 56.
- Vokes, F. M.  
*Molybdenum deposits of Canada*, Comm. géol. du Canada, Econ. Geol., Sér. n° 20, 1963.
- Wigle, G. P.  
*Molybdenum*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

### NICKEL

Depuis plusieurs années, le Canada vient en tête des pays producteurs de nickel, métal dont on connaît bien l'importance pour la production des aciers, la fabrication de la monnaie et le placage métallique. En 1965, de tous les métaux produits au Canada, c'est le nickel qui a rapporté le plus, mais en 1967 le cuivre l'a supplanté à cet égard. En 1965, la production de nickel a atteint 260 000 tonnes pour une valeur de \$ 430 000 000, ce qui représentait environ le cinquième de la valeur totale des métaux produits au pays cette année-là. Les principales mines de nickel se trouvent dans le secteur de Sudbury, en Ontario et dans les régions de Thompson et de Lynn Lake, au Manitoba. On en extrait aussi de plus faibles quantités dans la province de Québec et en Colombie-Britannique. En 1967, environ 76 p. 100 de la production canadienne provenait des mines de Sudbury et 22 p. 100, des mines de Thompson et de Lynn Lake.

#### *Historique*

Étant donné l'importance dans l'économie canadienne de ce produit, nous croyons utile d'indiquer l'origine de son nom. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, des mineurs de la Saxe constataient que certains minerais de cuivre soumis à la fusion ordinaire ne donnaient pas le métal rouge souhaité, mais un métal de couleur claire, difficile à travailler, qu'ils appelèrent « kupfer-nickel », c'est-à-dire « cuivre du vieux Nick » (le vieux Nick, c'est le diable). En 1751, le chimiste suédois Cronstedt parvint à isoler ce mystérieux élément auquel il donna le nom de « nickel », d'après le surnom donné par les mineurs saxons.

Vers 1887, une société fut constituée afin d'acquérir les gîtes de nickel et de cuivre découverts près d'Orford, dans les cantons de l'Est, au Québec. Le traitement des minerais de nickel s'avérant difficile, la société s'occupe surtout de l'extraction du cuivre. L'année suivante, la société fut reconstituée sous le nom d'Orford and Sulphur Company et fit construire une raffinerie au New Jersey (États-Unis). Le directeur de cette compagnie, R. M.

Thompson, mit au point une technique de séparation du nickel et du cuivre contenus dans le produit de fusion. C'est ce qu'on appelle le procédé Orford.

En 1883, un forgeron nommé Flanagan, qui travaillait à la construction de la voie ferrée du Canadien Pacifique près du village de Sudbury, découvrit des minerais sulfurés cuprifères le long de l'emprise. Il ne fit pas enregistrer la concession et, quelques mois plus tard, d'autres jalonnèrent le terrain. En 1884, des prospecteurs en quête de chapeaux de fer, firent quelques découvertes dont l'importance devait être reconnue par la suite. En 1886, la Canadian Copper Company, qui précéda l'International Nickel Company, fut constituée en société dans le but d'acquérir plusieurs domaines. La mine de Copper Cliff fut ouverte à l'exploitation la même année et, en 1888, la construction du premier four de fusion fut achevée. Le produit de fusion était envoyé à l'affinerie de la société Orford au New Jersey ; c'est alors que l'obstacle que constituait la présence du nickel conduisit à la mise au point du procédé Orford qui rendait la séparation des deux métaux économiquement possible. Durant les années qui suivirent, de nombreuses recherches aboutirent à l'amélioration des méthodes de traitement du minerai et à la découverte de nouveaux usages pour le nickel, surtout dans les alliages spéciaux acier-nickel. On sait maintenant leur importance en temps de paix comme en temps de guerre.

L'histoire de la découverte de la mine Falconbridge est intéressante en ce qu'elle se relie aux premières tentatives d'utilisation des méthodes géophysiques et du sondage au diamant qui furent couronnées de succès dans des gîtes de métaux communs. En 1901, Thomas A. Edison fit un relevé à la boussole d'inclinaison dans le canton de Falconbridge. Il était à la recherche de nickel pour fabriquer un accumulateur de son invention. D'après une carte géologique, l'ensemble du canton semblait favorable. Les données recueillies furent vérifiées en fonçant un puits. La tentative dut être abandonnée quand on rencontra des sables mouvants. Des sondages au diamant révélèrent plus tard l'existence d'un massif de minerai à cet endroit. La compagnie qui exploite actuellement ce gîte fit alors l'acquisition du terrain et construisit un four de fusion en 1930.

L'International Nickel Company of Canada, Limited et la Falconbridge Nickel Mines, Limited exploitent présentement ou ont exploité trente-quatre mines dans la région de Sudbury. Il y en avait 16 en 1966 et ces compagnies se préparaient à en ouvrir d'autres. La même année, la Kidd Copper Mines Limited commençait l'exploitation d'une mine près de Worthington.

Au Canada, la première grande mine de nickel qui parvint au stade de l'exploitation, à l'extérieur de la région de Sudbury, fut la mine de Lynn Lake, dans le nord du Manitoba. Le gîte fut découvert en 1941, au cours d'une campagne de quatre ans de prospection méthodique dans la région, par la société Sherritt Gordon Mines, Limited. On fit ensuite des études géophysiques et un sondage sur un gîte qu'un prospecteur de la compagnie avait découvert. La

preuve de la possibilité d'exploitation de ce gîte fut faite environ au moment où la mine de cuivre et de zinc Sherritt Gordon de Sherridon, au Manitoba arrivait à épuisement. La société fit donc transporter tous ses bâtiments de même que ses installations de broyage de Sherridon à Lynn Lake, soit sur une distance d'environ 150 milles. Les constructions furent placées sur de grands traîneaux et tirées par des tracteurs pendant l'hiver à travers lacs et marais gelés ; on ouvrit même des routes au besoin. À la fin de 1952, la construction d'un embranchement ferroviaire long de 147 milles entre Flin Flon et Lynn Lake fut terminée. On fit de vastes aménagements souterrains et on construisit une installation d'enrichissement du minerai à la mine. Dans le même temps, on construisait à Fort Saskatchewan, près d'Edmonton, en Alberta, une nouvelle usine d'affinage où un nouveau procédé pourrait tirer profit des réserves de gaz naturel. L'exploitation à plein rendement de la mine et de l'installation d'enrichissement ne commencèrent qu'à la fin de 1953 ; les premiers concentrés de nickel furent produits en novembre et traités à l'affinerie de Fort Saskatchewan en juillet 1954.

La mine Thompson, à 400 milles au nord de Winnipeg, a été découverte par l'International Nickel Company of Canada et a commencé à produire à la fin de 1960, à la suite d'une longue recherche méthodique de gîtes de nickel. La compagnie avait commencé à prospecter au Manitoba en 1946 et avait concentré ses recherches dans la région des lacs Moak et Setting, un peu au nord du point médian du chemin de fer de la baie d'Hudson. On se livra à des études géologiques et photogéologiques supplémentaires de même qu'à une étude aéromagnétique suivie d'une étude électromagnétique du haut des airs, sur une zone d'environ 200 milles de long et 20 milles de large. On reprit ensuite des études géophysiques au sol sur les anomalies découvertes ; on fit des sondages au diamant et une étude géologique de la surface et des carottes de sondage. En 1949, un prospecteur indépendant découvrit, par les méthodes conventionnelles, une venue de nickel dans cette zone. Cette découverte ne fut pas sans encourager les promoteurs de la nouvelle mine, mais on ne peut dire qu'elle fut un facteur déterminant de son succès. La découverte par sondage d'un premier gîte important au lac Mystery fut suivie, en 1952, par une découverte plus importante au lac Moak. En 1956, des sondages effectués dans ce qui semblait être des anomalies d'importance secondaire doivent conduire à la mise à jour du gîte Thompson, plus rentable. La mise en valeur du gîte exigea des dépenses considérables car on dut faire de nombreux essais ; construire une ville, une installation d'enrichissement du minerai, un four de fusion et une affinerie. Selon la compagnie, il en a coûté \$ 10 000 000 pour la réalisation de la première phase de son programme et plus de \$ 15 000 000 en travaux d'exploration, depuis le début de la prospection en 1946 jusqu'à ce que les sondages du gîte Thompson révèlent l'existence d'une quantité de minerai suffisante pour justifier l'exploitation. Les immobilisations totales dépassaient les \$ 140 000 000 en 1956. Dans

la même région, la société fit des travaux aux mines Birchtree, Soab et Pipe Lake qui devaient commencer à produire en 1968 et 1969.

Plusieurs mines plus petites produisent ou ont déjà produit du nickel dans diverses régions du pays. En Colombie-Britannique, la mine Giant Mascot, découverte en 1923, a été exploitée de façon intermittente sous diverses raisons sociales. En Ontario, la mine Gordon Lake, découverte en 1942, commença à produire en 1962 ; on croit que la mine Lorraine, près de Belleterre au Québec, a été découverte vers 1933 ; elle ne fut exploitée qu'en 1962. La mine Marbridge, dans le nord-ouest de la province de Québec, produit un concentré de nickel cuprifère. Enfin, la mine North Rankin, sur la baie d'Hudson à Rankin Inlet, fut découverte en 1931 et exploitée de 1957 à 1962. Ces mines auraient été découvertes par des prospecteurs travaillant selon les méthodes classiques.

### *Les minerais*

Le principal minerai de nickel est la pentlandite (sulfure naturel de fer et de nickel), souvent associée à la pyrrhotine nickélicifère. Parmi les minéraux primaires de moindre importance, on trouve la niccolite (arséniure de nickel), la millérite (sulfure de nickel cristallisé), et la skutterudite (arséniure de cobalt et de nickel). On trouve souvent les minerais de nickel associés aux minerais de cuivre et de cobalt. Dans certains gîtes de nickel, les parties près de la surface contiennent parfois de petites quantités de minéraux secondaires d'une couleur vert pomme, comme l'annabergite ; leur présence peut guider le prospecteur.

### *Les gîtes*

Les massifs caractéristiques du district de Sudbury sont de grande dimension et de forme irrégulière ; les minéraux sulfurés qu'ils contiennent (surtout de la pyrrhotine et, en quantités moindres mais non négligeables, de la chalcopyrite et de la pentlandite), sont disséminés dans la roche ou concentrés en amas. S'y rencontrent en outre des quantités appréciables d'or, de platine et d'autres métaux. Il y a plusieurs années, la teneur moyenne des minerais était d'environ 3,5 p. 100 de nickel et de 2 p. 100 de cuivre. Depuis quelques années, l'exploitation ayant augmenté, on traite du minerai moins riche dont la teneur moyenne, à ce qu'on signale, est d'environ 1 p. 100 de nickel et 1 p. 100 de cuivre. Les gîtes se trouvent à la limite d'un massif intrusif dans lequel, d'après une description faite en 1897 par T. L. Walker, une roche basique, la norite, se transforme graduellement en une roche acide, la micropegmatite. Quelques années plus tard, A. P. Coleman cartographia la région pour le compte du ministère des Mines de l'Ontario et établit que les roches d'intrusion constituent une vaste masse en forme de bassin, longue de 37 milles et large de 17, contenant de la micropegmatite au centre et de la norite à la périphérie, les massifs de minerai logeant le bord du bassin. Ces roches intrusives de la région de Sudbury sont entourées de granite et de roches

huronniennes recouvertes, au centre, de roches sédimentaires précambriennes. D'après Coleman, les deux roches et le minerai se seraient séparés au moment de la sédimentation d'une montée de magma fondu, injecté sous forme d'une vaste nappe. D'autres croient plutôt que les deux différentes roches proviennent d'intrusions distinctes. Des études minutieuses, faites entre 1940 et 1950 par les géologues au service de sociétés minières, montrèrent que la plus grande partie du minerai est intimement associée à des amas de diorite quartzifère ressemblant à des dykes et qui sont probablement plus récents que la norite. Ils établirent aussi que la plupart des massifs de minerai se trouvent là où des failles et des zones de brèches coupent la diorite et les roches voisines. Ainsi, la théorie de la ségrégation magmatique en place ne concorde pas avec les indices recueillis. Il semble plutôt que la sédimentation du minerai soit le dernier stade, peut-être hydrothermal, d'un processus qui aurait compris l'intrusion, d'abord de la masse basique en forme de filon-couche, puis de la diorite, la formation des zones de failles et de brèches et, enfin, la mise en place du minerai. Comme ces gîtes sont très importants et présentent des caractéristiques très particulières, ils font l'objet de nombreuses études dont les résultats nous amènent à modifier peu à peu nos théories sur leur formation.

Les gîtes de Thompson et des environs se trouvent dans une zone de transition entre la province du lac Supérieur et la province de Churchill du Bouclier canadien. Dans cette zone, les formations sont orientées vers le nord-est alors que celles de la province du lac Supérieur se dirigent vers l'est. Celles de la province de Churchill ont une orientation irrégulière nord-est. Ces gîtes se situent à quelques milles à l'est d'une importante zone de formation de failles. Le minerai comprend principalement des masses, des lentilles et des veinules de pyrrhotine, de pentlandite et de pyrite incluses dans du schiste et des roches sédimentaires ainsi que des filets, des veinules et des disséminations dans de la péridotite serpentinisée. Presque toute la péridotite de cette région se trouve dans des zones linéaires de roches sédimentaires métamorphiques et de roches volcaniques entourées de gneiss. En 1960, les réserves déclarées de la mine Thompson atteignaient 25 millions de tonnes contenant 2,97 p. 100 de nickel et de cuivre. La teneur en cuivre est inférieure à celle des minerais de Sudbury, le rapport nickel-cuivre dépassant 15 parties pour une. On estime par ailleurs que d'autres gîtes de la région de Thompson contiennent plus de cuivre que le gîte Thompson lui-même.

Le gîte du lac Gordon, dont la majeure partie s'étend sous le lac, se trouve dans une zone de cisaillement pénétrée de lentilles de roches ultramafiques portant des filets et des disséminations de pyrrhotine, de pentlandite et de chalcopryrite. À Marbridge, le minerai se trouve dans une zone de roches volcaniques altérées et de roches sédimentaires contenant de la péridotite incluse entre deux batholites granitiques. La péridotite est coupée par une zone de cisaillement qui contient de la pyrrhotine et de la pentlandite en masses ou disséminées. Le gîte Lorraine se trouve dans une zone constituée principalement de

roches volcaniques altérées, pénétrées de diverses roches plutoniques comprenant de la péridotite. Le gîte est dans une zone de cisaillement contenant de la chalcopryrite, de la pyrite, de la pyrrhotine et de la pentlandite.

Le gîte Giant Mascot est dans une zone de couches altérées du paléozoïque récent et de roches plutoniques du mésozoïque comprenant une formation en amas de roches ultrabasiques dans lesquelles existent des masses et des disséminations de pyrrhotine, de pentlandite et de chalcopryrite.

Le gîte North Rankin se trouve à l'extrémité est d'une zone de roches volcaniques et sédimentaires archéennes s'étendant du lac Athabasca jusqu'à Rankin Inlet. Vers 1893, J. B. Tyrell, de la Commission géologique du Canada, découvrit des roches volcaniques contenant de la chalcopryrite à Rankin Inlet. Le rapport de ses travaux conduisit des prospecteurs à découvrir, en 1928, du nickel dans la pyrrhotine contenue dans un filon-couche de pyroxénite.

L'Inco est en train d'aménager sa propriété de Shedan-bowan, à l'ouest de Port Arthur, pour la production en 1971. Ce gîte, que la compagnie possède depuis plusieurs années, a été examiné à plusieurs reprises ; il se trouve dans une zone de cisaillement dans de la péridotite. La zone contient de la pyrite, de la chalcopryrite, de la pyrrhotine et de la polydymite (sulfure de nickel).

#### *Perspectives d'avenir*

Ces dernières années, la demande en nickel a été très forte. Même si, au Canada, les réserves de minerai sont considérables, les usages du nickel sont si nombreux que la demande ira s'accroissant. Dans les autres pays, on s'est intéressé, pour répondre aux besoins locaux, à la mie en valeur de gîtes de minerais latéritiques. De ce fait, le Canada s'est vu fermer certains marchés d'exportation. On s'attend cependant à ce que les nouvelles découvertes rentables qui seront faites au pays trouvent facilement acquéreur même si la pénurie qui se fait présentement sentir dans le monde entier doit, selon les prévisions, être comblée vers la fin de 1972.

#### *Ouvrages à consulter*

- Boldt, J. R.  
*The winning of nickel, its geology, mining and extractive metallurgy*, Toronto, Longmans, 1967.
- Chamberlain, J. A. et Johnston, A. G.  
*Nickel in Canada*, Comm. géol. du Canada, Carte n° 1258A, 1970.
- Davidson, S.  
« Falconbridge mine », dans « Structural geology of Canadian ore deposits », *Can. Inst. Mining Met.*, Jubilee Volume, 1948, pp. 618 à 626.
- Hawley, J. E.  
« The Sudbury ores : their mineralogy and origin », *Can. Mineralogist*, vol. VII, 1<sup>re</sup> partie, 1962, p. 207.
- Kilburn, L. C. et coll.  
*Nickel sulfide ores related to ultrabasic intrusions in Canada*, dans *Magmatic ore deposits*, Econ. Geol., Monographie n° 4, 1969.

- Kirwan, J. L.  
« The Sudbury irruptive and its history », *Can. Mining J.*, août 1966, pp. 54 à 61.
- Mackenzie, Brian  
*Nickel — Canada and the world*, Min. Rept. 16, Dir. des ress. min., ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Information Canada, Cat. M 38-5/16, 1968.
- Naldrett, A. J. et Kullerud, G.  
« Investigation of the nickel-copper ore and adjacent rocks of the Strathcona mine, Sudbury district, Ont. », *Geophys. Lab.*, 1967, pp. 302 à 320 (Rapp. ann. du directeur).
- Ruttan, G. D.  
« Lynn Lake mine », dans « Structural geology of Canadian ore deposits », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, Congress Volume, vol. II, 1957, pp. 275 à 291.
- Souch, B. E. et coll.  
*The sulfide ores of Sudbury : their particular relationship to a distinctive inclusion-bearing facies of the nickel irruptive*, dans « Magmatic ore deposits », *Econ. Geol.*, Monographie n° 4, 1969.  
« Thompson discovery was no accident », *Northern Miner*, n° spécial, 17 août 1961, pp. 44 à 46 et 91.
- Yates, A. B.  
« Properties of International Nickel Company of Canada », dans « Structural geology of Canadian ore deposits », *Can. Inst. Mining Met.*, Jubilee Volume, 1948, pp. 596 à 617.
- Zurbrigg, H. E.  
« Thompson mine geology », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXVI, 1963, pp. 227 à 236.

## NIOBIUM (COLUMBIUM) ET TANTALE

Le niobium et le tantale sont deux métaux étroitement apparentés, ordinairement associés dans les mêmes minerais et qui ne peuvent être séparés que par des procédés chimiques complexes. Niobium est le nom officiel de l'élément plus couramment appelé columbium au Canada et aux États-Unis. Le niobium est particulièrement utile dans la fabrication des alliages spéciaux résistants à la corrosion et à la chaleur dont on fait grand usage aujourd'hui. Le tantale sert surtout à fabriquer des alliages très résistants à l'usure et à la corrosion ainsi que certains genres spéciaux de verre d'optique.

La source principale du niobium et du tantale était autrefois un mélange de columbite (niobite), et de tantalite qu'on rencontre dans des pegmatites et dans les placers résultant de l'altération du granite. De grandes quantités de niobium étaient extraites principalement de placers stannifères à columbite et de granites décomposés du Nigeria.

Le niobium et le tantale sont aussi produits à partir de minerais de la série pyrochlore-microlite, un groupe à chimie complexe dans lequel le minerai le plus riche en niobium est le pyrochlore et, le plus riche en tantale, la microlite. On les trouve principalement dans la carbonatite et d'autres roches alcalines caractérisées par une forme circulaire ou elliptique à faible teneur de silice et forte teneur de sodium.

Les minerais de niobium et de tantale accompagnent souvent des minerais radioactifs. Au cours de prospection visant à découvrir de l'uranium, on a repéré une vaste zone

de roches alcalines qui s'étend d'Oka dans la province de Québec, à Chapleau, en Ontario. On a trouvé, en Colombie-Britannique, au moins un gîte de ce type dans lequel les formes circulaires n'existaient pas. On a découvert plusieurs gîtes de pegmatite dans la région de Yellowknife — Beaulieu, dans les Territoires du Nord-Ouest ; on en connaît d'autres types dans d'autres parties du Bouclier canadien et quelques-uns dans les Appalaches et la Cordillère. Les formations à prospecter pour ces minéraux sont les complexes de roches alcalines et les placers.

À Oka, le gîte de la St. Lawrence Columbium a commencé à produire en 1961 et son rendement n'a cessé d'augmenter. En 1967, la production dépassait 2 millions de livres de concentré de niobium évaluées à \$ 2 627 000. La teneur du minerai serait de 0,4 p. 100 d'oxyde de niobium. Il n'y a dans le monde qu'un seul autre producteur de concentrés de niobium, le Brésil. On a exploré plusieurs autres gîtes de ce type dans la région d'Oka.

### Ouvrages à consulter

- Rowe, R. B.  
*Niobium (Columbium) deposits of Canada*, Comm. géol. du Canada, *Econ. Geol.* Ser. n° 18, 1958.
- Wigle, G. P.  
*Niobium (Columbium) and tantalum*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

## OR

L'or fut le premier métal extrait en quantité au Canada, mais la valeur marchande globale de certains autres métaux dépassa celle de l'or au début du siècle. Puis, au cours des années de dépression, vers 1930, les prix et la demande pour les autres métaux déclinèrent. Le prix officiel de l'or fut alors relevé et il redevint le principal métal. Sa production atteignait un sommet en 1941, alors qu'on extrayait 5 345 000 onces, d'une valeur de \$ 205 789 000, dont 2 700 000 onces d'or alluvionnaire. Depuis lors, l'augmentation des frais d'exploitation et le maintien de l'or à un prix fixe ont eu pour effet un recul accentué. La production de 1967 s'établissait à quelque 3 millions d'onces, évaluées à plus de \$ 122 000 000. Le prix moyen de l'once payé par la Monnaie royale canadienne en 1967 était de \$ 37,75. Plusieurs mines ont été fermées au cours des dernières années et peu de nouvelles ont été mises en exploitation. Récemment, on n'a guère prêté d'attention non plus à la prospection de l'or, ni aux essais en vue d'exploitations éventuelles. Plusieurs camps miniers exploitables sont gardés en réserve, en prévision d'un changement dans les conditions.

### Historique

Comme nous le verrons de manière plus détaillée dans le chapitre relatif aux gisements alluvionnaires, la première exploitation massive de minerai aurifère au Canada eut lieu dans la région des Appalaches du Québec, où l'exploitation de placers débuta dans le bassin de la Chaudière en 1847. Quelques années plus tard, la découverte des riches placers

de la Colombie-Britannique amorça une exploitation importante d'or alluvionnaire dans la région de la Cordillère. L'exploitation des placers atteignit son point culminant vers 1900, par suite des découvertes faites au Klondike, dans le Yukon. En 1900, on tira pour \$ 22 000 000 d'or du seul Klondike. Par la suite, la production d'or alluvionnaire au Canada devait baisser graduellement.

Au cours des années où l'on s'intéressait vivement à l'exploitation des placers de l'Ouest, certains, recherchant aussi des filons, découvrirent de nombreux filons de quartz et d'autres gîtes filonien aurifères. Même avant la ruée vers les placers, on extrayait en 1852 de petites quantités d'or filonien dans l'une des îles de l'archipel de la Reine-Charlotte. Vingt ans plus tard, on utilisa un bocard rudimentaire dans une tentative d'exploitation d'un gîte d'or filonien, dans la partie centrale de la Colombie-Britannique. On installa un atelier de bocardage dans le district de Cariboo, en Colombie-Britannique, en 1876, mais cet essai d'exploitation de gîtes de quartz aurifère eut peu de succès. Vers la fin du siècle, cependant, on entreprit l'exploitation d'importants filons aurifères dans la partie méridionale de la Colombie-Britannique, par suite principalement de la construction du Canadien Pacifique. Les plus importants étaient les filons aurifères et cuprifères de substitution du camp minier de Rossland, où l'exploitation commença en 1894 et dont la production fut considérable de 1897 à 1916. Une autre entreprise très productive, la mine Nickel Plate à Hedley, fut ouverte en 1903. Pendant un certain temps, elle était la plus grande mine d'or du Canada. Les minerais de Nickel Plate consistaient en gîtes métasomatiques de contact aurifères dans du calcaire, à forte teneur d'arsénopyrite. Ces mines et plusieurs autres plus petites ont mis la Colombie-Britannique au premier rang des provinces en matière d'exploitation d'or filonien pendant les premières années du présent siècle.

En Nouvelle-Écosse, l'industrie des mines d'or fut active pendant nombre d'années. On exploitait des filons de quartz aurifère renfermés dans de l'ardoise et courant en général le long de charnières anticlinales. Ces filons se rencontraient dans la série aurifère, formée de couches épaisses et superposées de quartzites et d'ardoises, roches que certains géologues font remonter au précambrien récent et d'autres au cambrien. On croit que l'origine de ces filons se rattache à diverses injections granitiques d'âge dévonien. L'exploitation commença en 1862, mais la production se mit à décliner vers 1904. Elle atteignit un nouveau sommet en 1939, après la réévaluation de l'or par le gouvernement des États-Unis (1934). Par la suite, la production a fortement baissé.

C'est en 1866, près de Madoc (dans le sud-est de l'Ontario), qu'on découvrit pour la première fois de l'or dans le Bouclier canadien. D'autres découvertes d'or ne tardèrent pas à être faites dans la même région, suivies, après la construction de la voie ferrée du Canadien Pacifique (1886), de l'ouverture de petites mines dans les secteurs de Port Arthur et de Winnipeg. Elles n'ont jamais menacé la position de la Colombie-Britannique.

Une fois établie la valeur des vastes gisements de Sudbury et de Cobalt, l'un pour le cuivre nickélifère et l'autre pour l'argent, on comprit mieux quelles richesses minérales le Bouclier canadien recelait. Les prospecteurs et les financiers s'intéressèrent davantage à cette région. Alors commença la série de découvertes de grands gisements aurifères qui se poursuit encore de nos jours. La première permit d'établir le camp minier de Porcupine. Dès 1896, un géologue du ministère des Mines de l'Ontario constatait l'existence de filons de quartz contenant des traces d'or. Dans son rapport, il suggérait de poursuivre les recherches dans cette région. C'est en 1906 qu'un prospecteur y découvrit de l'or pour la première fois, mais c'est en 1909 que la découverte de gîtes importants donna naissance aux mines Dome, Vipond et Hollinger. La dernière fut exploitée régulièrement dès 1912. D'autres grandes mines se sont ouvertes dans ce district, si bien que le camp minier de Porcupine devint l'une des plus grandes régions productrices d'or au monde.

Les découvertes de Porcupine incitèrent les prospecteurs à étendre leur activité vers l'est et l'ouest, dans les parties les plus accessibles du Bouclier canadien. Le premier grand champ aurifère mis en valeur après celui de Porcupine, fut celui de Kirkland Lake, où les premières découvertes datent de 1911 et 1912. L'exploitation commença en 1915. À mesure que de nouvelles mines s'ouvraient et que le volume d'or extrait augmentait, ce camp devenait, comme celui de Porcupine, un grand centre d'exploitation aurifère.

Lors de la crise économique de 1929, on assiste à une extraordinaire expansion de ce secteur. Deux raisons principales expliquent ce phénomène : le marché de l'or demeurerait ferme alors que le prix d'autres produits baissait ; et, en janvier 1934, le gouvernement des États-Unis relevait le prix officiel de l'or, de \$ 20,67 à \$ 35 l'once. Nombre de nouvelles mines s'ouvrirent dans le Québec, l'Ontario, le Manitoba, la Saskatchewan et les Territoires du Nord-Ouest. C'est en 1938 que commença l'exploitation du dernier des nouveaux grands champs aurifères, celui de Yellowknife. Dans certains cas, il s'agissait de mines nouvellement découvertes ; dans d'autres cas, de mines déjà connues mais qu'on n'avait pas jugé utile d'exploiter jusque-là. En outre, beaucoup de mines dont l'exploitation était déjà rémunératrice à l'ancien taux, disposaient de grandes quantités de minerai à basse teneur dont l'extraction devenait rentable avec la hausse du prix de l'or. Durant cette période, l'industrie de l'or occupait une position enviable dans l'économie canadienne.

Après 1941, la production d'or a baissé, d'abord à cause de la pénurie de matériel et de main-d'œuvre au cours de la seconde guerre mondiale et ensuite parce que les prix de revient augmentaient constamment alors que les réserves de minerai s'épuisaient. Bien que le gouvernement fédéral, pour aplanir ces difficultés, ait subventionné les exploitants de mines d'or en vertu de la *Loi d'urgence sur l'aide à l'exploitation des mines d'or*, le nombre de mines exploitées n'a cessé de décroître depuis 1960. En 1966, la production était 3 319 474 onces, évaluées à

\$ 125 177 364. Toutefois, le Canada demeurait le second plus grand producteur d'or du monde libre. L'Afrique du Sud gardait le premier rang avec une production de 30,5 millions d'onces. Au Canada, il n'y a eu que peu de prospection ou de recherches, et peu de nouvelles mines ont été mises en exploitation récemment.

Même si l'industrie a augmenté sa consommation d'or depuis quelques années et que les activités artistiques en consomment beaucoup, c'est quand même et surtout à titre de moyen d'échange qu'il reste en vogue. Les présidents des banques centrales réunis en mars 1968 adoptèrent un système de double prix pour l'or. Aux termes de cette entente, les banques centrales emploient les réserves d'or monétaire pour régler les transactions internationales au prix fixe de \$ 35 l'once, en dollars américains. Il est interdit d'accroître ou d'épuiser ces réserves d'or par des achats ou des ventes sur le marché libre. Le prix de l'or sur le marché libre est déterminé par l'offre et la demande. Il est difficile de prévoir les changements dans la politique monétaire internationale. Il est probable que tant que les conditions actuelles persisteront, la plupart des mines déjà établies continueront à produire de l'or. En matière de prospection et d'exploration toutefois, l'intérêt portera moins sur l'or que sur d'autres métaux. En 1968, on comptait trente-huit mines productrices d'or filonien. De plus, plusieurs mines exploitées principalement pour d'autres métaux, produisaient aussi de l'or ; ce genre de mines pourrait bien devenir la principale source d'or à l'avenir, si le marché reste aussi peu attrayant.

#### *Les gîtes dans le Bouclier canadien*

À l'heure actuelle, environ 90 p. 100 de tout l'or extrait au Canada provient du Bouclier canadien. Presque tout le reste, de la région de la Cordillère. Depuis plusieurs années, l'Ontario vient en tête des provinces pour la production de l'or, suivi dans ce domaine, par le Québec. En 1968, l'Ontario comptait vingt mines d'or exploitées à raison d'au moins 100 tonnes de minerai par jour ; le Québec, neuf ; les Territoires du Nord-Ouest, sept ; la Colombie-Britannique, une ; et le Manitoba, une. Cela ne tient pas compte des mines où l'or est un sous-produit. La mine la plus importante était la Kerr-Addison, dans la région de Larder Lake en Ontario. On en a déjà extrait 4 500 tonnes par jour. Depuis 1960, la production y a baissé. On a cessé d'exploiter certaines mines en 1967.

Bien qu'ils diffèrent fortement par plusieurs détails, les gîtes d'or du Bouclier canadien peuvent être classés en trois catégories générales. L'une comprend des gîtes de quartz aurifère composés tantôt de gros filons, tantôt d'une multitude de filets et de lentilles irréguliers. Dans certains de ces gîtes, l'or se voit à l'œil nu et se trouve à l'état libre mais, la plupart du temps, il n'existe que sous forme de traces microscopiques dans des grains de minéraux sulfurés. Une deuxième catégorie se compose de roche altérée, souvent du schiste, qui renferme de l'or disséminé, souvent associé à des minéraux sulfurés. On trouve certains de ces gîtes dans des zones de cisaillement. Plusieurs mines contiennent des gîtes mixtes : l'or s'y rencontre à la fois dans des filets

et des lentilles de quartz et dans la roche interposée. Cela permet l'exploitation rentable de gros massifs. Les gîtes du troisième type sont de gros massifs de minéraux sulfurés (comme ceux des districts miniers de Sudbury et de Noranda), dont on extrait surtout du cuivre et d'autres métaux communs, mais aussi beaucoup d'or.

Les principaux gîtes d'or du Bouclier canadien se trouvent dans des zones où les roches vertes et les roches sédimentaires du précambrien inférieur sont isolées ou entremêlées. Il y a des mines d'or un peu partout dans le Bouclier, mais les principales se trouvent dans trois zones. L'une, qui traverse le camp minier de Porcupine, inclut quelques autres gîtes, plus à l'est en Ontario, et se prolonge dans le Québec (mine Beattie, etc.). Une deuxième zone, d'une longueur d'environ 100 milles, englobe les mines de Kirkland Lake ; plusieurs de ces mines exploitent un seul gîte allongé. Cette zone se prolonge par des gîtes répartis à travers le district de Larder Lake, en Ontario, et pénètre dans le Québec sur plusieurs milles, pour englober les régions de Noranda, Malartic et Val-d'Or. Dans chacune de ces zones, plusieurs masses minéralisées se trouvent encaissées dans du porphyre à feldspath et à quartz ou à syénite ou dans d'autres roches d'intrusion. Ces massifs correspondent souvent à des failles importantes et à des zones de cisaillement qui ont ouvert la voie aux roches intrusives et aux solutions métallifères. Une troisième zone, la zone aurifère de Yellowknife, englobe les gros gîtes de minerai de Giant Yellowknife et Con-Rycon dans les Territoires du Nord-Ouest, qui se trouvent dans de grandes zones de cisaillement décalées par une faille bien nette, postérieure à la minéralisation.

#### *Ouvrages à consulter*

- Beard, W. J.  
*Gold in Canada*, Dir. des ress. min., Rev. Ann.
- Cooke, H. C.  
*Canadian lode gold areas, summary account*, Commission Géol. Can., Econ. Geol. Ser. n° 15, 1946.
- Résumé des connaissances acquises jusqu'en 1945.
- Kavanagh, P. M.  
« Have 6 000 years of gold mining exhausted the world's gold reserves ? », Bull. Can. Inst. Mining Met., vol. LXI, n° 672, 1968, pp. 553 à 558.
- Robinson, A. H. A.  
*Gold in Canada*, Direction des mines, min. Mines et Relevés techn., n° 769, 1935.
- Résumé des connaissances acquises jusqu'en 1934.

#### PHOSPHATE

Le Canada importe de grandes quantités de roches phosphatées et d'autres substances phosphatées pour la préparation d'engrais et d'autres produits au phosphore. Presque tous ces produits industriels phosphatés de même qu'une bonne part des engrais phosphatés sont consommés au pays, mais depuis quelques années le Canada en exporte, surtout aux États-Unis. La production de ces engrais est d'autant plus intéressante, au Canada, qu'on dispose pour traiter les roches phosphatées venant d'autres pays d'acide



sulfurique récupéré à bon compte des gaz de fonderie ou du soufre extrait du gaz naturel acide, dans l'ouest du pays.

De 1850 à 1900 on a extrait le phosphate de l'apatite dans les pegmatites, au Québec et en Ontario. Cette source fut ensuite remplacée par des matières premières plus économiques importées des États-Unis. On a découvert et exploré plusieurs gîtes de roche phosphatée dans les Rocheuses, cependant leur qualité n'est pas suffisante pour faire concurrence aux sources américaines. On estime possible d'en trouver de meilleurs surtout dans la Cordillère. On recherche aussi des gîtes d'apatite associés à des complexes de roches alcalines dans le Bouclier canadien.

#### Ouvrage à consulter

Bartley, C. M.  
*Phosphate*, Div. du trait. des min., Rev. ann.

### PIERRE

La pierre concassée et la pierre de construction, dérivées de roches de divers genres, sont extraites des carrières de nombreuses régions du Canada. D'après les chiffres préliminaires du Bureau fédéral de la Statistique, la production totale a atteint, en 1967, près de 84 millions de tonnes évaluées à plus de \$ 104 000 000. Dans certains ouvrages, on décrit la pierre concassée sous la même rubrique que le sable et le gravier. La valeur indiquée ci-avant s'applique principalement à la pierre concassée qu'on emploie, en grandes quantités, comme agrégat dans le béton, pour la construction de routes, la fabrication de pierres synthétiques et aussi à d'autres fins bien connues.

La pierre de construction ordinaire destinée à l'utilisation locale est exploitée en carrière dans beaucoup de régions du Canada. Le granite commercial (y compris de nombreuses variétés de roches ignées), domine largement la production canadienne, suivi par les calcaires et les grès. On procède également, au Canada, à l'extraction sélective de pierres ornementales qui conviennent particulièrement à la décoration de bâtiments et à la fabrication de monuments. Cette production étant faible, on en importe beaucoup. Comme la pierre concassée et la pierre de construction ordinaire sont des matériaux plutôt lourds, à prix unitaire relativement bas, on les utilise d'habitude à proximité des lieux d'extraction. À mesure que les carrières s'épuisent, il faudra probablement exploiter des gîtes supplémentaires afin de satisfaire les besoins des nouveaux centres d'habitation et de construction. Par ailleurs, l'industrie étant obligée de respecter des normes plus rigoureuses et d'adapter les matériaux à des fins plus artistiques, les exploitations possibles feront sûrement l'objet d'examen plus poussés. On pourra se renseigner sur ces normes en consultant l'une ou l'autre des brochures énumérées ci-après.

#### Ouvrages à consulter

Carr, M. F.  
*The granite industry of Canada*, Dir. des Min., ministère des Mines et Relevés techniques, n° 846, 1955.

Goudge, M. F.

*Canadian limestones for building purposes*, Dir. des Min., Rapp. n° 733, 1933.

Hanes, F. E.

*Stone, building and ornamental*, Div. du trait. des min., Rev. ann.

Hewitt, D. F.

*The limestone industries of Ontario*, Ont. Dept. Mines, Ind. Min. Rept. n° 5, 1960.

Parks, W. A.

*Report on the building and ornamental stones of Canada*, Direction des mines, min. des Mines, n° 100 (général et Ontario), 203 (provinces Maritimes), 279 (Québec), 388 (provinces des Prairies), 452 (Colombie-Britannique), 1912-1917.

### PIERRES PRÉCIEUSES ET MINÉRAUX RARES

Jusqu'ici, au Canada, aucun gîte de valeur marchande contenant des gemmes précieuses, comme le diamant, le rubis et l'émeraude n'a été décelé. On a cependant découvert dans plusieurs régions des spécimens de gemmes d'importance secondaire, de pierres fines et de minéraux recherchés par les lapidaires et les collectionneurs. Il est étonnant qu'on n'ait pas découvert de gemmes de plus grande valeur, car il existe au Canada des conditions géologiques plus ou moins semblables à celles qui entourent les principaux gîtes de gemmes étrangers. Signalons cependant que la valeur marchande de certains gemmes n'offre pas autant d'attrait depuis que l'on fabrique diverses gemmes synthétiques de haute qualité. Il ne s'agit pas là d'imitations, mais de pierres synthétiques ayant la même composition que les gemmes naturelles. Comme la fabrication en est relativement facile et peu coûteuse, le marché des gemmes naturelles en a souffert.

À l'étranger, les diamants se rencontrent dans la « kimberlite », brèche composée de fragments rocheux enveloppés dans une gangue de serpentine et de carbonates. Mais cette roche bréchiforme est assez rare et la simple présence de roches à serpentine ne signifie pas nécessairement qu'il y ait des diamants. Des venues de kimberlite et de roches apparentées découvertes récemment en sol canadien, ont renforcé l'espoir des prospecteurs de trouver des diamants. La plupart des autres gemmes se trouvent, à l'origine, dans des pegmatites, notamment dans celles dont la teneur en lithium et en sodium est relativement élevée. Plusieurs types de pierres fines, comme le lapis-lazuli et le jade, se rencontrent dans des gîtes de contact métasomatiques, dans du calcaire, du schiste ou du gneiss.

Une part importante de la production mondiale de pierres précieuses provient de placers, notamment de placers côtiers, car la plupart d'entre elles, sans être très lourdes, sont dures et résistent à l'érosion. Elles étaient souvent, à l'origine, éparpillées dans des gîtes non rentables. Par la suite, elles se sont groupées selon un lent processus, tout comme l'or recueilli dans certains placers riches provient de roches très pauvres en or. On pourrait donc découvrir des gemmes dans les gîtes allu-

vionnaires du pays, notamment dans la région de la Cordillère.

On ne saurait traiter de la possibilité de découvrir des gemmes au Canada sans parler des nombreux efforts faits pour découvrir l'origine des célèbres diamants du Wisconsin. Vers la fin du siècle dernier, on signala la découverte d'au moins 17 diamants dans les dépôts glaciaires du Wisconsin et des États voisins. On a tout lieu de croire que ces diamants y furent charriés à partir d'un ou plusieurs gîtes du Bouclier canadien. On a tenté à plusieurs reprises de remonter à leur source ; des équipes assez bien organisées s'y sont essayées après avoir étudié avec soin la direction probable de l'avance et des dépôts glaciaires. Toutes ces tentatives ont échoué, mais il se peut que le hasard ou des connaissances plus précises sur les mouvements glaciaires permettent de découvrir des diamants dans le Bouclier canadien. Nous donnons, ci-après, une liste d'articles traitant cette question. Les seules autres indications de la présence de diamants au Canada relevaient de rapports sur l'existence de diamants microscopiques dans les régions de Bridge River et de Tulameen (C.-B.) mais, vérification faite, ces diamants n'étaient que de la périclase synthétique formée par l'échauffement de morceaux de roche.

On rencontre des gemmes d'importance secondaire et des pierres fines, l'améthyste par exemple, dans plusieurs régions du pays. On trouve, en de nombreux endroits, des pierres de bijouterie ou d'ornement, comme les agates, dans la roche en place ou parmi les cailloux et les galets. On a rencontré du jade du type de la néphrite sous forme de gros galets en Colombie-Britannique et au Yukon. Un gîte fut découvert à la suite d'une recherche systématique dans le secteur de Fort St. James en 1968.

Les renseignements dont on dispose ne facilitent pas la prospection des seules gemmes, mais les prospecteurs pourraient profiter de ces quelques connaissances sur les particularités et les modes de rencontre des gemmes, pierres fines et pierres de parure, afin de les repérer au hasard de leurs recherches. Ils devraient au moins apprendre à reconnaître les grenats et les petits cristaux transparents de quartz, rutile, et *cetera*, qui abondent, mais sont presque toujours dépourvus de valeur. Remarquons aussi qu'il y a de grandes différences dans la qualité des pierres gemmes. C'est pourquoi il ne suffit pas d'établir qu'il s'agit d'un minéral constitutif de gemmes. Il faut souvent en faire évaluer la qualité par un joaillier ou par un minéralogiste spécialisé en gemmes.

#### Ouvrages à consulter

- Bell, R.  
« Occurrences of diamonds in the northern states », *Precambrian*, avril 1953, pp. 22 et 23.
- Bruet, E.  
*Le diamant*, Paris, Payot, 1952.  
Ouvrage français de vulgarisation sur la recherche des diamants.
- Field, D. S. M.  
« Canadian gems and gem localities » *J. Gemmol.*, vol. I, n° 5, janvier 1948, 1949, pp. 20 à 30 ; vol. I, n° 8, octobre

1948, pp. 21 à 33 ; vol. XI, n° 1, janvier 1949, pp. 6 à 15.  
« The question of diamonds in Canada », *J. Gemmol.*, vol. II, n° 3, 1949, pp. 103 à 111.

- Gunn, C. B.  
« The origin of diamonds in drift of the north central United States ; a discussion », *J. Géol.*, vol. LXXV, n° 2, mars 1967, pp. 232 et 233.  
« Relevance of the Great Lakes discoveries to Canadian diamond prospecting », *Can. Mining J.*, vol. LXXXIX, n° 7, 1968, pp. 39 à 42.
- Hobbs, W. H.  
« The diamonds of the Great Lakes », *Precambrian*, mars 1953, pp. 17 à 20.
- Kraus, E. H. et Slawson, C. B.  
*Gems and gem materials*, New York, McGraw-Hill, 1947, Manuel de base).
- Kunz, G. F.  
*Gems and precious stones of North America*, New York, Scientific Publishing, 1892.  
Volumineux ouvrage sur ce sujet (probablement épuisé).
- Poitevin, E.  
*Pierres précieuses et minéraux rares de valeur marchande*, « La prospection au Canada », Comm. géol. du Can., Géol. écon. Sér. n° 7, 2<sup>e</sup> édit., 1935, pp. 91 à 99.  
Édition épuisée, mais que l'on peut consulter dans plusieurs bibliothèques. Elle contient des renseignements non repris dans la présente édition et fort utiles à quiconque recherche ces minéraux.
- Smith, A.  
*Semi-precious stones*, Penguin Books, 1952.  
Petit livre peu coûteux, illustré en couleurs.

## PIGMENTS

Autrefois, on utilisait beaucoup de minéraux différents et leurs composés pour la coloration de divers produits et la fabrication des peintures. On recourt aujourd'hui aux pigments synthétiques. Les oxydes de fer, extraits en petites quantités des basses terres du Saint-Laurent (Québec), s'emploient pour la purification du gaz d'éclairage ; on s'en sert aussi comme pigments dans les peintures et comme rouge à polir. Ces gîtes sont en exploitation depuis 1886 et semblent suffire à la demande. Les oxydes de titane, de plomb et de zinc servent pour leur part à la fabrication de peintures ; nous en parlons dans d'autres sections.

#### Ouvrage à consulter

- Stonehouse, D. H.  
*Mineral pigments and fillers*, Div. du trait. des min., Rev. ann.

## PLATINE

Le platine et d'autres métaux du même groupe dont le palladium, le rhodium, le ruthénium, l'iridium et l'osmium, s'extraient en assez fort volume comme sous-produits des mines de nickel du Canada. En 1967, la production s'établissait à 403 000 onces, évaluées à \$ 34,5 millions. Depuis quelque temps, le Canada est l'un des premiers pays producteurs de métaux de cette famille se classant troisième, après l'Union Soviétique et la République d'Afrique du Sud.

Le platine des minerais de la région de Sudbury se rencontre dans la sperrylite, minéral disséminé dans les minerais sulfurés. Dans la région de la Cordillère, on a extrait du platine natif, en petites quantités, comme sous-produit de l'exploitation d'alluvions aurifères.

Les métaux de platine étant destinés à des emplois très précis, tout indique qu'ils seront toujours fort en demande. Il est probable qu'on continuera de prospecter surtout les filons nickélifères plutôt que le platine, directement. Il est possible aussi qu'on découvre, particulièrement dans la Cordillère occidentale, des gîtes alluvionnaires contenant du platine ou d'autres métaux de même groupe.

#### Ouvrages à consulter

Killin, A. F.

*Platinum metals*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

O'Neill, J. J. et Gunning, H. C.

*Platinum and Allied Metal Deposits of Canada*, Comm. géol., Canada, n° 13 de la Série de la géol. écon., 1933.

Examen complet de la question jusqu'à l'année 1933.

## PLOMB

Dans le monde occidental, le Canada vient au troisième rang des pays producteurs de plomb, l'un des métaux les plus utiles. Le plomb, que l'on sépare du minerai et coule aisément, fut l'un des premiers métaux utilisés par l'homme. Les Romains ont fait grand usage de tuyaux d'aqueduc en plomb, soudés au plomb et à l'étain. Le mot français « plombier » dérive du latin « plumbum », qui désigne ce métal. De nos jours, son poids, sa ductilité, sa résistance à la corrosion et aux radiations ainsi que sa capacité d'alliage, en font l'un des principaux métaux industriels. On s'en sert principalement dans les accumulateurs, les produits antidétonants ajoutés à l'essence, les gaines de câbles électriques, la peinture, les munitions, les tuyaux non rigides et les mélanges métalliques comme la soudure, la régule et le métal d'imprimerie.

En 1967, la production de plomb au Canada, a atteint plus de 643 millions de livres, soit une valeur de \$ 90 000 000. Le minerai provenait surtout des Territoires du Nord-Ouest et de la Colombie-Britannique. Le Nouveau-Brunswick et Terre-Neuve en ont aussi produit d'importantes quantités. Aucune mine n'a été exploitée à seule fin d'en extraire du plomb ; ce métal étant un co-produit ou un sous-produit des mines de zinc ou, moins souvent, des mines de cuivre ou d'argent.

#### Les minéraux

La galène (sulfure de plomb), est le minéral dont on extrait le plus de plomb. Sauf quand elle se présente en grains très fins, elle est généralement facile à reconnaître à cause de sa couleur gris acier, de son poids et de son clivage cubique. Au Canada, peu d'autres minéraux primaires contiennent du plomb. On peut trouver de la cérusite et de l'anglésite, qui sont des minéraux secondaires, dans la partie des gîtes de galène altérée par les intempéries, mais leur couleur n'est pas assez typique pour servir

de guide aux prospecteurs. La galène est si souvent associée à l'argent et au zinc qu'on devrait toujours vérifier s'il y en a, là où l'on trouve des minerais de ces deux métaux.

#### Les gîtes

La plus grande partie du plomb extrait au Canada provient de gîtes de sulfure de couches homogènes contenant du plomb, du zinc, du cuivre et d'autres métaux. Le zinc est généralement plus abondant que le plomb. Dans le Bouclier canadien, ce dernier vient généralement après le zinc et le cuivre ; rares sont les gîtes comme celui de Coniagus au lac Bachelor dans la province de Québec où le plomb soit assez abondant pour qu'on le classe comme coproduit. On le trouve cependant comme sous-produit dans plusieurs gîtes du Bouclier. Le grand gisement d'argent, zinc et cuivre de Kidd Creek, produit d'importantes quantités de plomb comme sous-produit. Plusieurs vastes gîtes de couches homogènes de la région des Appalaches contiennent du zinc, du plomb et du cuivre, notamment à Bathurst, au Nouveau-Brunswick. Dans l'Ouest, les gîtes de couches homogènes dans les roches sédimentaires sont principalement du type plomb-zinc ou zinc-plomb et ne contiennent que peu de cuivre. Pendant de nombreuses années, les gîtes de la région de la Cordillère, y compris la mine Sullivan que nous décrirons plus loin, ont fourni le plus clair de la production de plomb au Canada. C'est maintenant la vaste mine de zinc-plomb de Pine Point, dans les plaines Intérieures du Territoire du Nord-Ouest, qui est le principal producteur ; nous en parlerons dans la partie traitant du zinc.

Plusieurs gîtes discordants du genre filon ou gîte de substitution, contiennent de la galène associée à des minerais d'argent ou de sphalérite ou des deux à la fois. On en a exploité dans la Cordillère et les Appalaches ainsi que dans le Bouclier canadien. Même si on a extrait de gîtes de ce genre beaucoup de plomb sous forme d'agrégat, leur rendement est inférieur à celui des gîtes de couches homogènes.

*La mine Sullivan.* C'est la découverte d'or alluvionnaire près de Fort Steele, vers 1860, qui a marqué le début de la prospection dans la région de Kootenay-Est ; site de la mine Sullivan. En 1892, deux prospecteurs ont découvert un gîte de minerai riche en galène, dans les collines à l'ouest de Fort Steele. Cette découverte fut à l'origine de la mine qui prit plus tard le nom de North Star et livra de fortes quantités de plomb et d'argent. La même année, quatre prospecteurs : Sullivan, Smith, Cleaver et Burchett, découragés de ne rien trouver dans la région de Kaslo, décidèrent de traverser la chaîne Purcell et de tenter fortune à Fort Steele. Après plus d'un mois d'un pénible voyage à pied, sac au dos, ils atteignirent Fort Steele au moment où les vivres s'épuisaient. C'était l'époque où la découverte de la North Star faisait sensation. Ils décidèrent d'explorer la colline en face de cette mine, de l'autre côté d'un ruisseau. Burchett découvrit bientôt des alluvions de galène qu'il remonta jusqu'à un gîte en place.

Les quatre prospecteurs jalonnèrent des concessions qu'ils devaient explorer de temps à autre pendant quatre ans avant de les vendre pour \$ 24 000 à un syndicat exploitant la mine de cuivre aurifère Le Roi, à Rosslund. Ce dernier entreprit la mise en valeur systématique du gîte Sullivan en 1900, après la construction d'un embranchement du chemin de fer du Canadien Pacifique, de Cranbrook à Kimberley. Le minerai fut expédié à de petites fonderies à Trail et à Nelson jusqu'en 1903, année où on en construisit une près de la mine. Cependant, ces premières tentatives ne furent guère couronnées de succès, car le mélange intime de galène et de sphalérite se prêtait mal à la fusion directe. En 1909, un droit d'achat fut accordé par le syndicat à la Consolidated Mining and Smelting Company of Canada (maintenant la Cominco Ltd.), qui exploitait des mines à Rosslund et la fonderie de Trail. Le marché fut conclu en 1910 et les nouveaux propriétaires commencèrent une exploitation sélective et trièrent le minerai pour en améliorer la qualité avant de l'expédier. Pendant ce temps, des sondages au diamant faits en profondeur révélèrent que le massif était très étendu. Il s'agissait de trouver une façon de traiter ces immenses quantités de minerai impropres à la fusion directe.

Or, à cette époque, l'emploi d'une nouvelle technique dite de la « flottation différentielle », pour séparer les composants de minerais à grain fin, se répandait de plus en plus. Elle consiste à réduire le minerai en poudre par broyage, à le transformer en pulpe, puis à le faire passer dans des cellules de flottation où il est agité mécaniquement ou par de l'air pulsé, en présence de petites quantités d'agents moussants comme l'huile et divers produits chimiques. L'emploi de diverses huiles et le choix du régime de marche permettent d'obtenir que certains grains de minéraux se collent à la mousse en surface, qu'on écume ensuite. La compagnie vit la possibilité d'appliquer ce procédé à la préparation de concentrés de plomb et de zinc à partir du minerai de la mine Sullivan. Elle y réussit après de longues recherches. Depuis 1923, année de la construction du premier atelier de concentration, l'installation a pris graduellement de l'importance et traite maintenant 10 000 tonnes par jour.

Le gîte Sullivan se trouve dans la formation Aldridge de l'ère précambrienne composée principalement de couches intercalées d'argilite, de siltstone et de quartzite. Tout le gîte, dont l'épaisseur varie de 200 à 300 pieds, est formé de couches de substitution, surtout de siltstone argileux, qui plongent vers l'est, principalement entre une couche inférieure de conglomérat et des couches supérieures de quartzite. Le minerai rubané et déformé contient surtout de la galène, de la sphalérite, de la pyrrhotine et de la pyrite ainsi que plusieurs minéraux non métallifères. Dans cette zone, certains massifs de minerai atteignent 1 000 pieds de longueur et une épaisseur de 200 pieds ; l'épaisseur étant mesurée à angle droit avec le pendage.

Des filons-couches et d'autres amas composés de gabbro, dits filons-couches de Purcell, forment des intrusions entre les roches sédimentaires, dans le voisinage de la mine.

Les indices le font dater du protérozoïque. Des roches granitiques remontant apparemment au crétacé ou au début du tertiaire se trouvent à nu à environ 10 milles du gîte et existent peut-être en profondeur à un endroit plus rapproché de la mine.

L'importance du gîte a justifié d'intenses recherches sur sa géologie et son origine. La plupart des chercheurs sont d'avis que le gîte s'est formé par substitution hydrothermale et que le minerai a été déposé dans les zones d'argilite. Plus perméables que les autres zones adjacentes, ces zones se prêtaient bien au mouvement des solutions. Il se peut que les failles qui ont déplacé les couches aient favorisé la pénétration des solutions. Malgré de longues recherches, aucun indice permettant de fixer l'époque de la substitution n'a pu être trouvé. Dans l'ensemble de la région, des indices portent à croire qu'elle s'est effectuée au crétacé ou à l'époque tertiaire où ces terrains ont été envahis par du granite. Il se pourrait aussi qu'elle soit reliée aux roches intrusives du début du Purcell ou que divers stades de minéralisation correspondent à chacune de ces époques d'envahissement.

En 1966, une usine d'enrichissement d'une capacité de 10 000 tonnes par jour, produisait des concentrés contenant 88 861 tonnes de plomb. On ne connaît pas officiellement la teneur du minerai, mais les propriétaires de la mine ont déclaré que le total des réserves des mines Sullivan, Bluebell et H. B. a atteint en 1966, 71,6 millions de tonnes de minerai contenant 7,9 millions de tonnes de plomb et de zinc.

*La mine Bluebell.* La mine Bluebell, sur la rive sud du lac Kootenay dans le sud de la Colombie-Britannique, mérite d'être signalée. C'est la plus vieille mine en exploitation au Canada. On croit qu'une ancienne excavation pratiquée sur le gîte marque l'endroit où les Indiens venaient chercher du plomb pour faire des balles, après leurs premiers contacts avec les commerçants de cette époque. Ce gîte fut découvert, ou plutôt redécouvert, en 1882, au moment où l'exploitation des placers cédait le pas dans la région à la prospection des filons. Le chemin de fer du Canadien Pacifique qui allait traverser les Rocheuses en 1885, allait rendre la prospection des filons plus intéressante. L'exploitation du gisement Bluebell a commencé en 1895 et s'est poursuivie par intermittence. Cominco a acheté la propriété en 1927 et y construisit plus tard une usine d'enrichissement du minerai. Au début, elle pouvait traiter 500 tonnes par jour ; elle en traite maintenant 700.

Des gîtes irréguliers contenant de la galène, de la sphalérite et d'autres minéraux sulfurés suivent les plans de fracture et de stratification du calcaire. On trouve des filons-couches de pegmatite et de granite à gros grains immédiatement sous les terrains de recouvrement des gîtes ; ceux-ci peuvent avoir opposé une barrière aux solutions minéralisantes. En 1927, la teneur déclarée du minerai était de 8,2 p. 100 de zinc et 6,5 p. 100 de plomb. Depuis quelques temps, ces chiffres sont combinés avec ceux de la mine Sullivan et des autres possessions de cette compagnie.

## Perspectives d'avenir

Il existe de vastes réserves de plomb et de métaux associés dans des gîtes connus à travers le Canada. En 1968, le marché semblait saturé, mais on peut croire qu'à la longue la demande sera telle que des découvertes prometteuses ne sont pas dépourvues d'intérêt. Tout porte à croire que ces gîtes contiendront probablement du plomb et d'autres métaux communs ou de l'argent. Ils se situeraient dans les régions de la Cordillère ou des Appalaches et dans la partie des plaines Intérieures qui longe la Cordillère. Dans cette dernière région, les affleurements sont si rares qu'elle doit être prospectée avec toutes les ressources de la technique. En 1966, le cours du plomb est passé de 15,5 à 14¢ la livre et, depuis mai 1968, de 14 à 13¢.

### Ouvrages à consulter

- Alcock, F. J.  
*Zinc and lead deposits of Canada*, Commission géol. du Canada, Econ. Geol. Ser. n° 8, 1930 (épuisé).
- Burchette, W. C.  
« The discovery of the Sullivan mine », *Western Miner*, vol. XVII, n° 8, 1944, pp. 37 à 39.
- Freeze, A. C.  
*On the origin of the Sullivan ore body, Kimberley, B.C.*, dans « Tectonic history and mineral deposits of the Western Cordillera », *Can. Inst. Mining Met.*, vol. sp. n° 8, 1966, pp. 263 à 279.
- George, J. G.  
*Lead*, Dir. des ress. min., Rev. ann.
- Irvine, W. T.  
*The Bluebell mine*, dans « Structural Geology of Canadian ore deposits », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, Congress Volume, vol. II, 1957, pp. 95 à 104.
- Swanson, C. O. et Gunning H. C.  
« Geology of the Sullivan mine », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLVIII, 1945, pp. 645 à 667.

## POTASSE

Depuis 1958, alors que débutait l'exploitation des mines de potasse, la Saskatchewan est devenue l'un des premiers producteurs mondiaux. La potasse sert surtout à la fabrication d'engrais. De vastes réserves, connues ou probables, se trouvent sous une grande partie des plaines Intérieures. L'essor de cette industrie repose davantage sur l'analyse plus poussée des possibilités connues que sur la prospection initiale.

En 1943, on a découvert en Saskatchewan, au cours d'un examen d'échantillons extraits d'un puits foré pour trouver du pétrole, des traces de sylvine (chlorure de potassium), dans des strates s'étendant à environ 7 000 pieds sous la surface. Des forages subséquents confirmèrent la présence d'une formation de potasse plus près de la surface. On devait aussi se rendre compte qu'une grande partie de la Saskatchewan ainsi que certaines régions de l'Alberta et du Manitoba, recouvraient la formation d'évaporites de la Prairie, du groupe d'Elk Point. Ce minerai, qui date du dévonien, contient de la halite (sel gemme), de la sylvine et de la carnallite (minerai de potasse plus

complexe). Des sociétés exploitantes de pétrole et de potasse des États-Unis entreprirent des recherches plus poussées et procédèrent, notamment, à la diagrapie géophysique de certains des puits réouverts. Plus tard, d'autres entreprises se mirent de la partie alors que les progrès techniques réalisés et la demande croissante de potasse rendaient l'exploitation possible. La production se poursuit sans interruption depuis 1962.

En 1967, il y avait quatre mines en production et six autres en préparation. Presque toute l'exploitation se fait par puits souterrains ; mais une entreprise, la première au monde, exploite une mine d'extraction de potasse « par dissolution ». Cette dernière méthode consiste à introduire deux « tubes » concentriques dans un puits, à refouler de l'eau dans l'un et à la faire circuler dans la couche désirée où la sylvine est dissoute. L'eau est ensuite aspirée dans le deuxième tube et évaporée en usine, à la surface.

La production totale d'oxyde de potassium ( $K_2O$ ), a atteint, en 1967, l'équivalent de 2,6 millions de tonnes, soit plus de \$ 77 000 000.

### Ouvrages à consulter

- Bartley, C. M.  
*Potash*, Div. du trait. des min., Rev. ann.
- Harding, S. R. L. et Gorrell, H. A.  
« Distribution of the Saskatchewan potash bed », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXX, 1967, pp. 174 à 179.
- Strain, H. D.  
« The Saskatchewan potash industry », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, mai 1966, pp. 557 à 559.

## RADIUM

Le radium existe en infimes quantités dans tous les minerais d'uranium (1/3 000 000 environ). Il n'y a pas de minerai distinct de radium. Autrefois, on extrayait ces minerais presque entièrement pour leur teneur en radium, mais l'uranium devint plus tard l'objet principal de l'exploitation. Certaines mines d'uranium produisent tout le radium dont on a besoin. Le radium a autrefois trouvé d'importants emplois médicaux et industriels. Aujourd'hui, on le remplace dans certains cas par des substances radioactives (isotopes), moins coûteuses et mieux adaptées, comme le cobalt radioactif. Ces substances sont produites dans des réacteurs nucléaires. La production de radium a été interrompue en 1953 à l'usine d'affinage Eldorado, à Port Hope, la demande ayant sensiblement diminué.

## SABLE ET GRAVIER

Le sable et les graviers de toutes sortes entrant dans la fabrication du béton et d'autres matériaux de construction, ont des emplois si répandus qu'ils dominent la production minérale du Canada. En 1967, la production atteignait près de 222 millions de tonnes évaluées à plus de \$ 158 000 000. La nécessité d'exploiter des gisements à proximité des agglomérations urbaines et des projets de

construction s'accroît à mesure que le pays se transforme. Les normes relatives aux matériaux sont d'ordinaire très strictes. Par ailleurs les sources d'approvisionnement s'épuisent, la demande de matériaux dans les régions industrielles en constante expansion étant de plus en plus forte.

On arrive à produire une quantité limitée de matériaux de qualité en traitant les agrégats naturels de qualité inférieure ; il est inévitable, cependant, qu'on ait recours au développement d'agrégats industriels à partir de la roche de fond.

#### *Ouvrages à consulter*

- Hanes, F. E.  
*Sand, gravel and crushed stone*, Div. du trait. des min., Rev. ann.
- Hewitt, D. F. et Karrow, P. F.  
*Sand and gravel in southern Ontario*, Ont. Dept. Mines, Ind. Min. Rept. n° 11, 1963.
- Picher, R. H.  
*Graviers routiers du Québec*, Dir. des Min., Rept. n° 751, 1935.

### SEL

On produit au Canada de grandes quantités de sel (chlorure de sodium). L'usage en est très répandu, surtout comme source de sodium et de chlore dans l'industrie chimique. On l'emploie aussi pour l'enlèvement et la fonte de la glace et de la neige sur les routes et dans les rues. Le sel raffiné est employé, en plus petites quantités, comme assaisonnement, dans la préparation et la conservation des aliments. En 1966, la production dépassait 4 millions de tonnes évaluées à plus de \$ 23 000 000. Ce sel est extrait, surtout à l'état de sel gemme, des mines souterraines du sud de l'Ontario et de la Nouvelle-Écosse. On l'obtient aussi par évaporation dans les salins de la Nouvelle-Écosse, de l'Ontario et des provinces de la Prairie, et comme sous-produit des mines de potasse. Dans la plupart des cas, le prix du sel n'est pas assez élevé pour justifier son transport sur de longues distances. C'est pourquoi on a dû, dans certaines parties du pays, en importer pour plus de \$ 2 000 000. C'est dire qu'on pourrait exploiter à profit des gisements situés à proximité des principales agglomérations urbaines et des centres industriels dont les besoins dépassent présentement la production nationale. Au Canada, on extrait le sel de gîtes d'évaporite contenus dans des strates du paléozoïque et du mésozoïque. On a découvert, en juillet 1972, un riche gisement de sel gemme aux Îles-de-la-Madeleine.

#### *Ouvrages à consulter*

- Cole, L. H.  
*The salt industry of Canada*, Dir. des min. Rapp. 716, 1930.
- Hewitt, D. F.  
*Salt in Ontario*, Ont. Dept. Mines, Ind. Min. Rapp. n° 6, 1962.
- Stonehouse, D. H.  
*Salt*, Div. du trait. des min., Rev. ann.

### SÉLÉNIUM

Le Canada est l'un des principaux pays producteurs de sélénium. On l'emploie surtout dans l'industrie électrique et celle de l'électronique. On dit que la demande augmente. Le métal est récupéré comme sous-produit de l'affinage du cuivre. Il ne se présente probablement pas en gîtes exploitables pour le sélénium seulement. En 1967, la production a été d'environ 750 000 livres évaluées à près de \$ 3,5 millions.

#### *Ouvrage à consulter*

- Killin, A. F.  
*Selenium and tellurium*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

### SILICE

La silice (bioxyde de silicium), se présente ordinairement en quartz minéral dans le sable, le grès, la quartzite et dans des gîtes filoniens de quartz. Bien que les venues de silice soient très répandues, seuls les gîtes très purs offrent un intérêt commercial.

La production nationale de silice vient de l'Ontario, du Québec, du Manitoba, de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique. Elle comprend surtout du quartz et des grès concassés, ainsi que du sable employé comme fondant métallurgique. Le reste consiste en morceaux de silice qui servent à la fabrication du silicium et du ferrosilicium, à la production des phosphores élémentaires, du sable quartzueux (qui entre dans la fabrication du verre), et du carborundum. On les utilise aussi en fonderie et à d'autres fins.

Bien que la production canadienne annuelle de sable quartzueux ait augmenté graduellement au cours de la dernière décennie, les deux producteurs actuels (l'un dans le sud du Québec et l'autre au Manitoba), n'occupent que 25 à 30 p. 100 du marché canadien. La production québécoise comble 60 p. 100 des besoins de la province ; le reste vient des États-Unis. Le Québec ne peut cependant, en raison des coûts plus élevés de traitement et de transport, concurrencer les producteurs du nord-est américain qui alimentent le marché ontarien. Le Manitoba détient pour sa part une grande partie du marché de l'Ouest canadien, mais il ne peut non plus concurrencer les Américains qui fournissent une grande partie des sables quartzueux importés par le sud de l'Ontario ou la Colombie-Britannique.

Le Canada importe chaque année des États-Unis plus d'un million de tonnes de sable quartzueux pour la fabrication du verre et des abrasifs artificiels, et pour ses fonderies. La demande de silice est considérable, particulièrement en ce qui concerne les sables, les grès friables et la quartzite de bonne qualité. C'est pourquoi on aurait avantage à étudier et à évaluer plus à fond les gisements des régions méridionales du Québec et de l'Ontario.

### Ouvrage à consulter

Collings, R. K.  
*Silica*, Div. du trait. des min., Rev. ann.

## SOUFRE

Comme l'acide sulfurique est l'une des matières industrielles les plus recherchées, particulièrement pour la fabrication d'engrais chimiques, le soufre est de plus en plus en demande dans le monde. La production a augmenté à un point tel que certains experts craignent la surproduction. On produit de grandes quantités de soufre au Canada, en le récupérant des gaz de fonderies et comme sous-produit du raffinage du pétrole. Le Canada produit aussi beaucoup de fer et de soufre à partir de certains gisements minéraux et de résidus d'installations de concentration contenant de grandes quantités de pyrite et de pyrrhotine. Ces utilisations ont amélioré les perspectives en ce qui concerne certains autres gîtes de minerais sulfurés, mais les prospecteurs doivent se rappeler que ces minerais sont extrêmement communs en nombre d'endroits au Canada, le plus souvent dans des concentrations petites ou maigres. Il faut tenir compte avant de tenter d'extraire le soufre de la pyrite, de la distance entre le lieu de production et les marchés du produit fini, ainsi que de l'importance de ces débouchés.

La découverte, en 1967, de soufre natif dans deux secteurs différents de l'Alberta a suscité beaucoup d'intérêt. Dans la région de Camrose, on a trouvé du soufre natif dans des carottes de sondage, à plus de 3 000 pieds de profondeur. Les quantités et la qualité n'étaient pas suffisantes, semble-t-il, pour en justifier la mise en valeur. On a aussi trouvé des venues de soufre natif en surface et sous des couvertures peu épaisses, au nord de l'Alberta. On n'a encore découvert aucun gisement rentable, mais les explorations se poursuivent. Ces recherches ne sont pas sans utilité. Mais nous croyons opportun de signaler une méthode fort peu coûteuse utilisée en Finlande. On y a recouru aux chiens dont le flair détecte les minerais sulfureux contenus dans les terrains de couverture.

En 1967, la production canadienne de soufre était évaluée à \$ 70 000 000 et celle du soufre récupéré des gaz de fonderie, à près de \$ 6 000 000. En raison de la demande croissante et de la hausse des prix, et compte tenu du fait qu'on importe du soufre au Canada, l'exploitation de gîtes rentables semblerait profitable.

### Ouvrage à consulter

Bartley, C. M.  
*Sulphur*, Div. du trait. des min., Rev. ann.

## SPATH FLUOR

Le spath fluor ou la fluorine (fluorure de calcium), est un minéral important. On en tire le fondant qui sert à la fusion de l'aluminium; on l'utilise, tel quel, comme fondant dans les aciéries, et on le transforme en divers produits chimiques à base de fluorine. La demande s'intensifie,

mais l'aluminium absorbe la quasi-totalité de la très forte production canadienne. On en importe des quantités à peu près équivalentes pour les autres industries canadiennes. La principale mine est située à St. Lawrence (Terre-Neuve); le spath fluor y forme un réseau de filons et de veinules dans du granite. On l'obtient aussi comme sous-produit d'une carrière de silice, près de Oliver (C.-B.). Quelques petites mines de spath fluor ont été exploitées ailleurs en Colombie-Britannique et à Madoc (Ontario). On entreprend présentement l'exploitation d'un gîte au lac Ainslie, en N.-É. Il existe d'autres gîtes connus au Canada, mais il est probable que seuls les gîtes étendus situés dans des lieux accessibles auront une valeur commerciale.

La production canadienne en 1966 a été évaluée à environ \$ 1,9 million.

### Ouvrages à consulter

Bartley, C. M.  
*Fluorspar*, Dir. des mines, Circulaire d'information 1C 127, 1961.

Reeves, J. E.  
*Fluorspar in Canada*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

Wilson, M. E.  
*Fluorspar deposits of Canada*, Comm. géol. du Can., Géol. écon., Série n° 6, 1929.

## SULFATE DE SOUDE

La demande pour le sulfate de soude (sulfate de sodium brut), utilisé dans l'industrie des pâtes à papier, s'accroît sans cesse. La production canadienne, évaluée à \$ 6 000 000 en 1966, provient de l'évaporation des salins de certains lacs de la Saskatchewan. Les sulfates dans le sol se dissolvent au contact de l'eau de pluie et de la neige fondue et sont drainés vers des bassins fermés où ils sont concentrés par l'évaporation et le refroidissement. On estime que les gîtes connus de la Saskatchewan contiennent plus de 200 millions de tonnes de sulfate de soude. Il existe également des gisements moins importants en Alberta et en Colombie-Britannique. Vu la demande croissante et la nécessité d'importer une partie du sulfate de soude nécessaire à nos besoins, il est évident qu'on aurait intérêt à exploiter d'autres dépôts bien situés.

### Ouvrage à consulter

Bartley, C. M.  
*Sodium sulphate*, Div. du trait. des min., Rev. ann.

## TALC ET MATIÈRES TALQUEUSES

On exploite, dans les cantons de l'Est (Québec), des roches ultramafiques qui renferment du talc minéral et de la roche talqueuse impure, appelée stéatite. On extrait aussi du talc du marbre dolomitique près de Madoc (Ontario), tandis qu'à Terre-Neuve on extrait de la pyrophyllite, qui ressemble au talc. En 1966, on évaluait à \$ 386 600 la production de talc et de stéatite, et à \$ 608 220 la production de pyrophyllite. Les importations ont atteint plus

de \$ 1 000 000 la même année. Aussi pourrait-on sans doute exploiter à profit des gîtes bien situés, de dimension et de qualité suffisantes.

#### Ouvrage à consulter

Stonehouse, D. H.

*Talc and soapstone; pyrophyllite*, Div. du trait. des min., Rev. ann.

### TELLURE

On trouve de petites quantités de tellure sous forme de tellures de minerais d'or, mais les gisements exploitables de tellure comme tels sont rares. La production canadienne comprend le tellure récupéré des raffineries de cuivre et de nickel. La production a atteint, en 1967, 82 000 livres évaluées à \$ 530 000.

#### Ouvrage à consulter

Killin, A. F.

*Selenium and tellurium*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

### TERRES RARES

L'appellation « terres rares », désigne une série de quinze éléments aux propriétés chimiques et physiques identiques. Cette appellation, quoique ancienne, est fautive ; c'est pourquoi on a proposé le nom de « lanthanides » pour désigner les oxydes de terre rare. Ces éléments ne sont pas vraiment rares, bien qu'ils soient d'ordinaire épars en petites quantités sans grande valeur. Ce sont en réalité des métaux auxquels leurs oxydes terreux ont fait donner le nom de « terres ». La plupart des auteurs associent d'habitude « l'yttrium » aux terres rares dont certaines propriétés sont apparentées à celles des autres éléments de cette série. Tous les spécialistes en la matière ne s'entendent pas sur le classement des terres rares, mais la méthode ordinairement adoptée est la suivante (tous les éléments, sauf l'yttrium, sont classés par ordre de poids atomique) :

Groupe cérique ou terres rares légères		Lanthane	Groupe yttrique ou terres rares lourdes		Gadolinium
		Cérium			Terbium
		Praséodyme			Dysprosium
		Néodyme			Holmium
		Prométhéum			Erbium
		Samarium			Thulium
		Europium			Ytterbium
		Lutécium			
		Yttrium			

Les éléments du groupe cérique servent, entre autres, à la fabrication d'électrodes de carbone et d'alliages spéciaux. Quelques-unes des terres rares lourdes, ainsi que l'yttrium, serviraient de plus à des usages spéciaux. On extrait les terres rares légères de concentrés de monazite (extraite des sables côtiers et de placers du Brésil, de Ceylan, de l'Inde, des États-Unis et d'autres pays), d'un Filon monazité en Afrique et surtout de la bastnaésite (fluocarbonate de terres rares, etc.), extraite aux États-Unis d'un amas de roche carbonatée. Certains éléments du groupe cérique se rencontrent aussi dans l'allanite et le

pyrochlore. Les venues de monazite et d'allanite sont assez fréquentes au Canada et l'on a découvert des gîtes de bastnaésite dans la propriété Rexpar, en Colombie-Britannique. On assure que les marchés mondiaux sont largement approvisionnés en matières de ce groupe.

Le gadolinium et l'yttrium semblent au contraire particulièrement recherchés. Ce dernier entre dans la fabrication de téléviseurs couleur. On rencontre un ou plusieurs éléments de ce groupe dans la xénotime, la gadolinite, la fergusonite, l'euxénite, la samarskite, *et cetera*, ordinairement à titre de minéraux associés, dans quelques pegmatites et d'autres gîtes apparentés. Comme la plupart sont aussi uranifères, on en traite souvent dans la section et dans les ouvrages de référence sur l'uranium.

Plusieurs éléments des deux groupes entrent, en petites quantités, dans la composition des minerais d'uranium d'Elliot Lake et sont concentrés en usine. Comme l'yttrium prédomine dans les éléments de terres rares du concentré, le prix de ce produit se fonde uniquement sur sa teneur en yttrium, les éléments individuels n'étant pas isolés au Canada.

La prospection de terres rares se heurte à plusieurs difficultés : seules des analyses en laboratoire permettent de reconnaître facilement ces minéraux ; il est difficile de se procurer des échantillons pour étude (la Commission géologique du Canada n'arrive pas à en recueillir assez pour en vendre) ; il faudrait probablement que les gîtes exploitables, ou ceux de sous-produits, contiennent une assez forte quantité du minéral ou des minéraux recherchés ; l'analyse chimique est coûteuse et difficile et ne sert d'habitude qu'à déterminer la teneur d'ensemble en terres rares et la teneur en cérium (chapitre XIV) ; il est probablement plus économique de faire procéder à des analyses spectrographiques semi-quantitatives et autres par certains laboratoires, mais ceux-ci ne fournissent d'ordinaire que les données relatives à certains de ces éléments, notamment le cérium, le lanthane, l'yttrium et l'ytterbium.

#### Ouvrages à consulter

Jackson, W. H.

*Rare-Earths elements*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

Rose, E. R.

*Rare-Earths of the Grenville Sub-province, Ontario and Quebec*, Comm. géol., Canada, étude 59-10, 1960.  
*A progress report on experiments with chemical field tests for the detection of the rare-earth elements and yttrium*, Comm. géol., Canada, étude 69-15, 1969.

### THORIUM

Le Canada est un important producteur de thorium, comme sous-produit des minerais d'uranium. Comme il existe de bonnes réserves de ces derniers, il n'est guère probable qu'on en vienne à exploiter des sources supplémentaires de thorium dans un avenir immédiat.

Avant 1957, le thorium n'était utilisé qu'en petites quantités pour la fabrication de manchons à incandescence.



Il provenait surtout des placers côtiers d'autres pays. La demande s'est sensiblement accrue au cours de cette même année, par suite du développement des alliages au thorium-magnésium, très utiles dans l'industrie aéronautique. L'emploi du nitrate de thorium pour la fabrication de manchons à incandescence est si répandu que ce produit compte pour une part importante du marché. Le thorium est radioactif et un isotope peut être converti, dans un réacteur (par l'absorption d'un neutron), en isotope fissile d'uranium. Ce « cycle de fission thorium-uranium » peut être utilisé avec succès dans les réacteurs convertisseurs et régénérateurs. Ces derniers n'en étant encore qu'au stade du développement, les experts ne prévoient pas que la demande de thorium augmente sensiblement avant 1985 ou plus tard.

Les gisements d'uranium de la région d'Elliot Lake contiennent un tiers de thorium et deux tiers d'uranium ; on y a construit une usine où l'on produit chaque année de 150 à 200 tonnes de thorium. Ce dernier est extrait de la monazite, de la brannerite et aussi de l'uraninite où il est présent sous forme d'impuretés. Quelques-uns des ouvrages de référence énumérés à la section sur l'uranium traitent des venues de ces minéraux et d'autres minéraux contenant du thorium.

## TITANE

On exploite, au nord de Havre-Saint-Pierre (Québec), l'un des gîtes titanifères les plus étendus du monde et le bioxyde de titane concentré que l'on y produit est employé de plus dans l'industrie des pigments. En 1966, le Canada a produit pour \$ 21,6 millions d'oxyde de titane. Bien que le titane, à l'état de métal, ait certains usages spéciaux, soit pur, soit allié, on en utilise peu au total. Comme on connaît déjà l'existence de gîtes étendus au Canada et ailleurs, seul un nouveau gîte très vaste pourrait rivaliser avec eux, s'il était riche en bioxyde de titane et situé à proximité de moyens de transport à bon marché. Le minerai devrait pouvoir se concentrer sans trop de difficultés. Comme la plupart des gîtes sont de nature magnétique, une boussole d'inclinaison ou un magnétomètre terrestre ou aéroporté en faciliterait l'exploitation.

Les principaux minerais de titane sont la magnétique titanifère et l'ilménite (toutes deux composées d'oxyde de fer titané), ainsi que le rutil (oxyde de titane). L'industrie considère comme minerais de magnétite titanifère ceux qui contiennent moins de 20 p. 100 de titane environ et comme minerais d'ilménite, ceux qui en contiennent davantage.

On trouve un nombre assez élevé de venues d'ilménite et de magnétite titanifère dans la province de Grenville du Bouclier canadien. La plupart de ces gîtes sont des ségrégations magmatiques contenues dans du gabbro et de l'anorthosite, roche composée presque entièrement de feldspath à plagioclase et contenant fréquemment, comme minéraux accessoires, de petites quantités d'ilménite et de magnétique. Depuis nombre d'années, on exploite quelques-uns de ces gîtes sur une échelle relativement petite,

notamment celui qui est situé près de Saint-Urbain (Québec).

La présence d'ilménite dans la région de Havre-Saint-Pierre (ou région du lac Allard), fut signalée pour la première fois en 1941 par M. J. A. Retty, employé alors par le ministère des Mines du Québec. Cette découverte poussa deux grandes sociétés minières américaines à jalonner et acheter des claims. À partir de 1944, elles ont multiplié travaux de prospection, reconnaissances géologiques, levés aéromagnétiques et sondages au diamant, qui ont abouti à la découverte de huit gîtes d'ilménite distincts. En 1947, elles avaient délimité des réserves considérables de minerais, notamment dans l'un de ces gîtes. L'année suivante commençait la construction d'une voie ferrée devant le reliair à Havre-Saint-Pierre. Une usine de traitement de ce minerai s'est implantée à Sorel (Québec). Les gîtes de la région du lac Allard se trouvent dans l'angle nord-est d'un vaste massif intrusif d'anorthosite. Les massifs de minerais sont formés de dykes noirs, de lentilles et d'amas en forme de filons-couches contenant de l'ilménite, soit en masses soit en particules disséminées. On croit qu'ils sont apparentés à l'anorthosite par leur origine et qu'ils l'ont envahie après sa solidification et sa fissuration au cours des derniers stades du processus d'intrusion. On dit que le minerai contient en moyenne 35 p. 100 d'oxyde de titane et 40 p. 100 de fer.

### Ouvrages à consulter

- Gross, G. A.  
*Geology of iron deposits in Canada*, Comm. géol. du Canada, Série de la Géol. écon., n° 22, 1965.
- Hammond, P.  
 « Geology of Allard Lake ilmenite deposits », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LII, 1949, pp. 64 à 68.  
 Article sur la géologie et la méthode d'exploration de ces gîtes, leur nature et origine.  
 « Allard Lake ilmenite deposits », *Écon. Géol.*, vol. XLVII, n° 6, 1952, pp. 634 à 649.  
 Études sur la géologie et les gîtes de minerai de la région du lac Allard et exposé des méthodes d'exploration.
- Retty, J. A.  
*Région de la rivière Romaine inférieure*, min. des Mines du Québec, rapp. géol. n° 19, 1944, pp. 3 à 29.  
 Rapport géologique qui a attiré l'attention sur les venues de titane.
- Rose, E. R.  
*Geology of titanium and titaniferous deposits of Canada*, Comm. géol. du Canada, Géol. écon., rapport n° 25, 1969.
- Shapiro, I. et Brannock, W. W.  
 « A field method for the determination of titanium in rocks », *Géol. écon.*, vol. XLVIII, n° 4, 1953, pp. 282 à 287.  
 Description d'une méthode rapide de détermination de la teneur approximative de TiO<sub>2</sub> dans les échantillons de roches.
- Wigle, G. P.  
*Titanium*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

## TUNGSTÈNE

Le tungstène (appelé aussi wolfram), s'emploie beaucoup dans la fabrication de certains types d'acier et

d'outils au carbure de tungstène. Il provient de minerais qui sont la scheelite (tungstate de calcium), et la wolframite (tungstate de fer et de manganèse). La scheelite se rencontre d'ordinaire dans des filons de quartz formés à des températures élevées ou modérées, dans des zones silicifiées dans du granite et dans des gîtes métasomatiques de contact. On en a trouvé dans de nombreux sites du Bouclier canadien, de la région de la Cordillère et de celle des Appalaches. Quelques venues de wolframite ont été repérées au Canada. Enfin, on trouve dans des placers des quantités relativement petites de minerais de tungstène, dont la ferberite.

Depuis quelques années, presque toute la production canadienne provient de la mine Canada Tungsten Mining Corporation, dans la région de la Cordillère, dans la partie sud-ouest des Territoires du Nord-Ouest. Ce gîte a été mis en exploitation, en 1962, alors qu'on a érigé une usine pouvant produire 300 tonnes par jour. La proportion moyenne de 2,5 p. 100 de tungstite ( $WO_3$ ) contenue dans ce gîte en fait l'un des plus riches du monde. En 1954, on a découvert du cuivre à cet endroit et, quelques années plus tard, de la scheelite par lavage à la batée et l'utilisation d'une lampe fluorescente. Le gîte est une zone de skarn dans du calcaire paléozoïque, situé près d'un amas granitique (monzonite quartzifère).

On a déjà exploité des mines de scheelite près de Salmo (C.-B.) ; le minerai était extrait de gîtes lenticulaires métasomatiques de contact contenus dans du calcaire et du skarn, près du granite et, à Hazelton (C.-B.), dans des filons de quartz contenus dans un amas de diorite. Ces mines furent fermées à l'expiration du bail.

Le Canada a produit environ 4 millions de livres de tungstène en 1966, surtout destiné à l'exportation à long terme. La demande de gîtes supplémentaires n'est pas très forte à l'heure actuelle. L'usage de la lampe fluorescente pour la prospection et l'exploration des gîtes de scheelite s'est avérée très utile.

#### Ouvrages à consulter

Ball, C. W.

« The Emerald, Feeney and Dodger tungsten orebodies, Salmo, British Columbia », *Géol. écon.*, vol. XLIX, n° 6, 1954, pp. 625 à 638.

Blusson, S. L.

*Geology and tungsten deposits near the headwaters of Flat River, Yukon Territory and southwestern District of Mackenzie, Canada*, Comm. géol. du Canada, étude 67-22, 1968.

Joliffe, A. W. et Folinsbee, R. E.

« Grading scheelite deposits with an ultra-violet lamp », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLV, 1942, pp. 91 à 98.

Exposé de la méthode mise au point par les auteurs pour estimer la quantité de scheelite contenue dans un gîte au moyen d'une lampe fluorescente.

Little, H. W.

*Tungsten deposits of Canada*, Comm. géol. du Canada, *Géol. écon.*, n° 17, 1959.

Rapport détaillé publié juste avant que la découverte de tungstène au Canada soit connue.

Skinner, R.

*Mineral industry of Yukon Territory and southwestern District of Mackenzie*, Comm. géol. du Canada, étude 61-23, 1961.

Comprend une description du gîte de tungstène du Canada.

Wigle, G. P.

*Tungsten*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

## URANIUM

Le Canada, qui est l'un des principaux pays producteurs d'uranium, « combustible » servant à la production d'énergie nucléaire, possède aussi les plus grandes réserves connues de minerai d'uranium. En 1958 et 1959, l'uranium était le principal métal produit au Canada. Par la suite, le marché accusa un recul, les réserves s'étant trouvées momentanément trop élevées. La reprise est amorcée depuis et les perspectives à long terme semblent favorables. En 1967, le rendement atteignait environ 7 millions et demi de livres d'oxyde d'uranium ( $U_3O_8$ ) évaluées à près de \$ 50 000 000.

L'uranium étant radioactif (chapitre XII), les compteurs Geiger peuvent servir à sa prospection. Mais leur emploi n'est pas aussi simple qu'on le croit généralement. Comme il est radioactif, l'uranium est soumis à certains contrôles gouvernementaux visant la prospection et l'exploitation. Des précautions s'imposent lorsqu'il s'agit de concentrations massives (les concentrations rencontrées durant les travaux de prospection ou d'analyse de la surface du gîte ne présentent aucun danger particulier). La recherche et l'exploitation de l'uranium ont pris une telle ampleur au Canada entre 1948 et 1960, que les prospecteurs ont acquis une grande expérience en matière de prospection, d'évaluation des découvertes et d'exploitation. On a aussi réuni et analysé, à cette époque, quantité de données sur la géologie et la minéralogie des gisements. On en trouve un exposé exhaustif dans le volume intitulé « Canadian Deposits of Uranium and Thorium » (Série de la Géologie économique, n° 16, 2<sup>e</sup> édition). Cette publication contient un répertoire détaillé des ouvrages publiés jusqu'à 1960. Peu de gîtes prometteurs ayant été repérés depuis, on n'a guère ajouté depuis aux connaissances sur les techniques de la prospection classique de l'uranium. Par ailleurs des progrès importants ont été réalisés dans le domaine des techniques avancées.

Les remarques ci-après visent un double but : premièrement, résumer, au profit de ceux qui ne pourraient consulter « Canadian Deposits of Uranium and Thorium », l'essentiel de cet ouvrage ; deuxièmement, fournir les données recueillies après 1960 et indiquer les principaux ouvrages de référence. Cette bibliographie ne comprend pas certains des documents publiés récemment sur les techniques spéciales de prospection. Nous les citons dans d'autres chapitres.

#### Historique

Les recherches et travaux effectués au Canada en matière de minéraux radioactifs, peuvent se résumer en

six étapes. Il est utile de les connaître pour comprendre la situation actuelle et évaluer les possibilités futures. La première étape se situe entre le moment de la découverte initiale du minerai uranifère, il y a plus d'un siècle, et celui de la découverte d'un riche gisement radioactif au Grand Lac de l'Ours, en 1930. La seconde, dite du radium, qui s'étend jusqu'en 1940, fut celle de l'exploitation. Vint ensuite la période « secrète », alors que l'uranium est utilisé à des fins militaires. Des organismes du gouvernement canadien recherchent activement d'autres gisements d'uranium. La demande se fait encore plus pressante vers la fin de 1947 à mesure qu'on découvre de nombreuses autres applications, à des fins pacifiques cette fois. Le gouvernement canadien leva l'interdiction de jalonnage et d'exploitation, moyennant certaines restrictions. Suivent ce qu'on pourrait appeler les « étapes de participation publique » qui se répartissent en trois périodes : la première dura de 1948 à 1960 et fut caractérisée par une prospection et une exploitation intenses. Les recherches sur la géologie des gîtes s'intensifient. Vient ensuite une période de ralentissement attribuable à une surproduction momentanée, qui dura jusqu'en 1967. La dernière phase, qui se poursuit encore, est caractérisée par une intensification de la demande accompagnée par la réouverture de certaines mines, la reprise des travaux de prospection scientifique et d'analyse de gîtes. On trouvera, dans les paragraphes qui suivent, une description plus détaillée de chacune de ces étapes.

L'uranium, comme élément, fut isolé et décrit en Allemagne à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Le phénomène de la radioactivité, découvert en France un siècle plus tard, aboutit, en 1898, à la découverte du radium comme composé des minerais d'uranium. Les premières réserves de radium furent extraites principalement des mines de Tchécoslovaquie (Bohème), jusqu'en 1912. À cette date, aux États-Unis, on parvient à en obtenir à partir de minerais de vanadium. Au début des années 1920, une mine du Congo Belge devient la principale source d'uranium. Elle s'assura ainsi un quasi-monopole. Après la publication de la première description du minerai d'uranium au Canada, en 1847, les minéralogistes et les géologues manifestèrent un intérêt accru pour les minerais radioactifs et plusieurs venues furent découvertes et décrites. Même si ces recherches ont établi que l'uranium est relativement abondant dans les roches de l'écorce terrestre — moins que le cuivre, le plomb ou le zinc, mais plus que l'or ou l'argent — les venues renfermant des minerais d'uranium sont peu nombreuses. On devait donc le considérer rapidement comme l'un des éléments les plus rares. L'association de l'uranium avec le radium, qui est certes très rare, a probablement accentué cette confusion. En 1914, la Commission géologique du Canada publiait une modeste brochure sur la prospection du radium. Après 1920, M. H. V. Ellsworth, membre de la Commission, se spécialise dans l'étude des minéraux « rares », dont l'uranium, et apporta des renseignements précieux sur leur minéralogie et sur les applications de la radioactivité à la datation des minéraux. Les compteurs

Geiger, inventés en Allemagne, en 1928, et associés à la batterie complexe des appareils de laboratoire, ont servi peu après aux expériences effectuées sur le terrain au Canada. Le premier compteur, d'un poids de 55 livres, a été monté et éprouvé par des professeurs de l'Université de la Colombie-Britannique en 1932. En 1934, M. Ellsworth et deux de ses adjoints ont mis au point et utilisé un compteur de 21 livres.

En 1930, on découvrait des filons sur la rive est du Grand Lac de l'Ours, presque sur le Cercle arctique. L'expédition qui a permis cette découverte a suivi de près l'apparition des avions de brousse, aptes aux recherches dans les territoires peu accessibles. M. G. A. LaBine, de la mine Eldorado, avait choisi cet emplacement après avoir lu le compte rendu d'une reconnaissance géologique antérieure du lac où l'on faisait état de la présence de cobalt et de cuivre. Il savait que l'argent est souvent associé au cobalt. Ce métal l'intéressait particulièrement depuis qu'il avait travaillé à Cobalt. Il estimait aussi que la valeur probable de ces gisements pourrait fort bien être suffisante pour en justifier l'exploitation dans une région aussi éloignée. Il y trouva effectivement de l'argent et de la pechblende, principal minerai du radium. Il nous a récemment déclaré qu'il avait pu identifier la pechblende parce qu'on lui en avait montré un spécimen durant un cours de prospection. Pour surmonter les difficultés de transport, établir une mine, il fallait avoir l'âme d'un pionnier. La production débuta dès 1932. La société construisit une raffinerie à Port Hope (Ontario) et commença, en 1933, à produire du bromure de radium en quantités telles que le cours mondial du radium en fléchit. Les réserves de radium raffiné étaient plus que suffisantes pour satisfaire la demande immédiate et les difficultés d'exploitation dues à la guerre entraînèrent, en 1940, la fermeture de la mine.

Deux ans plus tard, les recherches entreprises sur les possibilités de « fission » des atomes d'uranium amenèrent le gouvernement canadien à demander à la société Eldorado de rouvrir, secrètement, la mine et l'usine d'affinage et d'entreprendre la production d'uranium. Les minerais renfermant du radium contiennent aussi trois millions de fois autant d'uranium. Comme ce dernier ne servait qu'à la préparation de pigments et de certains réactifs chimiques, la demande en était faible. Presque tout l'uranium contenu dans les minerais ou concentrés dont on extrayait le radium était jeté ou mis en haldes. La mine, qui s'était remplie d'eau, fut épuisée. L'usine d'affinage fut remise en exploitation en 1943 sous le nom de Eldorado Mining and Refining Limited\*. Elle n'était pas équipée pour la production d'uranium pur, mais on y produisait un concentré d'uranium de haute qualité qui était vendu et expédié aux États-Unis. On l'y utilisait, avec les minerais importés du Congo, dans le cadre du programme de recherches nucléaires américano-anglo-canadien. En 1944, à la demande d'autres gouvernements intéressés, le gouvernement canadien acheta la mine Eldorado et en fit une

\* Maintenant : Eldorado Nuclear Limited.

société de la Couronne. En 1943, pour des raisons de sécurité, le jalonnement et l'exploitation de minerais radioactifs furent interdits par un règlement fédéral dans le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest, et par des règlements provinciaux dans les provinces concernées. On demanda à la société Eldorado et à la Commission géologique de prospecter afin de découvrir d'autres sources d'uranium.

L'une des premières démarches fut de mettre au point des compteurs Geiger mieux adaptés à l'utilisation sur le terrain. Le Conseil national de recherches et la Commission géologique en ont conjointement mis au point deux modèles, efficaces à cette époque, et les ont éprouvés à la surface des claims de l'Eldorado. Le Conseil de recherches en fabriqua aussi quelques-uns à l'intention des équipes de l'Eldorado et de celles de la Commission géologique et pour en offrir à d'autres pays du Commonwealth. Ces appareils sont les ancêtres des modèles commerciaux fabriqués plus tard au Canada, après la levée des mesures restrictives. On procéda aussi, à cette époque, à un nouvel examen des nombreux emplacements où l'on avait, au cours des dernières années, signalé la présence de minerais radioactifs, notamment dans la région de Goldfields, au lac Athabasca, où M. F. J. Alcock de la Commission géologique avait signalé la présence de pechblende dans un gîte probable de cuivre. Les prospecteurs qui se trouvaient à cet endroit lui avaient indiqué le minerai alors qu'il examinait le gîte pour dresser la carte géologique de la région. Ils avaient pu identifier la pechblende parce qu'ils en avaient vu des spécimens à la mine du Grand Lac de l'Ours. M. Ellsworth confirma la présence de pechblende après avoir examiné les échantillons prélevés par M. Alcock sur la propriété Nicholson. Deux géologues de l'Eldorado et de la Commission géologique, qui avaient examiné les échantillons de la propriété Nicholson en 1944, au cours d'une tournée régulière et qui avaient été plus impressionnés par les possibilités de cette région que par celles de toutes les autres qu'ils avaient visitées (à l'exception du Grand Lac de l'Ours), encouragèrent fortement l'Eldorado à concentrer ses travaux de prospection à cet endroit. La société engagea des prospecteurs, des ingénieurs miniers et des géologues expérimentés dans la recherche de l'or et d'autres métaux et leur communiqua les données dont on disposait à l'époque sur la pechblende et sur l'utilisation des compteurs. La Commission géologique entreprit pour sa part des études plus poussées et la préparation de cartes dans la région de Goldfields. Elle s'assura également les services de prospecteurs. Ce n'était pas là sa façon habituelle de procéder, sauf en temps de guerre alors qu'il s'agissait de minerai stratégique. Ces travaux aboutirent bientôt à la découverte d'environ un millier de venues contenant de la pechblende ou présentant de fortes anomalies radioactives. L'une de ces venues devint la mine Ace, ouverte à l'exploitation par l'Eldorado en 1953. D'autres venues avaient des surfaces visibles plus étendues, mais on a choisi d'explorer plus en détail le gisement Ace parce qu'il était associé à une faille très

marquée qui semblait, en raison de sa structure, offrir de meilleures possibilités. Les mines Fay et Verna de la société Eldorado furent plus tard exploitées le long de cette même structure.

Vers la fin de 1947, les perspectives du marché à des fins pacifiques s'élargissant et les exigences de la sécurité nationale se faisant moindres, le gouvernement canadien leva les interdits visant la prospection privée — même si certains contrôles durent être maintenus — et diffusa l'information touchant les techniques et les sites connus. À leur tour, les autorités provinciales autorisèrent la prospection. La levée des restrictions touchant la prospection de l'uranium survenait alors que la prospection de l'or et d'autres métaux n'offrait guère de possibilités. Les sociétés minières et les prospecteurs expérimentés, travaillant à plein temps et à temps partiel, ainsi que le grand public, manifestèrent alors un intérêt accru pour l'uranium. Il fallait cependant signaler les découvertes à la Commission de contrôle de l'énergie atomique et obtenir de cette dernière un permis de prospection avancée et d'exploitation, comme il fallait faire rapport des travaux accomplis en vertu de ce permis. Ces rapports devaient à l'origine être soumis chaque mois, mais on n'exigea par la suite qu'un rapport annuel. D'après les règlements, une venue devait, pour être considérée radioactive, contenir au moins 0,05 p. 100 d'oxyde d'uranium ou de thorium ou leur équivalent en terme de radioactivité. Les quelques données statistiques qui suivent donnent un aperçu des événements qui marquèrent cette époque et illustrent la grande différence qui existe entre une venue et un gisement d'uranium. On estime qu'environ 12 000 venues, radioactives à plus de 0,05 p. 100, ont été découvertes dans diverses régions du Canada entre 1948 et 1960. On a émis des permis d'exploration pour plus de 100 jours-hommes de travail touchant 432 propriétés dont 359 ont été explorées par forage au diamant. Les travaux souterrains ont amené l'exploration de 117 propriétés, dont la plupart avaient été antérieurement forées au diamant. Dix-neuf mines productives ont été dotées de leur propre usine de traitement; le minerai extrait de sept autres mines, dont les gisements n'étaient pas assez importants, était expédié aux usines de traitement les plus proches. La mine Gunnar, ouverte à la production en 1953 au lac Athabasca, a été la première entreprise d'importance exploitée par une société privée. Ayant reporté sur une carte établie plusieurs années plus tôt par M. W. H. Collins de la Commission géologique du Canada les renseignements concernant les venues du gisement de Pronto, M. F. R. Joubin et les géologues avec lesquels il était associé dirigèrent les équipes de prospecteurs vers un prolongement de la structure générale de Pronto dans la région d'Elliot Lake. Leurs efforts, ajoutés à ceux des géologues des sociétés et du gouvernement qui entreprirent une nouvelle étude de la région au cours des années qui suivirent, aboutirent à l'établissement de onze autres mines. À la fin de 1966, l'uranium produit dans ces mines et dans celle de Pronto était évalué à environ \$ 1 398 000 000. Presque toutes les réserves connues d'uranium sont à Elliot Lake. Deux mines dotées de leurs propres usines de

traitement et deux mines expédiant le minerai brut furent ouvertes à la production dans la région de Bancroft (Ontario), aux environs de 1956. En 1958, une usine d'éléments combustibles pour les réacteurs nucléaires fut mise en exploitation à Port Hope.

L'uranium produit dans les mines canadiennes était vendu par l'entremise de la société Eldorado, principalement à la Commission d'énergie nucléaire des États-Unis, en vertu de contrats fixant les délais de livraison à 1963, avec possibilité d'extension. Vers la fin de 1959, la Commission indiqua son intention de s'en tenir aux délais fixés. D'autre part, elle accepta l'étalement de certains des contrats canadiens laissant aux sociétés le soin de s'entendre entre elles pour assurer les livraisons prévues. Des dispositions furent prises pour permettre aux sociétés de chercher d'autres débouchés à l'étranger, sous réserve des contrôles et des permis d'exportation. Le Canada acheta une certaine quantité d'uranium pour fins de réserve. Malgré ces efforts pour écouler la production excédentaire, la plupart des mines durent fermer leurs portes, soit en raison de l'expiration des contrats, soit à cause de l'épuisement du minerai. En 1966, seules les trois mines d'Elliot Lake et celle de l'Eldorado, à Beaverlodge étaient encore exploitées.

Comme on prédisait un accroissement de la demande, la prospection d'uranium connut un regain d'activité en 1967. Certaines mines rouvrirent leurs portes et l'Eldorado entreprit l'exploitation d'un nouveau gisement dans sa propriété de Beaverlodge. Le minerai de ce gisement, qui a été découvert et sondé il y a plusieurs années, sera probablement transporté par camion à l'usine actuelle. On entreprit aussi des forages supplémentaires dans un gîte découvert il y a quelques années au lac Agnew, à 50 milles à l'est d'Elliot Lake. Certains claims de Beaverlodge, qui avaient été abandonnés, furent jalonnés de nouveau et on reprit l'exploration de quelques gîtes probables. La découverte de venues radioactives dans des roches granitiques et dans des pegmatites, au nord de l'île d'Anticosti, retint l'attention.

### Minéraux

Bien qu'on ait réussi à reconnaître une cinquantaine de minéraux uranifères dans les venues découvertes au Canada, la plupart se présentent en si petites quantités qu'ils n'ont aucun intérêt pour les prospecteurs. Six espèces ou variétés de minéraux ont été exploitées au Canada et quelques autres seulement dans d'autres pays. Les minéraux canadiens comprennent l'*uraninite* (oxyde d'uranium), dont une variété s'appelle *pechblende*; la *brannérite* (ci-après); la *monazite* (ci-après); l'*uranothorite* (silicate de thorium et d'uranium), et l'*uranophane* (silicate hydraté de calcium et d'uranium). La brannérite est un minéral complexe d'uranium et de titane, mais on croit que certaines matières présentes dans les minerais d'Elliot Lake pourraient être un mélange plus simple d'uranium et de titane; ces matières se présentent en infimes particules et les difficultés d'analyse prolongent le débat sur cette question. La monazite est essentiellement un phosphate des métaux du

groupe cérique (section sur les terres rares). Certains échantillons canadiens de monazite ont une teneur particulièrement élevée de radium, sans doute à cause de leur association à l'uranothorite.

Les minéraux d'uranium supergènes se rencontrent fréquemment à la surface, ou près de la surface, des gîtes métallifères canadiens. Le gisement de Gunnar diffère à ce égard; là, ils ont été trouvés en assez grandes quantités pour être considérés comme un facteur important du minerai de fer; cela est attribuable aux circonstances particulières décrites ci-après. La plupart des minéraux d'uranium supergènes sont d'un jaune caractéristique ou orangés; ils constituent donc un indice valable pour les prospecteurs. Ils ne se présentent pas en grande quantité, mais ils indiquent presque toujours la présence d'uraninite ou de pechblende. Comme les différents minéraux supergènes sont difficiles à distinguer de façon précise, sauf en laboratoire, les prospecteurs, les géologues ou les ingénieurs engagés dans l'étude préliminaire des gîtes, peuvent se contenter de les signaler sous l'appellation « traces d'uranium ». L'identification doit cependant être plus précise durant les études plus approfondies des gîtes et lorsqu'il s'agit de déterminer les méthodes possibles de traitement des minerais.

Il importe surtout que les prospecteurs d'uranium, ou ceux qui étudient les minéraux radioactifs, sachent reconnaître l'uraninite, la pechblende et les « traces d'uranium ». Un minéral radioactif de couleur noire ou brunâtre qui se présente en cristaux cubiques est probablement de l'uraninite. La pechblende, dont la composition est à peu près la même que celle de l'uraninite typique, ne se présente pas en cristaux visibles, sauf à de rares exceptions lorsqu'on l'examine au microscope. Elle possède un haut degré de radioactivité et est habituellement noire, même si nombre de venues sont d'un brun rougeâtre de par leur association à l'hématite et d'autres d'un gris foncé venant de leur association à la silice. Beaucoup de venues ont une apparence poisseuse ou cireuse et beaucoup aussi ont une forme partiellement arrondie (botryoïde). L'uranothorite est difficile à reconnaître sur le terrain, même pour les experts. Un minéral noir, cireux, très radioactif se présentant en amas irréguliers dans un gisement de la catégorie générale des pegmatites peut fort bien être de l'uranophane.

### Gîtes

Au Canada, les gîtes d'uranium empruntent une foule de formes géologiques différentes. Ceux qu'on a découverts jusqu'ici et dont l'exploitation est rentable se classent en trois catégories. La plus productive, celle dont on tire la plupart des réserves de minerai, renferme des conglomérats du protérozoïque. La deuxième catégorie comprend divers genres de filons et d'amas diffus contenant de la pechblende, exploités dans la région de Beaverlodge en Saskatchewan et dans les Territoires du Nord-Ouest. La troisième se compose de gîtes complexes pegmatitiques et de gîtes apparentés (différents de la pegmatite typique),

exploités près de Bancroft (Ontario). Des gîtes d'uraninite et d'autres minéraux contenus dans du grès, du schiste et du calcaire, ont été l'objet d'une exploitation intense dans la partie occidentale des États-Unis. Certains de ces gîtes renferment du vanadium et de l'uranium ; d'autres sont associés à des couches de lignite.

Tous les gîtes productifs d'uranium du Canada sont situés dans le Bouclier canadien qui contient aussi, et de loin, le plus grand nombre de venues connues. On a cependant découvert un nombre important de venues dans les régions de la Cordillère et des Appalaches et, plus récemment, quelques gîtes pauvres dans la partie méridionale des plaines Intérieures. La carte géologique du Canada, annexée à l'ouvrage « Canadian Deposits of Uranium and Thorium » indique la plupart des venues connues et des régions où elles abondent. Les gîtes productifs et beaucoup des venues connues sont situés assez près des limites du Bouclier. Ce fait est attribuable notamment à certains phénomènes géologiques particuliers. Cette répartition marginale s'expliquerait également, en partie du moins, par la présence de grands lacs et de rivières à la frontière du Bouclier ou à proximité de celle-ci qui facilitent aux prospecteurs l'accès à ces régions. Notons aussi que les prospecteurs tendent naturellement à concentrer leurs efforts là où le métal recherché a déjà été découvert. Il est donc tout à fait possible qu'on découvre d'autres mines ou venues dans d'autres parties du Bouclier ou dans les autres principales régions géologiques.

La pechblende se présente de bien des façons dans les gîtes filoniens ou disséminés, plusieurs de ces formes se rencontrant souvent dans un même gîte. Elles peuvent revêtir l'aspect de filons assez réguliers, d'amas irréguliers, de réseaux de filets (la pechblende étant souvent disséminée dans la roche, entre les filets), et de remplissages de brèches. À certains endroits, la pechblende se présente en concentrations massives. Ailleurs, on la trouve en filets ou en grains visibles à l'œil nu. Dans beaucoup d'autres endroits les grains sont microscopiques. Les gisements canadiens connus de pechblende se classent en deux types minéralogiques différents appelés respectivement simple et complexe, mais ceux-ci se confondent dans certaines mines. Dans les gisements simples, le seul autre minéral important est l'hématite, la gangue étant généralement composée de roches silicifiées, de quartz, de chlorite, de calcite ou d'une combinaison de ces matières. Dans les gîtes complexes, la pechblende peut être associée à divers minéraux, notamment l'argent natif, l'argent, le cuivre, le cobalt, le nickel et d'autres minéraux sulfurés ou arséniosulfurés, contenus dans des gangues identiques à celles mentionnées ci-dessus. Comme les roches qui se trouvent à proximité des deux types de gîtes présentent d'ordinaire une altération caractéristique de couleur rouge brique, due à l'intrusion d'hématite, elles constituent un guide utile pour la prospection et l'exploration des gîtes. La plupart des gîtes de Beaverlodge sont du type simple et ceux du Grand Lac de l'Ours du type complexe. L'ancien gîte de la Gunnar, à Beaver-

lodge, était d'un autre type minéralogique, combinant la pechblende et le minéral supergène uranophane disséminés dans un gîte en forme de cheminée de roches d'albite-calcite-chlorite très fissurées, s'étendant à proximité de l'intersection de deux failles. La teneur en  $U_3O_8$  du minerai se maintenait à 3,4 livres par tonne. Contrairement à la plupart des gîtes canadiens, le rapport uranophane-pechblende demeurait à peu près le même depuis la surface jusqu'au fond du gîte à une profondeur d'environ 1 200 pieds. Cela était dû, croit-on, à la porosité de la roche mère et aussi au fait que le gîte longeait la rive du lac Athabasca, une grande partie se trouvant au-dessous du niveau du lac. De l'eau sous pression sortit de quelques-uns des trous forés, ce qui porte à croire que l'eau du lac circulait à travers le gîte, provoquant une minéralisation supergène en profondeur.

La production, à partir de minerais conglomératiques, a été limitée à la région d'Elliot Lake (Blind River), dans la province du Sud, au nord du lac Huron. Le conglomérat radioactif se présente en couches situées près de la base de formation huroniennes reposant en discordance sur des roches archéennes. Il est constitué de galets de quartz très serrés, la gangue contenant de la pyrite, de la « brannérite », de l'uraninite, de la monazite et d'autres minéraux. Seules certaines couches d'étendue et d'épaisseur suffisantes, contenant plus de 0,06 p. 100 d' $U_3O_8$  et ayant une teneur moyenne d'environ 0,12 p. 100 sont considérées comme minerai. Presque tous ceux qui ont étudié le sujet estiment que les minéraux uranifères sont issus de roches ou de gîtes minéraux autrefois contenus dans les roches archéennes au nord-ouest d'Elliot Lake, qui ont été érodées et transportées avec les galets et qui se sont déposées surtout dans des filons qui représentent aujourd'hui les zones de conglomérat dont l'épaisseur et la teneur en uranium suffisent à justifier l'appellation de minerai. Ces graviers pourraient facilement être convertis en conglomérat par le processus normal de formation des roches, bien que la simple consolidation n'explique pas certaines caractéristiques des gisements d'Elliot Lake. On croit, par conséquent, que le métamorphisme a probablement provoqué la recristallisation d'au moins quelques-uns des éléments originels de la « brannérite », et que l'uranium peut y avoir été introduit ou déplacé et s'y être cristallisé par un processus différent de l'érosion fluviale. La plupart des gisements alluvionnaires contiennent plus de magnétite que les conglomérats d'Elliot Lake ; par conséquent, on suppose qu'une intrusion de soufre aura transformé la magnétite en pyrite.

Les gîtes productifs de Bancroft sont, ou étaient, des masses de formes irrégulières présentant certaines caractéristiques des « dykes » lenticulaires et composés de granite et de syénite entrecoupés de roches pegmatitiques et méasomatiques. Ces « dykes » coupent les roches encaissantes à certains endroits et les remplacent à d'autres. Les minéraux de valeur étaient l'uranothorite et l'uraninite. Les gîtes exploitables se composaient de groupes de « dykes » ayant une teneur moyenne de 0,1 p. 100 en  $U_3O_8$ , assez

rapprochés les uns des autres pour qu'on puisse les exploiter par un seul puits ou une galerie à ciel ouvert. Ces gîtes se trouvaient en bordure de trois masses de granite, de syénite et de roches apparentées, chacune ayant environ 6 milles de diamètre. Vu la nature complexe de ces gisements, il est impossible de les attribuer à l'une des catégories répertoriées. Même s'ils sont, de par leur forme et leur structure, plus typiques des pegmatites, on ne peut les classer comme telles parce que beaucoup des matières qu'ils contiennent sont à grains trop fins ; il s'agit plutôt de granite ou de syénite. On ne peut toutefois comparer ces gîtes à certains gîtes radioactifs pauvres constitués de massifs entiers ou de grandes parties de massifs contenant des minéraux radioactifs accessoires ; on ne peut non plus les assimiler aux pegmatites typiques.

Grâce à la prospection intense et aux recherches effectuées, on sait qu'il existe beaucoup d'autres types de gîtes au Canada, mais on n'a pas encore pu établir s'ils sont exploitables. Bien qu'on ait obtenu un contrat de vente pour l'uranium du gîte de Rexpax, au centre de la Colombie-Britannique, le marché déclina fortement avant qu'on ait atteint le stade de production. Deux gisements ont été découverts dans des roches sédimentaires métamorphiques envahies par de la granodiorite. Le minéral radioactif était de l'uraninite dans une zone, et de l'uranothorite dans l'autre. La teneur moyenne en uranium y était de 1,53 à 1,75 livres d' $U_3O_8$  à la tonne.

Un massif de granite pegmatitique complexe renfermant des minéraux uranifères associés à de la magnétite, découvert récemment dans la région de Johan Beetz, au nord de l'île d'Anticosti, a suscité beaucoup d'intérêt. On a établi quantité de claims sur ce massif et dans les environs où l'on a signalé la découverte de dykes de pegmatite radioactive.

Des gîtes d'uranium contenus dans des roches sédimentaires s'étendant sous une grande partie du centre des États-Unis ont fait l'objet d'une exploitation intense, mais l'exploration préliminaire de couches identiques dans la plaine Intérieure au Canada, n'a révélé la présence d'aucun gisement important. On a cependant examiné bon nombre de gîtes de houille et de lignite, compte tenu du fait que certains des gîtes d'uranium découverts aux États-Unis étaient associés à ces minéraux. Les essais effectués en vue d'établir le degré de radioactivité des venues canadiennes et les examens d'échantillons faits par la Commission géologique du Canada ont permis de déterminer que la teneur la plus élevée, sur trois cent cinquante-cinq échantillons, était de 0,008 p. 100 d' $U_3O_8$ . On a cependant relevé une teneur de 0,057 d' $U_3O_8$  dans un échantillon de cendre prélevé dans un filon houiller, à la limite occidentale de la Saskatchewan. Au cours des dernières années, certaines sociétés ont exploré des gîtes de lignite dans les régions des collines Cypress et du mont Wood en Saskatchewan et y ont découvert des minéraux supergènes d'uranium dans des roches sédimentaires, au-dessus des gisements de lignite. On a signalé, à certains endroits, des teneurs d' $U_3O_8$  variant entre 0,05 et 0,1 p. 100.

### *Perspectives d'avenir*

La demande d'uranium semble s'être accrue en 1966 et plusieurs spécialistes en la matière estiment que cette tendance se maintiendra probablement pendant quelque temps. Le président de l'Eldorado Mining and Refining Limited a prédit pour sa part que les réserves d'uranium « connues et exploitées », du monde occidental, ne suffiraient plus à la demande après 1973 et qu'il sera nécessaire alors de poursuivre le développement des gisements connus ou des découvertes récentes de minerai ou encore d'utiliser les gîtes de moindre qualité. Le prix de l'uranium n'est pas coté régulièrement parce qu'il n'existe pas de marché libre pour ce produit. D'habitude, on ne révèle pas les prix stipulés dans les contrats. Un document rendu public indique que le prix moyen des contrats antérieurs s'établissait à \$ 10 la livre d' $U_3O_8$  contrôlé. Il semble cependant que les prix aient fléchi au cours des dernières années, vu le ralentissement de la demande. Selon une note publiée en 1967, les trois contrats négociés par la société Rio Algom Mines Limited pour des livraisons devant s'échelonner de 1969 à 1983 fixant le prix de vente à \$ 7,14 la livre, en moyenne. Le président de l'Eldorado a exprimé des doutes quant aux possibilités de découverte d'autres gîtes qui puissent être exploités au taux de \$ 10 la livre environ. Il se peut, par conséquent, qu'on doive payer plus cher l'uranium destiné à la production d'énergie nucléaire.

Selon nous, les possibilités de nouvelles découvertes d'uranium ou d'exploration plus poussées des gîtes virtuels au Canada peuvent se résumer ainsi : les besoins, dans les années futures, seront satisfaits par le minerai non exploité, découvert lors des travaux souterrains ou des sondages au diamant, dans des mines en production ou dans certaines mines qui ont dû être fermées faute de demande suffisante. Les conditions géologiques qui existent dans quelques-uns de ces gîtes sont favorables à l'extraction de minerai supplémentaire exploitable au prix actuel de l'uranium, pourvu qu'on en poursuive la prospection et l'exploration. De même, certaines propriétés productives, ou qui l'ont déjà été, recèlent peut-être d'autres gîtes distincts qu'on pourrait découvrir par des techniques avancées de prospection.

Certaines propriétés contiennent des venues considérables de minerai uranifère d'une teneur inférieure à celle des minerais marchands ou de teneur acceptable mais en quantités trop petites pour en justifier l'exploitation. Une partie de ces minerais se trouve dans des propriétés productives, ou qui l'ont été, et d'autres se trouvent dans des gîtes probables à demi explorés. Si le cours de l'uranium augmentait, ce minerai, particulièrement celui qui se trouve dans les propriétés déjà aménagées, deviendrait très rentable. On pourra se renseigner sur certains de ces gîtes en consultant divers rapports gouvernementaux et les rapports annuels des sociétés. Il est vraisemblable aussi que les dossiers de beaucoup de ces sociétés contiennent d'autres renseignements.

Des publications récentes sur la région de Beaverlodge contiennent, par exemple, d'autres considérations techniques sur ces gisements de minerai qui pourraient servir à d'autres travaux de prospection ou d'exploration. Il est bon de souligner, à cet égard, que le gîte Gunnar était situé sur la rive nord du lac Athabasca et que le fond du lac constituerait, sur une distance de quelques milles du moins, un endroit tout indiqué pour des études géologiques et géophysiques plus poussées surtout si l'on tient compte des renseignements qu'on possède déjà sur la rive et les îles avoisinantes.

Comme les zones productives d'uranium sont déjà presque entièrement jalonnées, certaines sociétés ont commencé à explorer les possibilités de quelques-uns des gîtes les plus prometteurs situés dans d'autres secteurs, ou à chercher d'autres gisements dans ces régions. Il est bon de souligner ici que l'expérience acquise dans l'exploitation des mines métalliques en général, et d'un camp minier en particulier, peut aider à évaluer les possibilités d'autres districts. Il faut cependant se méfier des conclusions trop simplistes auxquelles on risque d'aboutir en poussant trop loin ce genre d'extrapolation.

Bien des régions du Canada sont, en général, assez propices à la découverte de nouveaux gîtes. Sont comprises, celles où des gîtes potentiels ont déjà été identifiées et celles dont la géologie est favorable, bien qu'on n'y ait encore découvert aucune venue. M. Roscoe (1966), a résumé ces possibilités dans un ouvrage publié récemment, dans lequel il traite des localités situées à l'est et à l'ouest d'Elliot Lake où la géologie, bien que différente de celle du bassin d'Elliot Lake, offre à peu près les mêmes conditions. Il y indique aussi les régions du pays où la géologie est favorable en principe à la formation de gisements d'uranium d'un type quelconque.

Il semble que la prospection scientifique, selon des méthodes adaptées à la région, soit la plus prometteuse. Si l'on excepte les cas isolés où le hasard a favorisé certaines découvertes, il ne semble pas nécessaire de retourner au mode de prospection artisanal, si répandu durant la ruée vers l'uranium. Cette remarque ne s'applique pas aux prospecteurs expérimentés qui, durant leurs loisirs, consacrent beaucoup de temps et d'efforts à l'étude et à la pratique de la prospection, comme d'autres se livrent à un passe-temps ou à un sport. Une des mines de Bancroft et plusieurs gîtes probables qui méritaient d'être explorés ont été découverts par des prospecteurs à temps partiel qui méritent notre admiration. On ne peut, par contre, attribuer aucune découverte importante aux centaines de vacanciers et d'autres novices qui semblent avoir été à tel point dupés par la publicité et les annonces que rien n'aurait pu les convaincre qu'il ne suffit pas, pour chercher de l'uranium, de se procurer un compteur Geiger et de trouver un endroit propice à la structure. Ceux qui se proposent d'entreprendre la prospection de l'uranium feraient bien de lire, au chapitre XII du présent ouvrage, les données relatives à l'utilisation des détecteurs de radioactivité sur le terrain. Ils doivent aussi comprendre

et observer les règlements en vigueur, exposés au chapitre XVII et résumés ci-après. Toute infraction à ces règlements peut gêner plus tard, l'obtention d'un permis d'exploitation ou d'exportation.

Les règlements exigent que le directeur de la Commission géologique du Canada soit informé, avec précision, des endroits où l'on a découvert une forte radioactivité, à partir d'échantillons ou d'analyses ayant révélé une teneur de 0,05 p. 100 ou davantage d'uranium ou de thorium. Cela ne signifie pas que la Commission sera en mesure d'examiner la venue en question. Cette précaution est nécessaire pour des raisons de sécurité.

Il est peu probable que les prospecteurs indépendants puissent, après avoir fait des essais concluants et avisé la Commission géologique, faire plus que tenter d'intéresser une société minière à leur découverte.

### Ouvrages à consulter

Beck, L. S.

*A preliminary report of uranium deposits in the Athabasca (Sask.)*, Sask. Dept. Min. Res., Rapp. n° 112, 1967.

Renferme des conseils en matière d'exploration avancée des gîtes de valeur probable de la région et une liste des gîtes potentiels les plus favorables, ainsi que des petites venues.

Chamberlain, J. A.

*On the uranium possibilities of the southern Interior Plains of Canada*, Comm. géol. du Canada, étude 59-16, 1960.

Résumé des données jusqu'à 1960.

Dyck, W.

« Uranium exploration using radon in soils », *Can. Mining J.*, août 1969, pp. 45 à 49.

Garbutt, G. C.

*Uranium in Canada*, Eldorado Mining and Refining Limited, 1964.

Exposé complet et abondamment illustré.

Gilcrist, W. M.

Rapports annuels, *Eldorado Mining and Refining Limited*, 1965 à 1967.

Ces rapports renferment des opinions expertes sur les perspectives du marché et des prix futurs.

Griffith, J. W. D.

*The uranium industry; its history, technology and prospects*, Dir. des ress. min., Min. Énergie, Mines et Ressources; Information Canada, publication M 38-5/12, 1968.

Hewitt, D. F.

*Uranium and thorium deposits of southern Ontario*, Ont. Dept. Mines Min. Res., circulaire n° 4, 1967.

Ce rapport résume les données recueillies à cette époque sur les gîtes de la région de Grenville (Ontario).

Lang, A. H. et coll.

*Canadian deposits of uranium and thorium*, Comm. géol. du Canada, Série de la géologie écon., n° 16, 1962.

Résumé assez complet, jusqu'à 1960, des données générales sur la géologie des gîtes et sur les techniques et possibilités de prospection, accompagné d'une courte description des régions productives et des mines et gîtes d'autres types géologiques. Contient aussi une liste des venues connues et une carte métallogénique de leur répartition.

Little, H. W.

« The Geological Survey of Canada U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> exploration program », *Can. Min. J.*, avril 1968, pp. 87 à 89.



Bref résumé des activités antérieures de cet organisme touchant les gîtes radioactifs, et des projets futurs.

Little, H. W. et Smith, A. Y.

*Techniques d'usage courant au Canada pour la prospection de l'uranium*, tiré à part de « Nuclear techniques and mineral resources », Agence internationale de l'Énergie atomique, Vienne, 1968, pp. 131 à 145.

Nininger, R. D.

*The outlook for uranium and atomic energy*, U.S. Atomic Energy Commission, communiqué IN-765, 1967.

Appréciation experte des perspectives par le directeur adjoint, division des matières premières, U. S. A. E. C.

Robertson, J. A.

« Recent geological investigation in the Elliot Lake-Blind River uranium area, Ontario », *Can. Mining J.*, vol. LXXXVIII, n° 4, avril 1967, pp. 120 à 126.

Résumé des données géologiques recueillies au cours des dernières années.

*Uranium and thorium deposits of northern Ontario*, Ont. Dept. Mines, Min. Res., circulaire n° 9, 1968.

Roscoe, S. M.

*Développement de l'énergie atomique et besoins futurs en uranium, tel qu'envisagés par la troisième conférence internationale des Nations Unies sur les utilisations pacifiques de l'énergie atomique, Genève, septembre 1964*, Comm. géol. du Canada, étude 65-33, 1965.

Analyse des renseignements présentés par divers pays sur leurs ressources et besoins futurs en éléments radioactifs.

*Unexplored uranium and thorium resources of Canada*, Comm. géol. du Canada, étude 66-12, 1966.

Application concise, mais complète et rationnelle, des connaissances actuelles des gisements radioactifs à la géologie des diverses parties du Canada.

*Huronian rocks and uraniumiferous conglomerates in the Canadian Shield*, Comm. géol. du Canada, étude 68-40, 1969.

Smith, A. Y. et Lynch, J. J.

*Uranium in soil, stream sediment and water*, Comm. géol. du Canada, étude 69-40, 1969.

Tremblay, L. P.

*Geology of the Beaverlodge mining area, Saskatchewan*, Comm. géol. du Canada, Mém. 367, 1968.

Williams, R. M.

*Uranium and thorium*, Div. des ress. min., Rev. ann.

Publications annuelles contenant des renseignements d'actualité sur la production, le développement, le marché, les prix et les perspectives.

*Canada's future in uranium supply*, Dir. des ress. min., MR98, 1969.

## VANADIUM

Le vanadium a d'importants usages, surtout dans la composition d'alliages d'acier, notamment de ceux destinés à la fabrication d'outils à coupe rapide. Le Canada ne produit du vanadium que depuis peu et l'on n'en connaît que quelques venues. On l'extrait à l'étranger de divers composés dont les principaux sont la patronite (minéral complexe contenant une forte proportion de sulfure de vanadium, la roscoélite (variété de mica vanadié), la carnotite (vanadate hydraté d'uranium et de potassium) et la vanadinite (vanadate de plomb). On obtient le vanadium principalement à partir des grès à

teneur de carnotite de l'âge mésozoïque, des plateaux du Colorado, aux États-Unis. La production au Canada a commencé en 1964 lorsque la société Canadian Petrofina Limited récupéra de l'oxyde de vanadium du pétrole brut du Venezuela.

Au cours des dernières années, on a trouvé du vanadium en quantités relativement faibles dans plusieurs gîtes d'uranium d'origine hydrothermale de la région de Beaverlodge (Saskatchewan), où il se présente dans un nouveau minéral de vanadate de fer appelé « nolanite ». On a signalé la présence d'un petit affleurement d'une couche mince de roche dure, noire, contenant du vanadium, entre deux coulées de lave du groupe Valdes, probablement triasique, à l'extrémité nord de l'île Quadra, au nord-est de l'île de Vancouver. Tous les minerais de magnétite et d'ilménite titanifères, particulièrement ceux qui sont dans l'anorthosite, contiennent du vanadium qu'on pourrait peut-être récupérer dans les scories s'il s'y trouvait en quantité suffisante. On ne peut écarter la possibilité de découvrir des couches à teneur de carnotite dans les plaines Intérieures, mais la couleur très jaune du minéral laisse supposer que les venues en auraient été détectées dans les millions de déblais de forage par les géologues spécialistes en pétrole.

## Ouvrages à consulter

Gunning, H. C. et Carlisle, D.

« Vanadium on the West Coast of British Columbia », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XLVII, 1944, pp. 415 à 423.

Description de quelques-unes des rares venues de vanadium connues au Canada.

Robinson, S. C.

*Mineralogy of uranium deposits, Goldfields, Saskatchewan*, Comm. géol. du Canada, bull. 31, 1955.

Rapport qui décrit les venues susmentionnées de nolanite.

Rose, E. R.

*Vanadium occurrences in Canada*, Comm. géol. du Canada, étude 66-57, 1967.

Wigle, G. P.

*Vanadium*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

## ZINC

Contrairement au plomb, le zinc est d'usage relativement récent. On s'en sert surtout pour galvaniser le fer et l'acier afin de les empêcher de rouiller et pour protéger de la corrosion les pièces exposées des automobiles. Le zinc est également très utilisé dans les alliages de laiton et autres, moulés sous pression. Le Canada est le plus gros producteur de zinc du monde. En 1967, ce métal se classait cinquième parmi les plus importants minéraux produits au Canada, comptant pour 7,2 p. 100 de la production totale de minéraux. La valeur de la production canadienne se chiffrait à plus de \$ 314 000 000 en 1967. Le gros de la production provenait de l'Ontario, du Québec, des Territoires du Nord-Ouest, du Nouveau-Brunswick et de la Colombie-Britannique, dans l'ordre.

## Historique

Presque tout le zinc canadien provient de gisements contenant aussi du cuivre, du plomb ou de l'argent, en quantités diverses. Dans certains de ces gîtes, le zinc est le métal principal et dans d'autres, il est secondaire. L'histoire de l'exploitation du zinc, au Canada, est intimement liée à celle des autres métaux mentionnés ci-dessus.

Le Canada a commencé de jouer un rôle important dans la production mondiale du zinc peu après 1920 avec l'ouverture de la mine Sullivan dans le sud de la Colombie-Britannique. Cet essor peut être relié à la mise au point de la méthode de flottation utilisée pour concentrer les minerais ; à la mise en place d'une installation d'enrichissement à l'usine d'affinerie de Trail (C.-B.) ; à l'affectation d'une partie de la fonderie à des travaux sur commande. Cela entraîna l'accroissement de la production dans les mines de plomb-zinc-argent de la province et d'autres mines qui n'appartenaient pas à la Cominco.

La mise en valeur de grandes mines de cuivre-zinc et de zinc-cuivre dans le Bouclier canadien stimula grandement la production du zinc. Cet essor débuta en 1927 dans la région de Noranda (Québec). Récemment, la production était augmentée par la mise en exploitation, de la mine du lac Duffault entre autres. La production massive commença en 1930 et 1931, près de la frontière Saskatchewan-Manitoba, à l'ouverture des mines de Hudson Bay et de Sherritt-Gordon. Elle connut un nouveau développement par la mise en exploitation de la mine Manitou, près de Val-d'Or (Québec) durant la seconde guerre mondiale et des mines de Manitowadge (Ontario), vers 1957. On se lança aussi dans la grande production aux mines de la région de Matagami (Québec) en 1963. La région des Appalaches était depuis 1928 une importante productrice de zinc par suite de l'ouverture de la mine Buchans (T.-N.). Vers 1957, on ajoutait celle de Bathurst (N.-B.).

La mine en exploitation des mines de zinc-plomb à Pine Point, au sud du Grand Lac des Esclaves en 1965 permettait de hausser le volume de la production au Canada et de modifier la répartition à cet égard. Nous parlerons assez longuement de l'exploitation de Pine Point parce qu'elle est typique de l'histoire de la prospection, de l'évolution des techniques, et des gisements mis en valeur dans un milieu jusque-là non productif.

Durant la ruée vers l'or du Klondike, certains chercheurs ont tenté d'atteindre le Yukon à partir d'Edmonton, en empruntant le Mackenzie, puis en se dirigeant vers l'ouest à travers les montagnes. Une de ces équipes apprit des Indiens de la région l'existence de minéraux près de Pine Point et les persuada de l'y conduire. On y jalonna des claims dès 1898. Le gisement cessa d'intéresser, le rapport d'analyses de la Commission géologique du Canada n'indiquant aucune trace de métal précieux. L'exploitation de métaux dans une région aussi éloignée ne pouvait être rentable à l'époque.

L'exploration commença par des fouilles en surface, suivies de forages préliminaires entrepris en 1921 par un syndicat et poursuivis ensuite par une société groupant alors les prédécesseurs de la société Cominco actuelle et

la Ventures Limited. Les travaux, interrompus durant la crise économique, reprirent en vertu d'une concession. En 1936, un représentant de la Commission géologique avait indiqué que les gîtes se trouvaient à peu près dans la projection de failles importantes illustrées sur la carte du Bouclier, à quelque 30 milles à l'est (planche XVII) ; les cartes aéromagnétiques publiées plus tard par la Commission permirent d'ailleurs de retracer ces failles. La région étant presque entièrement recouverte de morts-terrains, il fallut y prélever beaucoup d'échantillons par des sondages au diamant qui s'avèrent longs et coûteux. Le transport et le ravitaillement se faisaient par la voie des airs. L'exploration progressive de la propriété se fonda sur des théories géologiques et était surtout le fait de géologues de la compagnie. Des prospecteurs classiques ont participé aux premiers jalonnements et les relevés géologiques ont apporté une contribution importante. Nombre de dépôts isolés ont été signalés, dont l'agrégat pourrait, espérait-on, offrir la possibilité d'une exploitation commerciale. Mais ce sont les dépôts nettement plus importants qui ont été découverts plus tard qui constituent la base de l'exploitation en cours. Un chemin de fer, une ville, des installations hydro-électriques y ont été construits à quelque distance d'une mine à ciel ouvert. En 1964, on a commencé l'acheminement du minerai de fer vers la Colombie-Britannique pour fins d'évaluation ; et, en 1965, on acheminait les premiers chargements de minerai de haute teneur en fer. Vers la fin de la même année, on installait un concasseur d'une capacité de 5 000 tonnes.

Le succès de l'exploitation de Pine Point a donné lieu à d'intenses travaux de jalonnement et d'exploration dans les environs ; ces travaux, qui ont été en grande partie effectués par les méthodes géophysiques, ont déjà conduit à la découverte de la propriété Pyramid, rachetée par la société Pine Point Mines Limited, filiale de Cominco.

La découverte et la mise en valeur du gîte de Kidd Creek, à 20 milles environ au nord de Timmins (Ontario), a été un facteur important de l'augmentation des ressources de zinc du Canada. On connaissait l'existence de petits gîtes de métaux communs dans ce district et la géologie était généralement favorable. Toutefois, la région était recouverte de morts-terrains et ne pouvait être prospectée par les méthodes ordinaires, cette couverture rendant les études géologiques impossibles. On attribue la découverte aux levés géophysiques effectués vers 1964. Précisons, cependant, qu'on ne dispose encore d'aucun renseignement détaillé à ce sujet ni sur la géologie du gîte. Une fois terminés les travaux d'exploration, on commença l'exploitation d'une grande mine à ciel ouvert. La première de trois installations de concentration d'une capacité de 3 000 tonnes par jour fut mise en service à la fin de 1966 ; les deux autres, au début de 1967. Cette mine est maintenant l'une des plus importantes du Canada.

## Minéraux

La sphalérite (sulfure de zinc), est de loin le minéral primaire de zinc le plus commun. Elle s'oxyde facilement

pour former des minéraux secondaires comme la smithsonite, la calamine et l'hydrozincite, mais ces derniers ne forment pas de gisements importants au Canada. Leur couleur blanche aide cependant à attirer l'attention sur les gîtes de sphalérite.

### *Gîtes*

Presque tout le zinc produit au Canada provient de gîtes de couches homogènes dans lesquels le zinc est un coproduit du plomb, du cuivre ou des deux. On a extrait des quantités relativement faibles de zinc et d'autres métaux importants, de filons et d'autres types de gîtes transgressifs. En 1966, environ 40 p. 100 du zinc canadien provenaient des gîtes situés dans le Bouclier canadien, lesquels renfermaient aussi du cuivre et d'autres métaux, en quantités diverses. Ces gîtes se rencontrent surtout dans les régions de Timmins-Noranda-Matagami en Ontario et au Québec, dans le secteur de Manitouwadge (Ontario), et dans la région de Flin-Flon, au Manitoba et en Saskatchewan. La plupart sont des gîtes massifs de sulfure encaissés dans des couches volcaniques et sédimentaires altérées et concordantes. Plusieurs gîtes de couches homogènes situés à Bathurst (N.-B.) et ailleurs dans la région des Appalaches, contiennent du zinc, du plomb et du cuivre. Bien que le zinc prédomine dans certains des gisements du Bouclier, les seuls exemples cités plus loin sont étudiés dans la section sur le cuivre. Les gîtes de couches homogènes de l'Ouest canadien sont, pour la plupart, des gîtes du type plomb-zinc ou zinc-plomb. Les plus importants sont ceux de la mine Sullivan (décrits dans la section sur le plomb), et de Pine Point, dont nous donnons une brève description ci-après. Les filons, les gîtes de substitution et les autres gîtes transgressifs qu'on trouve dans diverses régions contiennent de la sphalérite, de la galène et souvent des minéraux d'argent.

*Gîtes de Pine Point.* Les gisements qui se trouvent près de Pine Point sont enfermés dans des couches horizontales de dolomite du dévonien moyen, grossièrement cristalline, poreuse et surtout corallienne. Ils appartiennent à la catégorie générale de la vallée du Mississippi; vu leur valeur économique, ils ont fait l'objet d'études approfondies, bien qu'on n'ait pu établir de façon nette s'ils ont été dissous et redéposés dans les sédiments carbonates où ils se trouvent ou s'ils ont été déposés par l'intrusion de roches ignées qui n'affleurent pas dans le voisinage. On ignore encore l'origine des gisements de Pine Point. Selon les indices recueillis jusqu'à maintenant, il s'agirait de substitutions et de remplissages non pas syngénétiques ni d'origine biologique apparentée au corail, mais provenant d'une source éloignée à l'intérieur du groupe de sédiments, ou introduits à partir d'une source encore plus lointaine. Certains des minéraux appartiennent à des catégories qui ne peuvent avoir été déposés que par des solutions plus chaudes que les eaux superficielles — ce réchauffement a toutefois pu être provoqué par la circulation descendante des eaux de fond. La présence de récifs aurait joué un

rôle important en créant un environnement favorable au dépôt de minéraux. Il se peut que les failles aient formé des gradins qui ont facilité la formation de récifs et canalisé les solutions génératrices de dépôts. Quelle que soit l'origine des gisements, il est utile de connaître les récifs et les failles pour explorer les gîtes connus et en chercher d'autres. Les réserves s'élevaient, en 1966, à 37,5 millions de tonnes d'une teneur moyenne de 6,8 p. 100 de zinc et de 2,9 p. 100 de plomb.

*Gîtes de Bathurst.* On connaît depuis plusieurs années l'existence de gîtes de magnétite dans la région de Bathurst (N.-B.); ces gîtes ont livré des quantités relativement faibles de fer entre 1910 et 1915. La prospection dans cette région a été retardée en raison de l'étendue des mort-terrains. Des sondages effectués en 1952 pour explorer certaines anomalies magnétiques ont révélé la présence de gisements de zinc-plomb-cuivre. Cette découverte a donné lieu à des explorations géologiques et géophysiques plus poussées et à des études géochimiques à certains endroits. Aujourd'hui, on y exploite cinq mines. On rattache la découverte de la Brunswick n° 6 à l'utilisation des méthodes géophysiques, même si l'on a eu recours aussi aux méthodes de prospection ordinaires, aux procédés géologiques et géophysiques. La Brunswick n° 12 serait une découverte essentiellement géophysique, fondée sur les levés géologiques. La Heath Steel est considérée comme une découverte entièrement géophysique. La découverte de la Nigadoo est attribuée en partie à la prospection ordinaire et en partie aux levés géophysiques, celle de la Wedge, qui renferme surtout du cuivre, est attribuée aux techniques géologiques.

Les gisements sont constitués de mélanges à grain fin de minéraux sulfurés contenus surtout dans des roches sédimentaires métamorphosées, dans des formations ferrifères et dans des schistes datant de l'ordovicien et du silurien. Ils sont interstratifiés de roches volcaniques et contiennent des masses gabbroïques et granitiques. La plupart des gîtes sont recouverts d'épais chapeaux de fer dans lesquels les dépôts supergènes ont été enrichis.

### *Perspectives d'avenir*

La production des mines de zinc au Canada s'est accrue de 24 p. 100, en 1965 et de 15 p. 100 en 1966. La mise en valeur récente des mines de Timmins, de Pine Point et d'ailleurs a permis d'accumuler de telles réserves que la prospection du zinc est devenue beaucoup moins urgente. On a même décelé des signes de surproduction en 1967 et en 1968. Ajoutons, cependant que le zinc a de nombreuses applications industrielles et que les recherches en cours devraient en élargir l'éventail. Aussi, la découverte de gîtes de bonne taille et assez riches pourrait être rentable à longue échéance. Les matières plastiques ont cependant supplanté le zinc dans certains cas. C'est pourquoi on peut supposer que la prospection du zinc sera à l'avenir alliée à la recherche de métaux non ferreux en général.

### Ouvrages à consulter

- Alcock, F. J.  
*Zinc and Lead Deposits of Canada*, Comm. géol. du Canada, Série de la géol. écon., n° 8, 1930.
- Baragar, W. R. A.  
« Geology of the lead-zinc Deposits at Pine Point », *Western Miner*, vol. XXXIX, n° 7, juillet 1966, pp. 52 à 54.
- Billings, G. K. et coll.  
*Relation of zinc-rich formation waters, northern Alberta; to the Pine Point ore deposit*, Série de la géol. écon., vol. LXIV, 1969, pp. 385 à 391.
- Campbell, N.  
« The lead-zinc deposits of Pine Point », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. LXIX, 1966, pp. 288 à 295.
- Cumming, L. M.  
« St. George Table Head disconformity and zinc mineralization, western Newfoundland », *Bull. Can. Inst. Mining Met.*, juin 1968, pp. 721 à 725.
- Fraser, D. B.  
*Zinc*, Dir. des ress. min., Rev. ann.

### ZIRCONIUM

Ce métal est très résistant à la chaleur et à la corrosion. On l'emploie dans certaines pièces des réacteurs nucléaires et dans d'autres cas spéciaux. La découverte de gîtes de valeur marchande au Canada serait donc in-

téressante même si les marchés mondiaux n'en manquent pas. Il pourrait être exploité à titre de coproduit ou de sous-produit.

Le principal minerai de zirconium est le zircon (silicate de zirconium). Le zircon constitue un minéral accessoire dans diverses roches granitiques ou pegmatitiques où il est disséminé en petites quantités. On n'en a pas encore signalé la présence au Canada en amas d'une certaine importance et seuls quelques pays en produisent. On le trouve en Australie et aux États-Unis, dans des placers côtiers contenant aussi de l'ilménite, du rutile et de la monazite. Les gîtes côtiers et fluviaux sont donc les plus prometteurs. Certains spécimens de zircon sont fluorescents et cette propriété pourrait aider le prospecteur à découvrir et à évaluer les venues.

Au Brésil, on extrait du zirconium de la baddeleyite (oxyde de zirconium), qu'on y rencontre dans des galets de syénite néphélinique.

De nombreuses venues ont été repérées dont on peut extraire des spécimens. Des analyses ont d'ailleurs porté sur des échantillons sélectionnés de zircon, dont les résultats semblent fort intéressants. Ceux qu'attirerait la prospection de ce minerai devraient rechercher des gîtes exceptionnels. Au début de 1968, les concentrés de zircon contenant 65 p. 100 d'oxyde de zirconium se vendaient \$ 70 la tonne aux États-Unis.

## Exploitation des placers et des filons

### PLACERS

Comme dans la plupart des pays, la première exploitation minière importante au Canada a été celle des placers aurifères qui atteignit son apogée vers la fin du siècle dernier. Depuis lors, on n'a découvert aucun nouveau district minier riche en placers, bien qu'on ait, de temps à autre, découvert d'autres gîtes productifs dans des régions de placers déjà connues de la Cordillère. On y trouvera probablement d'autres gisements exploitables ; quelques-uns des gîtes déjà connus, qui n'avaient pu être exploités auparavant, le seront peut-être plus tard. De plus, on peut croire qu'existent de nouveaux territoires contenant des gîtes alluvionnaires rentables, d'or ou d'autres minéraux, bien que les recherches généralisées, effectuées pendant les grandes périodes d'exploitation des placers, aient évidemment réduit les chances de telles découvertes. Par conséquent, quoique prospecteurs et exploitants d'aujourd'hui s'intéressent surtout aux gîtes filoniens, quelques prospecteurs persistent à rechercher des placers. Tous les prospecteurs devraient se familiariser avec les règles fondamentales de l'exploitation des placers et, là où la terrain est favorable, ils devraient toujours songer à la possibilité de découvertes appréciables.

La très vaste question des gisements de placers (ou alluvionnaires) fait le sujet de nombreux ouvrages à la disposition de ceux qui désirent la connaître à fond. Les pages qui suivent en traitent plus exhaustivement qu'il n'était possible de le faire dans le chapitre général sur les gîtes minéraux (chapitre IV). On y trouvera un bref historique des principales régions de placers au Canada, des détails sur leur répartition, ainsi que de courtes descriptions des méthodes de prospection, d'essais et d'exploitation, notamment de celles qu'utilisent les particuliers et les petites exploitations. Les sociétés intéressées à l'exploitation de nouveaux placers feraient bien de consulter des ingénieurs et des géologues spécialisés dans les placers et versés dans les diverses étapes du travail. Les pages qui suivent traitent surtout des placers aurifères, mais l'exposé s'applique également à toute concentration d'autres minéraux lourds qu'on pourrait découvrir en quantités exploitables.

### Origine et types des placers

Les placers sont des dépôts de sable, de gravier ou autres alluvions contenant des particules d'or ou d'autres minéraux lourds recherchés. L'or a été et demeure le minéral de placer le plus important au Canada. On a trouvé du platine avec l'or dans les placers du district de Tulameen et en quelques autres endroits de la Colombie-Britannique et du Yukon mais, en général, en quantités non exploitables. Presque tout ce platine a été extrait aux premiers temps de l'industrie minière, à une époque où le prix de ce métal était bas.

En général, il faut trois conditions pour que des placers soient exploitables : 1) présence dans le voisinage d'un minéral de valeur, 2) dégagement de ce minéral de la roche mère par altération, et 3) concentration par l'action des cours d'eau ou des vagues. Il arrive, mais rarement, que des gîtes minéraux se désagrègent sur place et forment des placers dits, de ce fait, « résiduels ». La plupart des placers riches résultent de la concentration de minéraux issus d'énormes quantités de roches dans des régions qui furent d'abord soulevées, puis sillonnées par des cours d'eau et érodées au point de réduire de milliers de pieds le niveau du sol et de créer des étendues à faible relief. Comme les placers aurifères sont les seuls gîtes très importants de ce genre au Canada, c'est d'eux que nous traitons dans les lignes qui suivent.

La présence de placers dans une région dénote parfois, mais pas toujours, l'existence de gîtes filoniens exploitables. Par exemple, on a pu exploiter avec succès à la fois des gîtes alluvionnaires et des gîtes filoniens dans le district de Cariboo (Colombie-Britannique). D'autre part, l'or dans certaines régions de placers a pu exister dans les parties oxydées supérieures de gîtes de minerais sulfurés ou dans des filons partiellement ou entièrement rongés par l'érosion, de sorte qu'il n'en reste pas ou qu'il en reste si peu qu'il n'y a pas lieu d'en entreprendre l'exploitation. Par exemple, on n'a découvert aucun gîte d'or filonien au Klondike, où l'or alluvionnaire a été extrait de filons de quartz aurifère ; les restes de ce qu'on a pu découvrir jusqu'ici ne sont plus exploitables. Les grandes quantités de gravier quartzifère provenant de l'érosion de roches tendres traversées de filons épars, montrent que des milles cubes de roche en place ont été transportés hors de la région. Il se peut qu'une partie de l'or des placers résiduels vienne de dépôts de sels en solution, mais les pépites trouvées dans les graviers des cours d'eau ne semblent pas s'être formées de cette façon-là. La plupart des pépites sont fortement usées par l'eau et les cristaux d'or et les fragments à angles vifs qu'on trouve ici et là dans certains placers ont sans doute été protégés par enfouissement ou n'ont été libérés de leur gangue que peu de temps avant leur découverte.

La répartition de l'or dans les placers est irrégulière. Dans un terrain riche en argile ou en quelque autre matière fine, les grains d'or, gros, fins ou moyens, sont parfois éparpillés dans les 10 ou 15 pieds inférieurs des bancs de gravier. Cet or se ramasse le plus souvent sur la roche en

place ou tout près. On rencontre des accumulations d'or à différents niveaux au sein d'un dépôt de gravier. Il s'agit alors d'une fausse roche de fond en argile ou en quelque autre roche imperméable. On en rencontre parfois, mais pas toujours, au fond du lit d'un cours d'eau. Une bande ou un filon de gravier aurifère peut s'étendre sur toute la largeur du fond d'un cours d'eau dans les vallées étroites en V. Dans les vallées larges à fond aplati, cette bande ou ce filon est en général plus étroit que le fond de la vallée et suit un tracé très différent de celui du cours d'eau actuel. La plupart des filons de placers des vallées larges ont été formés à l'origine, dans des vallées étroites dont le profil en long est assez prononcé. Les alluvions ont enseveli ces filons à mesure que les pentes s'adouciaient et que la vallée s'élargissait en méandres. La plupart des cours d'eau à pente faible se déplacent latéralement et leurs boucles tendent à se déplacer vers l'aval, de sorte que le cours d'eau remanie plusieurs fois les matériaux du fond de la vallée. Ce processus peut déplacer un filon de placers. Mais le filon restera en place quand les matériaux déposés sont grossiers ou qu'ils se cimentent ou durcissent après le déplacement du cours d'eau. Les filons de placers ne sont pas continus et peuvent se diviser ou s'interrompre brusquement, car l'or s'amasse surtout dans des endroits comme l'intérieur des boucles, où les matériaux sont tour à tour déposés et érodés et où la roche de fond tend à retenir l'or. En certains lieux, un mouvement de sur-recton ou une autre cause géologique amène le cours d'eau à recréuser la vallée. L'ancien filon, selon sa position, descend alors en même temps que la vallée s'approfondit ou, restant en place, devient une terrasse aurifère ou un placer d'ancien lit. Il peut donc y avoir du terrain stérile au fond de la vallée actuelle d'un cours d'eau, dans les bandes bordées par une ou plusieurs terrasses de roche, comme il peut y avoir des terrains exceptionnellement riches là où le cours d'eau s'est creusé un nouveau lit sous l'ancien.

Les marmites et autres creux dans la roche de fond du lit d'un cours d'eau contiennent rarement de l'or. Ces dépressions creusées par l'érosion ne retiennent pas l'or moulu fin par l'action du sable et du gravier. Les parties submergées des deltas ne contiennent pas d'or en quantité rentable. On en trouve occasionnellement un peu dans les cônes de déjection qui forment parfois la partie supérieure des deltas ; mais il s'agit alors d'un or si fin qu'il ne peut guère s'entasser en filons, à cause des déplacements fréquents des bras du cours d'eau.

L'or flottant est en grains ou en paillettes si ténues que l'eau boueuse peut le charrier. La densité des particules, selon leur taille, peut varier entre quelques-unes et plusieurs milliers au cent. Dans des régions où les cours d'eau entraînent l'or fin par l'érosion de leurs rives ou de leurs lits, on rencontre de temps à autre des filons de placers dans les bancs de sable. Ces filons ne dépassent pas, en général, deux pieds d'épaisseur et reposent en surface ou tout près, entre le niveau d'étiage et celui des hautes eaux,

en des endroits (comme par exemple du côté amont des bancs), où les conditions favorisent une alternance de dépôt et d'érosion des matériaux charriés par le cours d'eau. Ces matériaux prennent parfois la forme de lits de gravier aurifère accrochés à divers niveaux au-dessus des cours d'eau. À mesure qu'alternent le travail de dépôt et celui d'érosion, les bancs des rivières se déplacent vers l'aval ; les anciens placers sont détruits et remplacés par des nouveaux, mais à un rythme très lent. Les riches gisements d'or en paillettes fines, exploités au début de la colonisation, le long du Fraser et sur d'autres cours d'eau du Canada, étaient en voie de formation depuis la période post-glaciaire. Les gîtes alluvionnaires des rivières Saskatchewan et Athabasca, en Alberta, de même que la plupart de ceux qui s'échelonnent le long du Fraser, de la Stikine et du Columbia en Colombie-Britannique, sont de ce type. Les bancs les plus riches ont, dans bien des cas, été exploités à plusieurs reprises, quoique la première exploitation, naturellement, demeure la plus payante. Il n'y a que très peu d'or sous le niveau d'étiage dans les vallées de cours d'eau à gîtes d'or en paillettes sans or gros ou moyen. En outre les filons de paillettes fines y sont minces et discontinus. Nombre de tentatives visant une exploitation d'envergure des placers, par dragage ou autres méthodes sur de tels cours d'eau (le Fraser par exemple), ont échoué parce qu'on n'avait pas compris la nature du filon ou mal identifié le terrain.

Les placers de plaines gravelées se forment dans de larges vallées ou plaines alluviales où le gravier a été remanié à plusieurs reprises par des cours d'eau en méandres ou par des cours d'eau à pente assez prononcée qui tendent à déplacer leurs lits. L'or provient de l'érosion des berges et des terres, dans le bassin supérieur des cours d'eau ; le plus souvent, il est modérément fin et réparti assez uniformément dans tout le gravier. Ces placers prennent toute leur ampleur dans des régions non érodées par les glaciers ; cependant, on en voit de petits dans des régions soumises à la glaciation, par exemple ici et là dans le district de Caribou (Colombie-Britannique). Règle générale, le dragage est la seule méthode d'exploitation rentable.

Le gravier glaciaire contient parfois de l'or, mais son exploitation ne devient payante que si l'action d'un cours d'eau l'a re-concentré ou s'il provient en partie de l'érosion de placers préexistants. L'érosion glaciaire disloque ces placers plus souvent qu'elle ne forme de concentrations de minéraux lourds. Moraines, collines de gravier, eskers et plaines alluviales proglaciaires ne renferment pas d'or en quantités exploitables. L'argile à blocs renferme parfois, çà et là, des pépites d'or et des amas isolés de gravier aurifère. Il n'y a pas d'or dans les limons ni dans les argiles glaciaires stratifiés. On peut trouver, dans des régions érodées par les glaciers, des filons de placers glaciaires formés de façon normale lorsque des cours d'eau ont exercé leur action érosive pendant très longtemps entre deux périodes d'avance des glaces, dans un endroit où la conformation du sol les a protégées de

l'érosion des glaciations ultérieures. Une grande partie de l'or logé dans les graviers glaciaires est de grosseur moyenne et à peu près uniforme, comme si de puissants cours d'eau l'avaient classé par grosseur. Les placers formés par remaniement du gravier glaciaire, sis dans les vieilles régions d'exploitation de placers de la Colombie-Britannique et du Québec (région de Beauceville), ont été exploités surtout par abattage hydraulique ; toute autre méthode ne convient guère à ce type d'exploitation.

Les placers enfouis sont des filons recouverts de dépôts plus récents : dépôts glaciaires, lave, tuf ou alluvions stériles. Les graviers aurifères, enfouis sous des couches minces ou épaisses de dépôts glaciaires, sont parfois cachés au fond des vallées, sur des bancs rocheux à flanc de vallée et au cœur d'anciens lits de cours d'eau bordant des vallées en V qui n'ont pas été fortement érodées par les glaciers. Les vallées arrondies en U ont subi si fortement l'érosion glaciaire qu'elles ne contiennent vraisemblablement pas de placers enfouis. Il se peut que les graviers glaciaires du fond de ces vallées contiennent un peu d'or, mais il est si dispersé que son extraction rapporterait peu. La plupart des riches placers exploités au début de la colonisation, en Colombie-Britannique, étaient enfouis sous des dépôts glaciaires et on les exploitait surtout par galeries. On a rarement découvert au pays des placers enfouis sous la lave, sauf par exemple à Ruby Creek (district d'Atlin) ; rien n'empêche quand même de penser qu'il en existe peut-être d'autres en Colombie-Britannique et au Yukon. L'élévation du niveau de base de l'érosion ou la surcharge des cours d'eau peuvent provoquer le dépôt d'alluvions stériles sur de riches graviers aurifères au fond d'une vallée. Dans les régions arctiques et subarctiques, comme au Klondike, le sol est gelé en permanence et d'épais dépôts marécageux recouvrent d'ordinaire le gravier. Cette couche se compose d'un mélange de matière organique légèrement décomposée, de sable fin, de limon et d'argile, ces éléments se présentant parfois en lits distincts. Elle provient en partie de la croissance des végétaux en place et du glissement du sol, et en partie des dépôts apportés par les cours d'eau en période de crue. Elle contient, par endroits, beaucoup de glace dans le sol ou *pergélisol*. Comme ce dépôt marécageux est un bon isolant thermique, il empêche le sol de dégeler pendant l'été. Lorsqu'on l'enlève par abattage hydraulique ou par une autre méthode, le sol dégèle naturellement jusqu'à 10 ou 30 pieds de profondeur mais cela prend trois ou quatre ans.

On doit les placers de plage à l'érosion marine et à la concentration des matériaux contenus dans les falaises. Les placers de plage riches n'existent généralement que là où placers de cours d'eau et placers résiduels sont érodés par les vagues. On ne connaît aucun placer aurifère de plage important le long des côtes du Canada, et il n'y en a probablement pas, sauf en de très rares endroits, car les dépôts glaciaires forment une bonne partie des matériaux érodés par les vagues. On a découvert par endroits, le long du littoral du Pacifique et sur la rive nord du golfe Saint-Laurent, du sable de plage contenant de la magnétite.

Les placers des régions du Canada érodées par les glaciers diffèrent en plusieurs points de ceux des régions non érodées du Yukon, et cela influe sur les possibilités d'exploitation. La présence de gros blocs erratiques dans certains placers des régions érodées par les glaciers ne permet pas d'exploiter ces placers autrement qu'à l'aide d'un équipement mécanique très lourd. La roche de fond des régions glaciaires est en général dure et non altérée, de sorte qu'il est parfois plus difficile d'extraire tout l'or par dragage, bien que les dragues modernes utilisées au Klondike réussissent à surmonter cette difficulté lorsque les joints sillonnent la roche. Il n'y a ni gros blocs erratiques, ni apports glaciaires de couverture dans les placers des régions du Yukon qui ont échappé aux glaciations. Il s'y trouve cependant d'épais revêtements marécageux au-dessus des placers et leur exploitation exige qu'on dégèle le sol.

Les régions du pays les plus favorables à la prospection des placers sont probablement les parties du Yukon et du nord de la Colombie-Britannique qui n'ont pas été explorées à fond, non érodées par les glaciers, à roches ignées ou métamorphiques minéralisées. Dans les régions érodées par les glaciers, il convient de rechercher les vallées étroites, en V, de préférence celles qui sont bordées de terrasses rocheuses, et de ne pas tenir compte des vallées arrondies, fortement érodées. Les vallées sur lesquelles la glace n'a eu que peu d'effets ont en général une orientation transversale à la direction générale de la marche des glaciers et ne partent pas de cirques glaciaires.

Gorbunov, après une étude des placers de l'est de la Sibérie conclut que l'or s'est déplacé surtout verticalement à la suite d'une érosion prolongée des filons, et que l'on peut calculer les distances horizontales entre les régions à forte concentration et le filon ou le point d'origine du placer. Ces méthodes s'appliqueraient à la prospection de l'or ou d'autres minéraux alluviaux dans le milieu canadien, pourvu que l'on tienne compte de la glaciation, du pergélisol et des pentes des vallées. Une prospection de ce genre servirait à rechercher les filons pères des placers connus ainsi que des placers exploitables aux environs des filons connus.

#### Notes historiques

L'exploitation des placers se fait en général dès les premiers temps de la mise en valeur d'un pays, alors que les placers se repèrent encore facilement. Il suffit d'un peu d'expérience pour savoir comment les trouver, en fouillant les lits et les rives des cours d'eau ; avec quelques outils très simples et des installations rudimentaires, on peut exploiter les plus riches et les moins profondément enfouis. La légende grecque de Jason et de la Toison d'or, par exemple, origine de l'utilisation ancienne des peaux de mouton comme tamis d'or.

C'est dans le bassin de la rivière Chaudière, au sud-est de Québec, qu'eut lieu, en 1823, la première découverte importante de placers au Canada ; mais l'exploitation véritable ne débuta qu'en 1875. Entre 1875 et 1885, alors qu'il y avait environ 500 mineurs au travail,

la valeur de la production d'or fut d'environ 2 millions de dollars ; après 1885, le rendement diminua. Rien n'interdit de croire qu'il peut exister encore des gîtes aurifères enfouis dans cette région ou dans des régions analogues, mais on n'a pas grand-chance de les découvrir ni de les exploiter, étant donné l'épaisseur des terrains de couverture, le nombre de quartiers de roche et la pente des cours d'eau — si faible qu'elle interdit presque le lavage au sluice des graviers aurifères. Les placers exploités dans cette partie du Québec sont les seuls qui aient compté dans l'Est, quoiqu'on ait découvert ailleurs quelques venues d'or à faible teneur. L'épaisse calotte de glace qui a recouvert le plus grande partie du pays semble avoir eu pour effet de détruire la plupart des placers riches qui auraient pu exister à l'époque tertiaire. Il ne faut quand même pas conclure de là qu'il n'existe aucun placer exploitable dans l'Est. Mais, il semble que seuls certains sables et graviers pourront, un jour, faire l'objet d'une exploitation ; on est en droit d'espérer en extraire des minéraux résiduels de valeur, autres que l'or, pourvu que la demande et des méthodes d'exploitation économiques assurent la rentabilité de l'affaire.

Les grands placers aurifères du Canada se trouvaient dans la région de la Cordillère. Ils furent découverts à mesure que les prospecteurs montaient vers le nord après les riches découvertes d'or alluvionnaire, en Californie, à partir de 1849. On avait déjà trouvé un peu d'or alluvionnaire dans ce qui est aujourd'hui la Colombie-Britannique, la première découverte significative ayant eu lieu en 1857 à Nicoamen sur la rivière Thompson, affluent du Fraser. La grande nouvelle attira de partout de nombreux mineurs qui découvrirent des placers, les uns après les autres, le long du Fraser et de ces affluents. En 1860, les premiers avaient atteint la région de Cariboo. Ils y découvrirent des placers bien plus riches, d'où cette ruée qui amena chez nous des mineurs et des aventuriers de nombreux pays. On estime que ces placers ont produit de l'or pour une valeur supérieure à \$ 50 millions ; après avoir atteint son maximum entre 1860 et 1863, la valeur de cette production baissa graduellement bien qu'il y ait toujours un peu d'exploitation de placers dans cette région.

De Cariboo, les prospecteurs poussèrent leurs recherches vers le Nord et découvrirent de gros placers dans les régions d'Omineca, de Cassiar et d'Atlin, où l'on en exploite encore quelques-unes. De là, ils pénétrèrent au Yukon où la découverte d'or le long du ruisseau Bonanza, affluent de la rivière Klondike, amorça en 1896 la plus grande de toutes les ruées vers l'or. La production d'or du Klondike atteignit son maximum en 1900, année où elle s'élève à une somme estimée à \$ 22 millions. Jusqu'à maintenant, le Klondike a produit, selon les estimations, plus de \$ 200 millions de dollars d'or. On a également découvert au Yukon plusieurs autres champs d'or alluvionnaire moins importants, en dehors de la zone du Klondike. Comme dans la région de Cariboo et ailleurs, l'exploitation était l'affaire d'individus et de petites sociétés qui extrayaient l'or le long des rives des cours d'eau ou qui creusaient, dans les graviers auri-

fères des anciens lits des cours d'eau, des puits et des galeries boisées. Le Klondike étant l'une des rares régions du Canada qui n'aient pas subi l'action des glaciers, il présentait des conditions favorables à la découverte de placers riches. Signalons que la partie du Yukon non érodée par les glaciers a, en dépit de son étendue relativement restreinte, produit près de trois fois plus d'or alluvionnaire que le reste du Canada, qui fut lui recouvert par les glaces.

Les premiers mineurs devaient allumer des feux pour dégeler les graviers du Klondike, situés dans le pergélisol ; ils y trouvaient avantage, car ils pouvaient ainsi foncer des puits jusqu'à la roche de fond sans avoir d'eau à pomper. Ce gel permanent favorise encore aujourd'hui le forage Keystone. Plus tard, l'exploitation minière passa aux mains de grosses sociétés qui se servaient de dragues ou recouraient à des méthodes d'abattage hydraulique ; de plus, elles utilisaient un outillage considérable pour dégeler le sol. Il subsiste toutefois quelques petites exploitations de placers.

Les seules autres régions de l'Ouest où l'on a effectué certains travaux d'exploitation de placers sont celles des rivières de la Paix et Saskatchewan-Nord, en Colombie-Britannique et en Alberta. On en a extrait et on en extrait encore d'assez faibles quantités à grain fin. L'or qu'on trouve dans la rivière de la Paix y a peut-être été charrié par des affluents situés à l'intérieur de la Colombie-Britannique, où l'on connaît l'existence de filons. Peut-être provient-il de graviers glaciaires qui contenaient des parcelles d'or libérées par l'altération de gîtes situées dans le Bouclier canadien. L'or roulé par la Saskatchewan-Nord est apparemment le produit de l'érosion de roches sédimentaires qui en renferment de faibles quantités.

Après l'apogée du Klondike, la production des placers diminua. La crise de 1930 accentua la demande d'or, fit remonter son prix et ainsi donna un nouvel essor à l'exploitation des placers dans l'Ouest canadien. Les sans-travail pouvaient gagner un dollar ou deux par jour comme orpailleurs, travaillant le long de nombreux cours d'eau dont les graviers ne méritaient pas l'exploitation commerciale. Cette période prit fin avec le début de la deuxième grande guerre et, depuis lors, on s'est graduellement désintéressé de ces placers, car la plupart des gîtes alluvionnaires exploitables, à haute teneur, sont épuisés ; quant aux gîtes à faible teneur, il sont de moins en moins attrayants à cause de la hausse des frais d'exploitation. Cependant, les machines perfectionnées dont on dispose depuis 1950 environ, permettent de manutentionner un plus fort volume de graviers aurifères avec un personnel réduit, ce qui abaisse les frais d'exploitation. D'où la notable reprise d'activité qu'on a observée dans quelques camps miniers du nord de la Colombie-Britannique et au Yukon. En 1966, les grands travaux de dragage cessèrent dans le Yukon. Cette année-là au Yukon, il y avait environ 22 exploitations plus petites que les grandes exploitations de dragage et 40 en Colombie-Britannique.



La forte production d'or extrait des placers de la région de la Cordillère a eu des effets indirects plus importants encore. Avant la découverte d'or dans le territoire qui allait devenir la Colombie-Britannique, la région était le fief de quelques traitants de fourrures. Les découvertes d'or ont attiré sur ce territoire l'attention du monde entier et ont fait accourir un grand nombre de gens. Une bonne partie de ces chercheurs d'or alluvionnaire se mirent bientôt à rechercher de l'or filonien, devinrent agriculteurs ou se lancèrent dans des affaires de divers genres. On construisit des routes et des voies ferrées et l'on fonda des villes et des villages. L'histoire des ruées vers l'or constitue l'épopée de l'Ouest du Canada.

Au cours des deux guerres mondiales, les seuls autres métaux, à part l'or, qu'on ait extraits en quantités appréciables des placers canadiens furent 10 000 onces environ de platine qui accompagnait l'or dans les placers de la rivière Tulameen (au sud de la Colombie-Britannique), ainsi que du tungstène provenant du ruisseau Canadian et du ravin aurifère Dublin. On dit que de grosses quantités d'étain auraient été rejetées lors des premières exploitations minières du Klondike. On récupère des blocs de jade comme sous-produits dans quelques exploitations de placers aurifères. On devrait désormais porter une attention particulière aux possibilités de récupération de minéraux comme sous-produits de toutes les exploitations de placers de quelque importance.

#### Méthodes de prospection des placers

Au Canada, les placers, surtout les placers aurifères, se trouvent dans la zone intérieure qui traverse la partie médiane de la Colombie-Britannique, flanquée à l'est par les montagnes Rocheuses et à l'Ouest par la chaîne Côtière, zone qui se continue dans la partie médiane du Yukon et ensuite en Alaska. Cette vaste région, constituée de plateaux et de montagnes assez anciennes, contient de nombreux filons dont l'altération a fourni de l'or et d'autres minéraux qui se sont accumulés en placers. La configuration du sol favorisait l'accumulation des placers et, dans une large mesure, permettait de contrer les effets des glaciers. Certains placers de l'époque tertiaire, anciens lits de cours d'eau recouverts de débris glaciaires ou de laves, se sont vus préservés ; d'autres furent emportés par l'érosion glaciaire et leur or fut incorporé dans le drift glaciaire pour être ensuite remanié et accumulé à nouveau par les cours d'eau de l'époque interglaciaire ou de l'époque moderne. Ces parties de la Colombie-Britannique et du Yukon sont par conséquent les endroits les plus favorables à la prospection des placers, mais il faut souligner qu'ils ont déjà fait l'objet d'une prospection intense.

La prospection des placers se fait d'ordinaire en remontant les cours d'eau et les rivières, en lavant à la batée le sable et le gravier des bancs et autres accumulations observées dans le lit des cours d'eau et le long des rives, particulièrement le gravier inférieur, près de la roche en



C. E. Cairnes 74059

Planche LXXVIII Exploitation rudimentaire de placer d'autrefois, en Colombie-Britannique. On notera les grosses pierres déplacées et entassées à la main pour permettre d'atteindre l'or. L'extraction de l'or devait se faire dans un crible laveur ou un sluice.

place. On a déjà examiné ainsi la plupart des ruisseaux, mais il se peut qu'on découvre des endroits oubliés ou mal explorés, qui mériteraient une exploitation par voie hydraulique ou par dragage ; ou encore peut-être existe-t-il des placers délaissés jadis parce qu'ils étaient trop pauvres et non rentables, mais que les machines modernes, bulldozers, appareils d'extraction de galets, pompes électriques *et cetera*, permettent aujourd'hui d'exploiter. Même si le lavage à la batée ne permet de découvrir que quelques paillettes d'or, cette découverte en amène parfois d'autres, de sorte que le prospecteur doit continuer à laver à la batée et, s'il n'obtient plus de résultats, il doit revenir sur ses pas et se diriger vers un autre affluent ou un autre banc dans l'espoir de découvrir un gisement exploitable. Lorsqu'il prospecte un cours d'eau à galets moussus, il doit racler la mousse et la laver à la batée, car il arrive qu'elle contienne des particules de minéraux lourds.

En formulant des hypothèses sur les anciens emplacements du lit d'un cours d'eau, ou après une étude de la topographie à partir de la carte ou d'une photographie aérienne, on peut supposer qu'il existe des placers enfouis ; mais là où le terrain de couverture est épais, un prospecteur ordinaire peut difficilement le vérifier. Des sociétés peuvent le faire au moyen de sondages aux endroits désignés par des indices géologiques, géophysiques ou géochimiques. Il faut agir avec prudence lorsqu'il s'agit de placers enfouis, car leur exploration coûte très cher. Dans les régions où il y avait autrefois des placers, la rumeur parle fréquemment d'anciens lits de rivières et l'on tente souvent d'inciter des gens à investir des capitaux dans de tels projets. On obtient parfois de bons résultats mais il faut, avant de se lancer dans toute entreprise de ce genre, se bien renseigner

auprès d'un spécialiste des placers ou d'un géologue digne de confiance. Les tentatives visant à localiser ou à découvrir des placers au magnétomètre, comptant sur l'association fréquente de l'or et de la magnétite, n'ont pas, en général, été couronnées de succès parce qu'il existe souvent de la magnétite avec peu d'or ou sans or du tout.

L'antique batée reste un instrument indispensable pour la prospection des placers, pour l'évaluation d'un gîte et parfois pour récupérer les dernières particules d'or contenues dans un placer. Comme presque toutes les méthodes d'extraction de minéraux de valeur dans les placers, le lavage à la batée part du principe que la densité des matériaux à extraire dépasse celle du sable et d'autres matières stériles qu'il s'agit d'éliminer. Bien des gens s'imaginent que le lavage à la batée est l'unique méthode d'exploitation des placers ; sauf dans le cas de placers exceptionnellement riches, c'est une méthode vraiment trop lente. La batée sert également à la recherche de gîtes filoniens et à l'essai d'échantillons broyés. Presque tous les prospecteurs auraient intérêt à apprendre l'art du lavage à la batée, qui ne demande qu'un peu de pratique.

Les batées pour la prospection de l'or empruntent plusieurs dimensions ; les plus communes ont 16 pouces de diamètre d'ouverture et 2½ pouces de profondeur et leurs bords s'inclinent de 40 degrés environ. La plupart sont en tôle et si elles sont trop bien polies ou si elles deviennent graisseuses, elles ne retiennent pas l'or à grain fin ; les batées neuves peuvent avoir été graissées pour prévenir la rouille.

On remplit la batée de sable ou de gravier, puis on la plonge dans un courant d'eau lent, un lac ou un étang ou même dans une cuve d'eau et on agite le gravier à la main. L'eau entraîne ainsi toute la terre, après quoi on enlève à la main les pierres plus grosses. La batée est ainsi successivement secouée puis tournée sous l'eau, puis ramenée à la surface à un angle tel que les matériaux superficiels débordent et suivent le courant. On répète la même opération jusqu'à ce que les particules les plus lourdes, s'il y en a, demeurent au fond. Ce sont le plus souvent des grains de magnétite, de pyrite, d'hématite et autres minéraux lourds ainsi que tout l'or qu'il pourrait y avoir. Si l'on ajoute un peu d'eau et si l'on fait tourner la batée d'une main exercée, l'or, parce qu'il est plus lourd, se sépare des autres minéraux lourds et se présente comme une trainée. L'or se présente parfois sous forme de pépites ou de particules de la taille d'un grain de blé, mais plus généralement sous forme de petites paillettes ou de petits granules appelés « couleurs », mais elles sont si minuscules qu'elles n'ont que peu de valeur. Pour récupérer l'or qui se trouve dans la batée, on sèche le tout, on retire la magnétite à l'aide d'un aimant et on élimine les autres particules de corps étranger en soufflant dessus ou en les enlevant à la main, à moins qu'on ne les laisse dans la batée. Pour récupérer l'or très fin, il faut parfois utiliser une batée de cuivre et y verser un peu de mercure pour former un amalgame, que l'on chauffe dans une cornue

afin d'éliminer et de condenser le mercure que l'on récupère plus tard. Il faut prendre garde de ne pas respirer les vapeurs toxiques du mercure.

L'art du lavage à la batée ne s'apprend dans les livres, pas plus que la peinture ou la sculpture. Il nécessite un mentor d'expérience et une longue pratique, le long des rives d'un cours d'eau ou d'un lac ou même dans une cuve d'eau. Le gravier d'exercice ne doit pas nécessairement contenir des minéraux de placers ; on peut cependant broyer une petite quantité de minéraux lourds et les ajouter au gravier ou, si on ne dispose de rien d'autre, utiliser de la limaille de fer. On doit continuer l'exercice jusqu'à ce qu'on puisse séparer tous les grains lourds ajoutés et les retenir dans la batée.

### Reconnaissance de terrains alluvionnaires

Toute exploitation de placers de quelque importance exige au préalable une reconnaissance soignée du terrain, effectuée sous la direction d'un homme compétent et digne de



R. Skinner 200843A

Planche LXXIX Exploitation de placer à l'aide d'une pelle mécanique, d'un sluice et d'un bulldozer pour évacuer les résidus. Territoire du Yukon.

confiance, qui permette d'établir l'existence de minerai dont la quantité et la teneur sont assez importantes pour assurer une exploitation rentable. Nombre d'anciennes entreprises ont échoué parce qu'une reconnaissance insuffisante du terrain avait laissé croire que la teneur en or promettait un bon résultat.

Dans le cas de gîtes qui ne sont pas enfouis trop profondément, la méthode usuelle de reconnaissance consiste à creuser des fosses à intervalles réguliers pour mesurer en verges cubes le volume du gravier enlevé, puis à laver à la batée ou au crible laveur ce gravier ou la partie de ce dernier où l'or est concentré. On pèse l'or ou tout autre minéral que l'on a recueilli. La moyenne se calcule d'après la quantité tirée de chaque fosse et la valeur du gîte s'exprime en verges cubes d'une teneur déterminée, indiquée en onces d'or ou en pennyweights par verge. On considère d'ordinaire qu'une particule ou « couleur » assez grosse pour rendre un son perceptible en tombant dans la batée vide vaut environ un cent, et qu'un cent d'or dans une batée de gravier de dimensions normales correspond à environ \$ 1,30 par verge de gravier.

Dans le cas des gîtes profonds, on fore d'ordinaire des trous à intervalles réguliers, à l'aide de foreuses Keystone ou d'autres foreuses décrites dans le chapitre traitant de l'exploration des filons. Le sable ou le gravier pompé du trou de forage est lavé à la batée ou au crible laveur et on pèse l'or qui s'y trouve. Ce poids et le cubage du trou de forage pratiqué dans le filon de placer permettent de calculer la valeur par verge cube.

Lorsqu'on évalue un terrain de placer en vue de son exploitation, il est important de définir le type auquel le gîte appartient, parce que l'évaluation de certains types de gîtes, comme nous l'avons indiqué précédemment, exige un plus grand nombre d'essais que d'autres. Chaque type de gîte ne peut, en général, être exploité avec succès que selon une ou deux méthodes. Il arrive que certains genres de gîtes (des gisements en bancs, par exemple), ne se prêtent qu'à des méthodes manuelles. Pour les analyses préliminaires du terrain, on peut employer la batée (on estime que 150 batées valent une verge cube) ; ou encore, on peut creuser des puits de recherche. On étudie alors à la batée ou au crible laveur, comme nous l'expliquons plus loin, des échantillons de filons prélevés sur les côtés des puits ou, mieux, tout le déblai, qui subit une augmentation de volume de 50 p. 100.

Le moyen le plus efficace d'analyser un terrain de placer est le forage. Autrefois, on avait recours au forage Keystone, mais on peut également utiliser quelques-unes des autres méthodes récemment améliorées. Les trépan Keystone découpent un trou légèrement plus grand que le diamètre extérieur du tubage ; il faut tenir compte de ce fait lorsqu'on évalue le volume de matériaux enlevés. On y parvient en prenant pour valeur de la verge cube de gravier, la valeur de l'or obtenu, multipliée par cent et divisée par la profondeur du trou exprimée en pieds. Cela suppose que 100 pieds linéaires d'un trou de forage de 6

pouces (la dimension du tubage généralement utilisé), ont un volume d'une verge cube. La formule est la suivante :

$$\text{valeur du gravier par verge cube} = \frac{\text{valeur de l'or obtenu} \times 100}{\text{profondeur du trou en pieds}}$$

Lorsque le forage a été effectué soigneusement, 75 p. 100 au moins du rendement prévu peuvent être récupérés par dragage. Ce chiffre tient compte de toutes les pertes, non seulement des résidus mais aussi des îlots ou des coins négligés au cours des travaux. La récupération de l'or par des méthodes hydrauliques peut être supérieure ou inférieure à 75 p. 100, selon que l'on peut ou non atteindre le socle rocheux et le nettoyer à fond.

### Exploitation rudimentaire

Autrefois des mineurs ordinaires, seuls ou associés pouvaient exploiter eux-mêmes les placers, vu la simplicité de l'outillage. Pics, pelles, haches, scies de long et parfois peut-être roues de brouettes, voilà quel était à peu près le matériel requis. On peut encore trouver un lieu propice à ce type d'exploitation, mais seulement dans certains coins de la Colombie-Britannique et du Yukon.

Dans les exploitations les plus simples, on ramasse le gravier à la pelle dans le lit ou sur la rive d'un cours d'eau et on le jette directement dans l'appareil de récupération d'or, roulant et empilant les grosses pierres à l'écart. On peut voir en maints endroits, le long des cours d'eau de l'Ouest, ces tas de cailloux qui marquent ainsi l'emplacement des premières exploitations de placers (planche LXXVIII).

Une autre méthode simple, efficace dans certains cas, consiste à passer au sluice le terrain de couverture ou le gravier aurifère, en utilisant les eaux d'un cours d'eau que l'on détourne totalement ou partiellement. S'il n'y a que peu d'eau, il arrive qu'on l'endigüe et la libère périodiquement pour créer un fort courant d'eau par la méthode dite de « paggage » (planche LXX), comme nous l'avons exposé dans le chapitre sur l'exploitation des filons.

L'une des méthodes les plus courantes, appelée « abattage hydraulique », consiste à abattre les bancs de gravier à l'aide de jets d'eau sous pression (planche LXXX). Cette méthode convient surtout aux grandes exploitations, mais elle sert parfois aux petites qui utilisent alors des pompes raccordées à des tuyaux souples munis de lances, ou détournent un cours d'eau dans un canal d'amenée assez élevé au-dessus du placer pour exercer une « poussée ». Le canal se déverse dans une canalisation au bout de laquelle se trouve une grosse lance appelée « monitor » ou « géant ». Dans les petites exploitations, le diamètre du monitor à l'extrémité peut être de 1 à 4 pouces. La pression varie, selon le matériel utilisé, mais ne doit pas dépasser 60 à 100 livres par pouce carré, car une pression supérieure risque d'être dangereuse et moins efficace. Une fois le terrain de couverture enlevé, on peut simplement le laisser emporter par l'eau projetée par le monitor ou la lance ; mais les



A. H. Lang 89572

graviers aurifères et le mort-terrain qu'on ne peut pas détacher doivent être entraînés vers les appareils de récupération d'or, d'ordinaire une série de boîtes de sluices (planches LXXXI A et B). Pour ce faire, il n'y a qu'à laisser l'eau couler dans le chantier qui devient lui-même un sluice, ou tourner de temps en temps la lance ou le monitor dans la direction voulue, ou se servir d'un monitor distinct. Il faut visiter la roche en place ainsi mise à nu, pour recueillir à la main ou avec des pincettes l'or retenu dans les fissures.

S'ils sont assez riches, on exploitera par voie souterraine les lits enfouis d'anciens cours d'eau que l'abattage hydraulique ou d'autres méthodes d'exploitation ne permettent pas de mettre à jour ; on creuse un tunnel dans le gravier et l'on assure le maintien du toit des galeries par des troncs d'arbre ou des planches soutenus par des montants et des traverses. C'est une opération dangereuse qui exige beaucoup de précautions. Pour amorcer la galerie, on peut soit creuser directement dans un talus, soit foncer un puits dans les terrains de couverture ou parfois dans le rebord rocheux d'une vallée, le tout aménagé en pente légère pour permettre à l'eau de s'écouler et on transporte le gravier à la brouette ou dans des berlines. On pousse souvent les quartiers de roche dans des trous faits sous terre, pour ne pas avoir à les sortir. C'est ainsi qu'on a exploité, au début, nombre de gisements aurifères du Klondike. Une partie du sol restant gelé même en été, il fallait le réchauffer par des feux ou, plus souvent, au moyen de jets de vapeur, puis on amoncelait le gravier jusqu'à l'été. On pouvait alors le laver dans les sluices.

De nos jours, quelques hommes suffisent à assurer l'exploitation de gîtes de dimension moyenne, pourvu qu'ils disposent de matériels assez coûteux. Ils utilisent des pelles mécaniques, des « draglines » ou des bulldozers

Planche LXXX  
 Importante exploitation hydraulique en Colombie-Britannique. Noter à l'arrière-plan deux courants d'eau faisant office de sluices sur le sol et entament la falaise pour en hâter la désagrégation. L'eau du monitor de gauche attaque la base de la falaise et celle du monitor de droite réduit en morceaux plus petits les grands amoncellements de gravier qui se sont écroulés. Le gravier exploitable repose sur la roche de fond qui constitue le sol du chantier. L'eau des monitors entraîne le gravier vers des sluices qui ne sont pas visibles sur cette planche.



H. S. Bostock 88546

Planche LXXXI A Sluice à lattes transversales.



H. S. Bostock 88563

Planche LXXXI B Sluice à lattes longitudinales.

pour enlever les terrains de couverture et extraire le gravier aurifère, là où l'abattage hydraulique ou d'autres méthodes sont inapplicables. On peut traîner les appareils d'extraction d'or sur patins d'un endroit à l'autre selon les besoins, ou les transporter sur un ponton flottant dans une dépression remplie d'eau, à la façon d'une drague flottante. Pour les exploitations rudimentaires et pour les essais sur le chantier, on trouve sur le marché du matériel portatif. Certaines personnes, pour qui la prospection n'est qu'un passe-temps, n'utilisent que ces instruments portatifs.

### Exploitation mécanisée

Seules les sociétés assez riches pour posséder de gros appareils d'abattage hydraulique ou de grandes dragues pour l'exploitation souterraine peuvent exploiter les grands gîtes de placers. Ces techniques débordent du cadre d'un ouvrage sur la prospection, sauf en ce qui concerne la possibilité, pour les prospecteurs, d'intéresser des sociétés à l'achat de découvertes de gros placers.

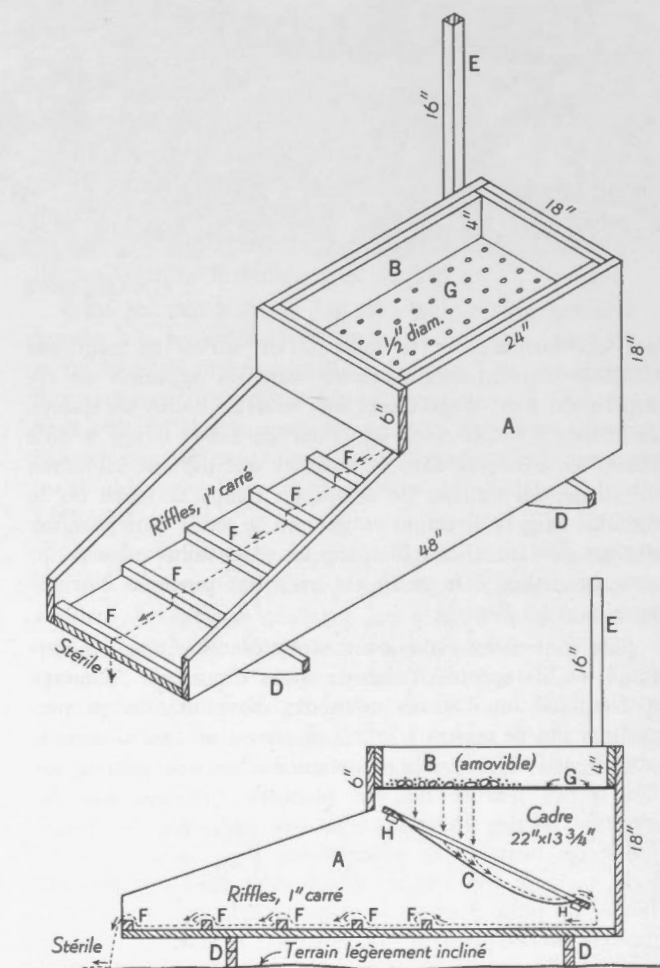
### Matériel de récupération des minéraux alluvionnaires

Le crible laveur, qui ressemble, par sa forme et ses dimensions à un berceau, sert couramment à séparer l'or extrait par des opérations rudimentaires. On peut en fabriquer un avec quelques bouts de planche, un morceau de tamis à grosses mailles ou de la tôle et une pièce de grosse toile, de jute, une couverture ou quelque autre tissu — capable de capter l'or fin. Les modèles et les dimensions des cribles laveurs diffèrent légèrement ; lorsqu'il y a une grande proportion d'or fin, on en emploie de plus grands parce que l'efficacité est fonction de la longueur. La figure 40 en montre un de longueur moyenne.

Pour se servir d'un crible laveur, on jette à la pelle du gravier sur le tamis. On l'arrose d'eau avec un récipient tout en imprimant à l'appareil un mouvement rapide, suivi d'un arrêt brusque. On répète l'opération en ajoutant juste assez d'eau pour laver le sable sans entraîner la moindre quantité d'or fin. On rejette ce que le tamis a retenu, après avoir retiré toute pépite que l'on pourrait avoir trouvée. Le travail est plus facile si deux hommes travaillent ensemble : le premier secoue le crible et verse l'eau pendant que l'autre jette le gravier à la pelle. On peut garder l'eau et s'en servir à nouveau au besoin, mais il vaut mieux utiliser de l'eau propre et fraîche. Deux hommes peuvent laver de cette manière de 3 à 5 verges cubes de gravier par jour, rendement de 10 à 20 fois supérieur à celui du lavage à la batée.

Pour récupérer l'or, le plus souvent on utilise un ou plusieurs sluices, auges ou canaux en bois dans lesquels on fait couler de l'eau (planches LXXXI A et B). Le gravier est déversé en tête de l'installation, soit à la pelle, soit à l'aide d'une brouette ou de quelque appareil mécanique. On peut aussi l'y entraîner au moyen d'un courant d'eau circulant au sol après l'abattage hydraulique. Les dimen-

sions des sluices sont ordinairement les suivantes : longueur, 8 pieds ; largeur et profondeur, 12 pouces. Il en existe de plus petits. On pose les sluices sur le sol, sur des chevalets ou sur de grosses pierres et on leur donne en général une pente d'un pied par 10 ou 12 pieds de longueur, selon la quantité d'eau disponible et la grosseur des paillettes d'or ; il doit y avoir assez d'eau pour remplir les sluices à moitié. Pour capter l'or, on munit le fond des sluices de lattes amovibles transversales ou longitudinales, de blocs de bois, de cailloux ou de lattes métalliques. Certains mineurs utilisent des lattes entrecroisées faites de



A. Boîte, 48" x 18" x 18". B. Plateau à fond métallique percé de trous de 1/2". C. Toile fixée sur un cadre. D. Berceaux. E. Manche à bercer. F. Riffles à retenir l'or. G. Trous de 1/2" dans le fond métallique du plateau. H. Traverses qui soutiennent le cadre. --> Direction que suivent les matières à travers le berceau.

On verse la terre aurifère et l'eau dans le plateau B et l'on imprime un balancement à l'appareil au moyen du manche. L'eau, le sable et l'or passent à travers les trous pour tomber sur la toile C qui retient la plus grande partie du sable noir et de l'or, puis ces matières passent sur les riffles, qui retiennent une plus grande quantité d'or, ce qui donne finalement le stérile. On rejette les matières qui ne traversent pas le plateau B, puis on enlève la toile pour la laver.

Figure 40. Représentation schématique de l'agencement et du mode de fonctionnement du crible laveur (d'après J. D. Galloway).



A. H. Lang 89568

Planche LXXXII Sluice dans une grande exploitation de placer en Colombie-Britannique. Des fourches servent à enlever les gros blocs de pierre afin d'éviter que le sluice ne soit obstrué.

barres de bois de 2 x 4 pouces sur lesquelles on a cloué des bandes de pneus usagés. Les lattes longitudinales sont des perches de bois que l'on utilise pour fabriquer des sluices rapidement à une ou deux personnes. Pour récupérer l'or fin, on peut placer, au fond de la dernière boîte, de la grosse toile, de la jute, des couvertures ou des nattes ; on recouvre parfois l'étoffe de métal déployé.

Après plusieurs jours ou plusieurs semaines d'utilisation, selon la richesse du placer, l'approvisionnement en eau, la grosseur et le nombre d'éléments, *et cetera*, on récolte l'or. On arrête l'eau, on enlève les lattes ou les blocs, et on fait couler un peu d'eau dans les éléments pour entraîner l'or et les autres minéraux lourds vers l'extrémité inférieure du sluice. D'ordinaire, il y a une section qui contient surtout des pépites ou grains d'or, que l'on pousse à la brosse dans une petite pelle à main et qu'on lave ensuite à la batée pour les débarrasser des matières indésirables. Une section renferme surtout de la magnétite, d'autres minéraux lourds et un peu de sable et de gravier. On enlève ces éléments à la pelle et l'on sépare l'or ou les autres minéraux recherchés par lavage à la batée ou au crible laveur. Il faut parfois se servir de mercure pour

recueillir l'or très fin par amalgamation ; s'il y a beaucoup d'or fin, on peut déposer du mercure derrière les lattes du sluice au cours du lavage. Lorsqu'on s'est servi de mercure dans les sluices ou pour séparer l'or des sables lourds, on amollit l'amalgame en ajoutant une plus grande quantité de mercure ; on l'agite pour que les substances sans valeur montent à la surface où on peut les écumer. On place alors l'amalgame dans un sac en peau de chamois ou en coton finement tissé. En exerçant sur le sac une pression suffisante, l'excès de mercure en est chassé. On chauffe ensuite le tout pour vaporiser le mercure et obtenir l'or sous forme de résidu. On peut aussi simplement chauffer ce mercure sur une pelle. Quoi qu'il en soit, le mercure étant très toxique, cette opération doit se faire au grand air ou dans un local bien aéré ; on évite le plus possible de toucher le mercure. On doit se laver soigneusement les mains dès que l'opération est terminée.

On trouvera dans des publications plus spécialisées la description d'autres méthodes, applicables dans certains cas, lorsqu'il s'agit de petites entreprises, comme les sluices à auges longues et les sluices à courant dérivé et divers séparateurs mécaniques ou magnétiques.

Dans les grandes exploitations utilisant des méthodes hydrauliques, on retient en général l'or au moyen d'une longue série de sections de sluices dont le fond est souvent muni de tronçons de bois rond, provenant de billes sciées. S'il faut utiliser de grandes quantités de mercure, l'amalgamation peut se faire dans un tambour métallique rotatif appelé tonneau d'amalgamation.

Les installations de lavage de l'or utilisées pour traiter les graviers extraits au moyen de « draglines », de dragues... peuvent se limiter à une série d'éléments de sluices disposés en zigzag de façon à prendre moins de place ou elles peuvent comporter des installations mécaniques telles que des trommels, des cribles à secousses ou des vibro-classeurs. Dans certains types d'exploitation, on obtient de bons résultats avec une batterie d'auges métalliques en spirale. Lorsque l'eau transportant les grains minéraux descend la spirale, les grains les plus lourds se séparent sous l'effet de la force centrifuge.

#### Possibilités d'exploitation des placers

Depuis de nombreuses années déjà, on s'intéresse de moins en moins aux placers et l'avenir appartient sans doute à la prospection des filons plutôt qu'à celle des placers. Il y a cependant des chances de découverte de placers exploitables, notamment des placers aurifères surtout dans l'ouest du Canada et si la valeur de l'or continuait à augmenter, certains gîtes trop pauvres pour être exploités à l'heure actuelle pourraient devenir rentables. Dans toute exploitation de placer aurifère, à l'avenir, il serait bon d'étudier également les possibilités de récupération d'autres minéraux recherchés. Autrefois certaines exploitations de placers négligeaient l'étain en particulier et peut-être même le platine et le tungstène, soit parce qu'on ne les avait pas décelés, soit parce qu'on estimait

qu'il ne valait pas la peine de les récupérer. On peut encore découvrir et exploiter d'autres gîtes de minéraux lourds, en particulier dans la partie du Yukon qui n'a pas subi de glaciation et dans certaines parties de la Colombie-Britannique et du Yukon peu érodées par les glaciers.

De nouveaux besoins, des cours plus élevés pour certains minéraux, ou encore des méthodes améliorées d'extraction de certains éléments des minéraux, peuvent dans l'avenir permettre des récupérations rentables dans les placers. Signalons toutefois que divers minéraux existent dans les sables et autres genres de terrains de couverture, mais en quantités infimes et sans importance économique. Le prospecteur se prend souvent à espérer parce que les analyses des échantillons qu'il a prélevés révèlent la présence de petites quantités d'un élément apprécié ; mais comme dans la prospection des gîtes filoniens, il ne s'agit pas de découvrir tout simplement des minéraux ; il s'agit de découvrir des gîtes assez importants et assez riches pour assurer une exploitation rentable.

### Ouvrages à consulter

Bancroft, H. H.

*History of British Columbia*, Bancroft, 1887 (épuisé).

Contient l'historique de plusieurs des premières exploitations de placers en Colombie-Britannique.

Boericke, W. F.

*Prospecting and operating small gold placers*, New York Wiley, 1933.

Manuel utile sur la prospection des gîtes d'alluvion, ainsi que sur l'outillage et l'exploitation de petites mines de placers.

Cockfield, W. E.

« The Geology of placer deposits », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. XXXV, 1932, pp. 58 à 64.

Étude de l'origine et de la découverte des placers.

Cooke H. C. et Johnston, W. A.

*Gold occurrences of Canada, sum. account*, Comm. géol., Canada, Série de Géologie appliquée, n° 10, 1932 (épuisé).

Contient un bref mais excellent compte rendu de l'exploitation des placers au Canada.

Fraser, D. D.

« Placer Mining », *Western Miner and Oil Review*, mai 1954, pp. 38 et 39.

Courte description des travaux dans le district de Cariboo.

Gorbunov, E. Z.

« Sur les distances parcourues par l'or alluvionnaire depuis les localisations d'origine », *Soviet Geol.*, n° 6, 1959, pp. 98 à 105.

Holland, S. S.

*Dragline dredging methods*, min. Mines de la Colombie-Britannique, Bull. n° 15, (épuisé).

Résumé de 76 pages sur les méthodes hydrauliques d'exploitation des placers et sur les techniques d'extraction des métaux précieux.

*Dragline dredging methods*, min. Mines de la Colombie-Britannique, Bull. n° 16, (épuisé).

Résumé de 36 pages sur l'utilisation des draglines.

Howay, F. W. et Scholefield, E. O. S.

*British Columbia from the earliest times to the present*, Clark, 1914 (épuisé).

Johnstone, W. A. et Uglow, W. L.

*Placer and vein gold deposits of Barkerville, Cariboo*

*District, British Columbia*, Comm. géol., Canada, Mém. 149, 1926 (épuisé).

Traite de manière approfondie de l'origine des placers ; valable pour de nombreuses régions de la Colombie-Britannique ainsi que pour la région de Barkerville.

MacKay, B. R.

*Beauceville map-area, Quebec*, Comm. géol., Canada, Mém. 127, 1921 (épuisé).

Exposé sur les premières exploitations de placers de la partie sud du Québec.

Nordale, A.

« Valuation of dredging ground in the sub-arctic », *Trans. Can. Inst. Mining Met.*, vol. L, 1947, pp. 487 à 496. Également dans le *Western Miner*, vol. XIX, n° 11, 1946, pp. 90 à 104.

Article de synthèse traitant particulièrement des forages par percussion et du calcul des cubages et des valeurs.

*Notes on placer mining in British Columbia*, min. Mines de la C.-B., Bull. n° 21, 1946.

Bulletin contenant des renseignements généraux sur l'exploitation des placers dans cette province, sur la nature et la formation des placers, sur les principales régions de placers de la province et sur les méthodes d'exploitation convenant à une petite entreprise.

## EXPLOITATION DES FILONS

L'exploitation proprement dite des filons n'est presque jamais à la portée du prospecteur. Cependant, une connaissance générale des modes d'exploitation et de traitement des minerais aidera le chercheur à reconnaître si une mine a ou non de la valeur. Parfois, le prospecteur aura tout intérêt à s'associer avec d'autres ; un petit groupe peut exploiter à profit un filon. C'est pourquoi nous donnons ci-après un aperçu de l'exploitation des filons en général, suivi d'une courte description des méthodes rudimentaires d'exploitation.

### Principes généraux

L'exploitation à échelle commerciale, dont la production varie en général de 100 à plusieurs milliers de tonnes de minerai par jour, est une industrie fortement organisée. Elle emploie des mineurs expérimentés et d'autres hommes de métier, des ingénieurs professionnels, des géologues et autres hommes de science ; elle utilise des machines très diverses et un matériel spécial. Ces moyens permettent souvent d'exploiter une mine avec succès, avec de faibles marges bénéficiaires. Comme dans les autres industries, les prix de revient sont souvent plus bas dans les grandes entreprises, celles-ci pouvant répartir une grande partie des frais généraux sur un volume de production plus important. En outre les impondérables de l'exploitation minière, marchés, découvertes techniques, coûts d'exploitation, teneur inégale, et *cetera*, influent sur les plans d'échantillonnage et sur la façon de mener l'exploitation.

Autre point important : au sein de plusieurs mines, la teneur en minerai n'est pas uniformément répartie. Lorsqu'on peut réduire les prix de revient ou que le produit se vend à des prix élevés ou encore lorsqu'on adopte des méthodes d'exploitation plus perfectionnées, une partie

des minéraux à faible teneur peut être considérée comme minerais. Par conséquent, il est généralement nécessaire de prélever de nombreux échantillons dans les gîtes souterrains mis à découvert, ainsi que de la roche et du minerai extraits ; il faut donc aussi établir soigneusement les plans d'échantillonnage. Ainsi pourra-t-on diriger d'une façon plus précise l'exploitation et maintenir une correspondance plus exacte entre, d'une part la teneur moyenne du minerai et, d'autre part, les prix de revient et les prix de vente qui varient selon les moments. Une mine peut être exploitée plus activement à une certaine période qu'à une autre ; par ailleurs, au cours de périodes défavorables, il vaut peut-être mieux la fermer complètement.

Il existe deux méthodes principales d'exploitation des filons : l'exploitation à ciel ouvert (dite aussi « à la découverte » lorsque les terrains de couverture enlevés sont étendus), et l'exploitation souterraine.

L'exploitation à ciel ouvert convient aux grands gisements de surface qui n'exigent pas le déblaiement d'une trop grande quantité de terrain de couverture. On creuse une fosse après avoir excavé le terrain de couverture et l'on fait exploser la roche ou le minerai en gradins, creusant des trous de mine verticaux. On remonte la roche abattue dans des camions ou dans des bennes roulant sur câble aérien. Lorsqu'on exploite des couches horizontales pour extraire de la pierre de construction, la fosse porte ordinairement le nom de « carrière ». La fosse dont on extrait du minerai ou des minéraux à broyer et à traiter est d'ordinaire appelée « taille à ciel ouvert » ou « fosse à ciel ouvert ». L'expression « entonnoir souterrain » s'applique généralement à une vaste fosse reliée à des installations souterraines. Dans de telles exploitations, le minerai extrait de la fosse est ramené en surface par des installations souterraines au lieu d'être sorti directement de la fosse. Les grandes installations à ciel ouvert sont généralement celles qui coûtent le moins cher se prêtant particulièrement bien aux mines de fer et de cuivre.

Il faut recourir à la méthode souterraine dans le cas de massifs de minerai profonds ; de même, dans celui de gîtes peu étendus, très inclinés et proches de la surface. Si le terrain s'y prête, il vaut mieux commencer l'exploitation à partir d'une fendue, comme nous l'avons expliqué en traitant de l'exploration des gîtes, mais dans bien des mines souterraines, il faut entreprendre d'abord le fonçage de puits, qui est plus coûteux. Ensuite on creuse des sièges d'exploitation horizontaux aux niveaux voulus, généralement à des distances de 100 à 200 pieds.

On enlève le minerai en pratiquant, à l'aide d'explosifs, des ouvertures dont la forme varie selon les conditions. Là où les galeries ne se maintiennent pas en place par elles-mêmes on les soutient au moyen de boisages ; ou encore on comble les vides par des remblais de roches, de sable ou de quelque autre matériau provenant de la surface.

L'exploitation minière comprend d'ordinaire des ateliers où le minerai est soit traité et transformé en un produit presque fini, comme dans le cas de l'or qui devra subir

seulement un dernier affinage, soit concentré pour éviter que l'exploitant n'ait à payer les frais de transport de matériaux sans valeur et assez faciles à éliminer. Les techniques généralement utilisées comportent le concassage, le broyage et une ou plusieurs des multiples méthodes de concentration. Le plus souvent, on traite les concentrés et, parfois, le minerai brut à haute teneur, dans un four de fusion (pour les séparer des scories sans valeur qui sont alors éliminées), ou dans un atelier d'extraction par lessivage dans lequel on extrait par solution les éléments recherchés. Dans une installation de concentration, on ne traite que rarement en commun des minerais provenant de différentes mines, parce que le procédé de concentration doit s'adapter parfaitement à tel minerai donné ; cependant, certains districts contiennent des gîtes suffisamment semblables pour qu'il soit possible de transporter le minerai à un atelier commun de concentration. Fréquemment, plusieurs mines alimentent une seule fonderie située ou non à proximité. De telles usines peuvent soit acheter le minerai ou le concentrer, soit le traiter à forfait. Les ateliers de concentration et les fonderies qui traitent le minerai extrait de différentes mines s'appellent souvent « usines » ou « fonderies travaillant à façon ».

#### Exploitation rudimentaire

On ne saurait trop insister sur le fait qu'en général, la prospection et l'exploitation sont des stades différents de l'industrie minière. Ordinairement le prospecteur n'a ni les capitaux, ni la formation, ni l'expérience qu'exige la direction des grandes opérations techniques nécessaires à l'exploration poussée de la plupart des gîtes — sans parler des problèmes encore plus ardues de la production. Cependant, certains gîtes, trop petits pour intéresser de grandes sociétés, sont quand même assez riches pour se prêter à une exploitation individuelle ou oligarchique. D'autres sont tellement riches que ceux qui les ont découverts préfèrent les exploiter eux-mêmes ; ces cas demeurent cependant exceptionnels et seules des personnes expérimentées ou très versées devraient-elles se lancer dans une telle entreprise. Ce genre d'exploitation tente parfois ceux qui ont jalonné un domaine ; parfois, il attire des locataires en des endroits où l'on n'a pas découvert suffisamment de minerai pour intéresser une grande société, ou bien encore sur des sites où subsistent de petits amas de minerai après la fermeture d'une mine importante.

En Colombie-Britannique, des entreprises minières de ce genre ont duré pendant de nombreuses années, sur de petits gisements métallifères de haute teneur, facilement exploitables à partir de fendues et situés près de fonderies travaillant à façon dans la province ou non loin de là. On expédie en général le minerai brut après scheidage, c'est-à-dire séparation à coup de marteau des parties les plus riches des gros fragments et triage à la main ; de plus, dans certains cas on a pu exploiter avec succès de petits ateliers d'une capacité quotidienne d'une tonne ou plus. Dans le Bouclier canadien, on ne rencontre que très rare-



Planche LXXXIII  
 Concassage, tri et ensachage de minerai plomb-argent à haute teneur.



A. H. Lang 79322

ment de petites exploitations, soit parce que la plupart des gîtes rentables couvrent une grande étendue et n'ont qu'une teneur moyenne exigeant du matériel considérable, soit parce que la plupart s'exploitent à partir de puits. Il faut excepter la région de Cobalt, où de petits filons à haute teneur en argent furent exploités par des mineurs ou des locataires indépendants, aussi bien que par des sociétés. Dans le Bouclier canadien, on continue d'exploiter généralement à ciel ouvert un certain nombre de gîtes relativement petits de pegmatite dont on extrait du feldspath, du mica et d'autres minéraux caractéristiques des pegmatites.

Rentable, la petite entreprise sert beaucoup l'industrie minière, parce qu'elle permet d'exploiter des gîtes qui, sans elle, resteraient à jamais inutiles, qu'elle offre une activité lucrative et qu'elle permet parfois de découvrir un gîte plus important et plus étendu qu'il ne paraissait au premier abord. Les désavantages et les points qui méritent réflexion sont les suivants : 1) Même les mineurs les plus expérimentés peuvent ne pas avoir les connaissances suffisantes pour juger de la rentabilité d'un gîte ou pour apprécier les conditions de commercialisation d'un produit ; 2) Le manque d'expérience peut être dangereux, en exploi-



C. S. Lord 86083

Planche LXXXIV Petite installation dans les Territoires du Nord-Ouest

tation minière ; 3) Les bénéfices retirés de la vente du minerai peuvent être inférieurs au salaire qu'on pourrait toucher dans un autre genre d'activité ; et 4) On peut détruire la valeur d'un gîte important en n'exploitant que le minerai à haute teneur, le reste du minerai ne valant plus parfois la peine d'être exploité. Quiconque projette un travail de ce genre ferait bien de travailler au préalable pour une société d'exploitation minière afin d'acquérir de l'expérience, d'étudier des publications traitant de la question et de se renseigner si possible auprès d'un ingénieur attaché au ministère provincial des Mines ou auprès d'un ingénieur-conseil.

#### *Méthodes d'exploitation*

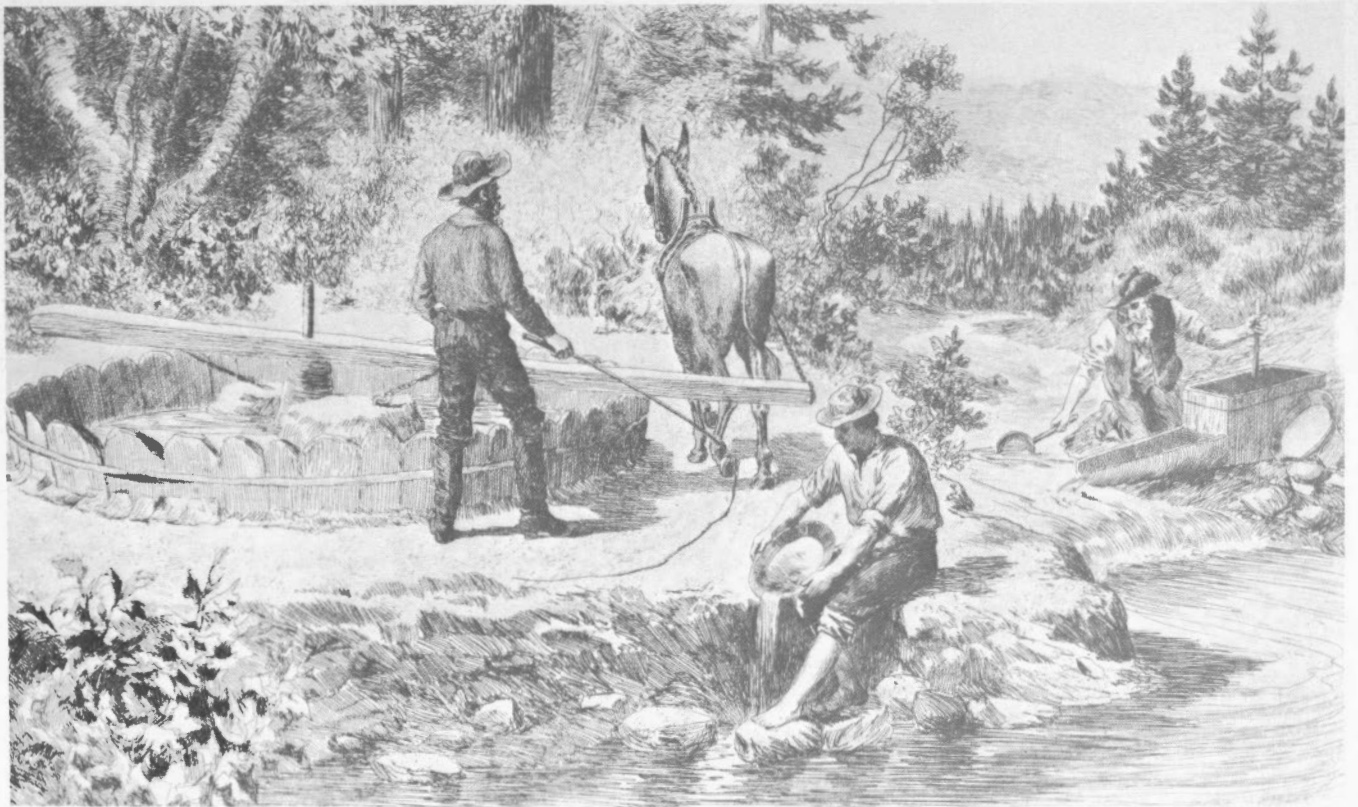
Les méthodes d'exploitation auxquelles recourent les petites entreprises minières sont à peu près les mêmes que celles que nous avons déjà décrites dans le chapitre traitant de l'exploitation des gîtes. Pour les travaux à ciel ouvert, on creuse les trous de mine à l'aide de foreuses portatives en acier, actionnées par un moteur à essence ou de foreuses pneumatiques reliées à un compresseur mobile. Les techniques s'apparentent à celles que l'on emploie pour faire sauter les roches lors de travaux de construction. L'exploitation souterraine est plus compliquée et exige plus d'expérience. Autrefois on creusait parfois les trous de mine à la main ; mais aujourd'hui, sauf chez ceux qui ne disposent pas d'une foreuse pneumatique avec compresseur mobile, ou bien là où il serait difficile de transporter un compresseur, on ne procède plus ainsi. On ne peut utiliser sous terre les foreuses actionnées par moteur à essence, à cause des gaz d'échappement. Il faut emmagasiner et manipuler les explosifs avec la plus grande prudence, respectant avec une extrême rigueur les règlements qui régissent l'utilisation des explosifs et la sécurité dans les mines en général. La roche trop peu résistante pour demeurer en place doit être soutenue par des boisages. La roche abattue par sautage est pelletée dans une brouette ou un wagonnet et ramenée à la surface ; parfois, une benne s'occupe de la monter au niveau du sol.



Planche LXXXV

A. Un arrastre moderne en Colombie-Britannique montrant du matériel de récupération des grains de minerai.

W. E. Cockfield 83417



B. Dessin d'un arrastre primitif; on y voit également des prospecteurs travaillant le minerai au crible et lavant le gravier à la batée. (Gracieuseté de B.C. and Yukon Chamber of Mines.)

### *Méthodes de traitement*

Dans les petites exploitations minières, on se borne la plupart du temps à trier sur place le minerai qui mérite d'être expédié. A proprement parler, il y a « sélection » lorsqu'on choisit les morceaux qui ont de la valeur, et « triage » si on enlève plutôt les matériaux sans valeur. Sélection ou triage peuvent se faire dans la mine, ou dans la fosse à ciel ouvert, ou en quelque autre endroit de la propriété. Dans quelques mines, le minerai est d'abord emmagasiné dans des trémies, puis déversé sur une table ou une courroie de triage. Parfois, on casse les gros blocs au marteau pour séparer du reste le minerai à conserver.

Parce qu'il faut en général un matériel très compliqué et coûteux, on ne concentre et ne broie que rarement le minerai dans les petits ateliers des mines, sauf dans le cas de minerai à haute teneur contenant de l'or libre. Quelquefois les brocards ou des broyeurs mécaniques rotatifs suffisent à libérer du minerai les granules d'or suffisamment grosses. L'or peut être amalgamé au mercure, lavé dans des sluices ou récupéré d'autre façon. Aux tout premiers temps, on utilisait parfois en Colombie-Britan-

nique des arrastres (planche LXXXV), particulièrement pour broyer le minerai et l'amalgamer ; l'arrastre est un appareil employé depuis longtemps en Espagne et au Mexique ; il se compose d'une grande cuve dans laquelle le minerai est broyé par deux grosses pierres fixées à une poutre horizontale que fait tourner une mule, ou un cheval marchant en cercle, ou par une roue à aube.

### *Transport*

On dirige les minerais qui valent la peine d'être expédiés vers les quais ou les chemins de fer, selon les moyens les mieux adaptés aux conditions locales. S'il existe des routes, on se sert de camions, de jeeps ou de fourgons ; s'il n'y en a pas, on prend des chevaux de bât ou des charrands tirés par un cheval ou un tracteur ou, l'hiver, des traîneaux. Les premiers exploitants de mines dans la région de la Cordillère ont utilisé une méthode qui pourrait encore servir en certains endroits. On attache à un cheval un sac de minerai, fait d'une peau de bœuf non tournée, et l'animal tire ce sac vers la vallée le long des sentiers de montagne. Dans certains cas, certains minerais riches méritent d'être transportés par voie aérienne.



HUNTEC LIMITED  
SHOT BOX  
SER. No. 277-A

CHARGE

READY

FIRE



## Lois minières et autres questions apparentées

### LOIS RÉGISSANT LA PROSPECTION ET L'EXPLOITATION MINIÈRES

La réglementation de la prospection, des droits miniers, du jalonnement, de l'exploitation minière et d'autres questions connexes relève des gouvernements provinciaux et de l'Administration des Territoires du Nord-Ouest et de celle de Yukon. Il n'existe aucune loi uniforme pour tout le Canada à ce sujet. Nombre de lois et règlements datent de l'époque où certaines provinces étaient encore des colonies distinctes. En outre, et par la suite, chaque province était libre d'adopter les lois selon ses besoins et à ses orientations. Aussi, le prospecteur est-il appelé à connaître les règlements de plus d'une province. Il lui faut également noter que l'attribution des permis relève des provinces. Outre les lois provinciales et territoriales, certaines lois fédérales visent la prospection et l'exploitation pour l'ensemble du pays ; citons par exemple, les lois relatives à l'énergie atomique, aux explosifs, à l'impôt sur le revenu et celles qui ont trait au jalonnement des claims et à l'exploitation minière dans les parcs nationaux et les réserves indiennes.

Bien que les lois et règlements établis par les divers gouvernements se ressemblent à plusieurs égards, ils diffèrent sur tant de points secondaires que nous ne pouvons en donner ici un exposé complet. L'ouvrage intitulé *Digest of Canadian Mineral Laws*, qui en est à sa sixième édition, en résume les points essentiels, mais fournit toutefois tous les détails pertinents. Il ne renferme pas non plus les nombreuses modifications apportées aux lois et règlements depuis sa publication. Le prospecteur doit donc se renseigner à fond sur les règlements en vigueur dans la province ou le territoire où il veut travailler. Chaque province a son ministère des Mines ou un service équivalent ; les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon relèvent du ministère fédéral des Affaires indiennes et du Nord canadien. La plupart des provinces et des territoires se divisent en districts miniers (ou divisions minières), dotés d'un bureau de l'Enregistrement minier ; certains districts sont subdivisés en sous-districts qui ont eux-mêmes des bureaux auxiliaires. On peut se procurer des renseignements, des textes complets des lois et règlements et,

dans certains cas, des brochures qui expliquent en un langage non juridique les principaux règlements miniers, en s'adressant au bureau local de l'Enregistrement minier. Il est le plus souvent situé dans un chef-lieu de comté ou dans une ville dotée d'un palais de justice ; on peut aussi les obtenir en écrivant ou en s'adressant directement au bureau principal du ministère en cause. L'appendice VII donne les noms et adresses de ces ministères. Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources ne fournit que l'abrégé du *Digest of Canadian Mineral Laws* qui peut être obtenu auprès d'Information Canada à Ottawa au prix de \$ 4 l'exemplaire.

Le bref exposé qui suit sur les principales dispositions des lois relatives à la prospection et à l'exploitation minière vise uniquement à donner une idée générale du sujet. Il faut le compléter en se procurant et en étudiant les renseignements détaillés les plus récents pour la province ou le territoire en cause. Le présent volume ne peut inclure les précisions juridiques et les modifications qui interviennent périodiquement.

#### Historique

Quelques-uns des principes du droit minier remontent à la préhistoire de l'exploitation minière. Ils valent la peine d'être étudiés, serait-ce rapidement, parce que, outre leur intérêt historique ils aident à comprendre certains règlements actuels et leur terminologie.

Dans l'antiquité, les problèmes de propriété des droits miniers ne se posaient pas étant le privilège exclusif des empereurs, des rois ou des seigneurs. Les esclaves ou les captifs qui exploitaient les mines, souvent dans des conditions de travail inhumaines, n'avaient droit qu'à leur peine. L'État romain « afferma » les droits miniers aux propriétaires fonciers, notamment en pays conquis. Dès le début, on a reconnu au monarque ou à l'État le droit exclusif de battre monnaie : c'est pourquoi les mines d'or et d'argent en particulier appartenaient aux rois et aux empereurs. L'État romain permettait d'extraire l'or et l'argent. Il concédait parfois ce droit moyennant une redevance spéciale dont le principe tient encore de nos jours.

Du temps des Romains, le propriétaire du sol demeurait légitime propriétaire des minéraux sous-jacents dont on concédait l'exploitation, puisque celle-ci ne se faisait qu'à de très faibles profondeurs. À l'époque, on ignorait tout de la nature des filons profonds. On retrouve l'origine du claim au moyen âge, alors qu'on apprit à pénétrer plus profondément dans le sol et que, dans certaines régions, on admit, pour un filon, l'existence de droits de propriété indépendants de ceux du propriétaire du sol, à condition que le « prospecteur » dédommageât le propriétaire pour les dégâts causés. On raconte que, dans certaines parties de l'Europe, les dimensions du claim dépendaient de la distance à laquelle celui qui avait fait la découverte pouvait lancer sa hache en direction du filon, dans les deux sens à partir du point de la découverte. Avec l'aboli-

tion graduelle du servage, les mineurs devinrent graduellement des hommes libres. Il est amusant de noter que même aujourd'hui, en Colombie-Britannique, un permis de recherches s'appelle un « certificat de mineur libre ».

Les principes fondamentaux de toutes les lois minières remontent donc à l'antiquité et leur valeur a été longuement éprouvée. Ces principes sont : le droit du souverain ou de l'État de disposer à son gré des gîtes minéraux ; le droit qu'a le concessionnaire (particulier ou société), de détenir sans interruption la propriété minière aussi longtemps qu'il observe les règlements ; enfin, le droit du souverain ou de l'État de percevoir une partie du produit. Ces principes se retrouvent en Amérique du Nord avec les premiers colons et ils existent encore. Ont persisté également la dispute sur les droits miniers indépendants des droits de propriété du sol et la vieille distinction entre les droits miniers de l'or, de l'argent et des autres métaux et minéraux. Au Canada on reconnaît maintenant que tous les droits miniers non concédés ou réservés peuvent s'acquérir par le jalonnement du claim, quel que soit le propriétaire des droits du sol. On doit cependant respecter les privilèges qui découlent des anciennes concessions.

Un autre problème épineux, qui heureusement ne se pose plus au Canada, venait de la limite verticale d'un claim qui coupait un filon incliné. Le prospecteur pouvait-il ou non suivre indéfiniment le filon ? Le principe selon lequel le droit de propriété est illimité si l'on peut établir que le filon, la fissure, *et cetera*, sont continus, a été adopté au début de l'exploitation minière aux États-Unis. On l'appelle le principe des droits d'extension latérale. Il s'inspirait peut-être des droits presque analogues réclamés dans certains pays européens depuis longtemps auparavant. La Colombie-Britannique a d'abord adopté ce principe, par suite de l'immigration de prospecteurs originaire de l'ouest des États-Unis ; mais il provoqua tant de confusion et de litiges, en raison de la difficulté de prouver la continuité du filon, que la Loi fut abrogée. Au Canada, il est maintenant entendu que les limites des claims se prolongent verticalement dans le sol. Il est donc important que le jalonneur du claim renfermant un filon incliné songe à la nécessité de jalonner un ou plusieurs claims contigus, afin de s'assurer la propriété du prolongement du filon vers le bas.

### Différents droits miniers

De façon générale, les lois et les règlements relatifs aux droits miniers varient selon la nature des gîtes (gîtes de filons ou de placers, houille, pétrole, gaz naturel, pierre, gravier, sable *et cetera*). Les paragraphes suivants traitent des filons, car ce sont eux qui intéressent surtout les prospecteurs.

### Permis

La désignation du permis autorisant à prospecter et à jalonner des claims varie d'une province à l'autre. Selon les provinces, il s'appelle permis de prospecteur, permis

de mineur, certificat de mineur, autorisation de mineur ou certificat de mineur libre. Un particulier doit payer d'ordinaire \$ 5 ou \$ 10 pour un permis, renouvelable annuellement au même prix. Les permis ne sont pas cessibles, mais dans certaines provinces le titulaire peut, au nom d'un autre titulaire, jalonner un nombre limité de claims supplémentaires. Un permis n'est valable que dans la province ou le territoire d'émission.

### Territoires ouverts à la prospection d'émission

Toute personne âgée de 18 ans ou plus et munie d'un permis à cette fin, peut prospecter et jalonner sur les terres de la Couronne, ou sur les terres occupées, là où les droits miniers sont réservés à la Couronne. Sont exclus, évidemment les endroits où le jalonnement est interdit. Les citoyens des autres pays ont les mêmes droits que les Canadiens à cet égard. Dans certaines provinces, les sociétés constituées peuvent obtenir des permis, mais les redevances sont d'ordinaire beaucoup plus élevées que pour un particulier. Dans d'autres provinces, les sociétés ne peuvent obtenir de claims qu'à la suite de cession faite par des jalonneurs particuliers.

Dans la plupart des régions du Canada, notamment les moins peuplées, les droits miniers sont tout à fait distincts des droits de surface. Dans ces régions, à moins d'interdiction de jalonner pour des raisons particulières, le prospecteur n'a qu'à s'assurer que tel lopin de terre est ou non jalonné et que ce jalonnement est toujours valable ; la présence de jalons, le dégagement des abords ou les registres régionaux de claims le renseigneront là-dessus. Cependant, dans certaines des vieilles régions du Canada, les titres fonciers peuvent comporter tous les droits miniers ou tous ces droits à l'exception de ceux qui visent l'or et l'argent. D'ordinaire, le prospecteur ne peut faire des recherches là où le propriétaire du sol détient aussi les droits miniers, ni d'y jalonner à moins d'une entente avec le propriétaire. Pour savoir si telle ou telle propriété fait également l'objet de droits miniers, il faut s'adresser au Registraire des mines ou au bureau de cadastre.

Lorsque les droits de surface et les droits miniers diffèrent, le propriétaire du sol doit toucher une indemnité pour tout dommage que peut causer le détenteur des droits miniers. Celui-ci a le droit d'obtenir le terrain nécessaire pour accéder au gîte et pour exploiter ; s'il n'obtient pas le consentement du propriétaire, la question peut être réglée par arbitrage.

Lorsqu'il s'agit de parcs nationaux et provinciaux, réserves indiennes, terrains compris dans les limites d'une municipalité, terrains occupés par des immeubles ou nécessaires à l'exécution de projets de grandes routes ou d'usines hydro-électriques, ainsi que de certains endroits de villégiature ou d'emprises ferroviaires, le jalonnement, lorsqu'il n'est pas interdit, n'est autorisé que conformément à des règlements particuliers. Dans de tels cas, il y a lieu d'examiner de près les règlements en vigueur.

## Nombre et superficie des claims

Le nombre de claims qu'un détenteur de permis peut jalonner au cours d'une même année varie sensiblement selon les régions administratives.

Les claims de filons ont, en général 40 acres (1 320 pieds de côté), ou 51,65 acres (1 500 pieds de côté). Dans les régions déjà subdivisées en cantons et en lots, les claims correspondent habituellement aux lots établis. Dans les terres non arpentées, le jalonneur est censé tracer le périmètre, autant que possible du nord au sud et de l'est à l'ouest, de façon que la longueur des côtés du claim soit à peu près exacte. Si le détenteur du permis dépasse la limite autorisée, il s'expose à ce que les autorités interviennent ; elles peuvent réduire la superficie du claim ou imposer une amende. Lorsqu'il y a des vides entre les divers claims, appelés « fractions » ou « fractions de claims », on peut autoriser leur jalonnement ou prendre des mesures spéciales en vue de leur utilisation.

## Jalonnement

Les prospecteurs doivent étudier soigneusement les règlements locaux sur le jalonnement et s'efforcer de les appliquer à la lettre ; le piquetage au petit bonheur engendre confusion et perte de temps chez les autres ; de plus, le jalonneur risque de perdre les droits que lui confèrent ses claims. Dans la plupart des provinces et territoires, le jalonnement consiste à planter un poteau à chaque coin du claim et, si le claim est en région boisée, à marquer les arbres à la hache et à débroussailler le terrain le long des côtés du claim. D'ordinaire les poteaux doivent avoir au moins 4 pieds de hauteur au-dessus du sol et être équarris à au moins un pied du haut ; les côtés doivent avoir au moins 4 pouces de largeur (planche LXXXVI). On peut les planter ou se contenter d'un tronc d'arbre convenablement équarri. Dans les régions non boisées, on permet de remplacer les poteaux par des monticules de pierres et de marquer les côtés par des jalons ou des tertres de pierres ou de terre.



NFB 17180

Planche LXXXVI Jalonnement dans les Territoires du Nord-Ouest (gracieuseté de l'Office national du film).

C'est au coin nord-est que l'on plante ordinairement le poteau n° 1 ; les poteaux 2, 3 et 4, placés dans le sens des aiguilles d'une montre, marquent les autres coins. Le poteau n° 1 porte en général le nom du détenteur du permis, la date et l'heure du jalonnement et s'il s'agit d'un territoire arpenté, les numéros du lot et du claim de même que d'autres précisions touchant le terrain compris dans le claim. Le nom du détenteur et, dans certaines provinces, des renseignements supplémentaires, sont également inscrits sur les poteaux 2, 3 et 4.

Lorsque des claims sont jalonnés de façon à se toucher l'un l'autre, il faut d'ordinaire planter des poteaux distincts. Ainsi, dans le cas de 4 claims contigus, il y aurait à l'angle commun aux quatre, les poteaux 1, 2, 3 et 4 pour indiquer chacun des 4 claims. Lorsqu'un angle d'un claim est couvert d'eau, on plante, à l'intersection des lignes du claim avec la rive, un poteau indicateur marqué des lettres P. I. ou W. P. (pour *Witness Post*) et donnant la direction approximative ainsi que la longueur de la ligne qui relie le poteau et le coin du claim. Pour jalonner un claim entièrement submergé, on plante des poteaux indicateurs sur la rive, en ligne avec les limites du claim. Certaines provinces admettent qu'un poteau de délimitation d'un claim délimite en même temps un claim attenant.

Dans plusieurs provinces, le Registraire des mines fournit des plaques métalliques portant les numéros des claims. Lorsqu'il le fait après enregistrement, il y a un délai fixé pour apposer ces plaques. Une autre formule consiste à fournir, avec le permis, des plaques en nombre égal à celui des claims qu'une personne a le droit de jalonner ; on les appose au moment du jalonnement.

Dans l'ouest du Canada, la plupart des claims sont marqués d'un nom aussi bien que d'un numéro. Aujourd'hui, voici comment on procède le plus souvent : on emploie des noms courts de deux à quatre lettres, et comme le nombre en est assez restreint, on donne le même nom à tous les claims d'un même groupe qu'on numérote séparément, par exemple Sol 1, Sol 2, Sol 3. Autrefois, les gens étaient moins pressés et prenaient le temps d'écrire ou de graver des inscriptions plus longues ; la désignation des claims offrait souvent l'occasion d'exprimer son romantisme ou sa sagesse.

La Colombie-Britannique et le Yukon appliquent un système de jalonnement différent qui date des débuts de la colonisation, au moment de l'exploitation des placers sur une grande échelle et bien avant la naissance de ce que l'on appelle aujourd'hui le Canada. Les premiers règlements régissant ici l'exploitation des placers s'inspiraient des lois en vigueur en Australie, aux États-Unis et au Mexique ; notons que la plupart des mineurs qui vinrent chez nous avaient participé, quelques années auparavant, à la ruée vers l'or en Australie et en Californie. Lorsqu'on s'intéressa aux possibilités d'exploitation des filons, on imagina une méthode de jalonnement à peu près semblable à celle des concessions de placers aurifères ; le prospecteur ne plantait que deux poteaux le long du cours d'eau, marquant l'étendue de la concession dans ce sens et réservant une

certaine étendue de terrain de part et d'autre du cours d'eau ; il n'était pas nécessaire de planter des poteaux aux angles. Le jalonnement des gîtes de filons consistait donc à placer un « poteau de découverte » à l'endroit du gîte, et les poteaux 1 et 2 à distance convenable du poteau de découverte, en direction du filon, un avis apposé sur ces deux derniers poteaux indiquait que le claim couvrait une étendue donnée de chaque côté de la ligne qui reliait les poteaux 1 et 2. Ce système offre certains avantages en terrain montagneux, où seul un arpenteur pourrait repérer facilement les angles d'un carré avec l'exactitude nécessaire pour le jalonnement à quatre poteaux. C'est pourquoi on a adopté cette méthode en Colombie-Britannique et au Yukon, supprimant toutefois l'obligation de placer un poteau de découverte. On peut donner aux claims n'importe quelle orientation au moyen d'une ligne de repère d'environ 1 500 pieds, marquée aux extrémités par les poteaux 1 et 2. Le claim peut s'étendre sur une longueur totale de 1 500 pieds entièrement à droite de la ligne de repère entre les poteaux, ou encore partie à droite et partie à gauche sur une largeur totale de 1 500 pieds. Lorsqu'un claim ainsi jalonné chevauche sur un autre claim déjà reconnu légalement, seule vaut la partie non encore jalonnée. Bien que la ligne de repère puisse prendre n'importe quelle direction, il faut lui donner, si possible, une orientation nord-sud. En outre, le claim doit être aussi parfaitement carré que possible ; ainsi seront diminués les risques de confusion, de chevauchement et de claims partiels. En raison de l'ancienne distinction entre gîtes de placers et filons de quartz dans l'ouest du Canada, on appelle parfois « exploitation de quartz » toutes les catégories d'exploitation de filons.

### Enregistrement

Les claims doivent être enregistrés dans un délai donné à partir de la date de jalonnement, délai qui est d'ordinaire de 15 jours dans le cas de régions situées près d'un bureau d'enregistrement et prolongé quelque peu quand intervient le facteur distance. Il existe parfois une période, après l'enregistrement, au cours de laquelle les parties intéressées peuvent faire opposition à un jalonnement qu'ils désirent contester. Dans quelques endroits, le Registraire inscrit un claim sous réserve de vérification, quand il estime que des jalonnements presque concomitants pourraient provoquer des heurts d'intérêts ou que la vérification des titres de concession puisse prendre du temps. La plupart des provinces exigent des droits d'inscription.

### Travaux obligatoires

Pour conserver un titre de claim, il faut effectuer chaque année un certain nombre de travaux sur le ou les claims, à moins qu'il soit possible de verser une certaine somme au lieu de faire des travaux. L'importance des travaux exigés ou des paiements varie énormément selon les provinces ou les territoires.



## Acquisition du titre

Après l'exécution des travaux obligatoires ou le paiement des sommes qui en tiennent lieu et après bornage du claim par un arpenteur agréé lorsqu'il s'agit d'un claim situé dans une région non arpentée, le claim peut faire l'objet d'une concession ou d'un bail. D'ordinaire, aucun travail n'est exigé par la suite, mais on doit payer annuellement un impôt ou loyer calculé d'après la superficie du terrain.

## Impôts et redevances

En plus des droits annuels peu élevés, calculés d'après la superficie, les gouvernements perçoivent des redevances sur la production ou sur les profits, dans le cas des mines en exploitation. Le gouvernement fédéral les perçoit au moyen de l'impôt sur le revenu et sous forme de redevances sur la production, dans les territoires qu'il administre. Les gouvernements provinciaux les prélèvent sous forme de taxes ou de redevances sur la production ou sur les profits. Les prélèvements provinciaux varient d'une province à l'autre et selon les bénéficiaires ; ils peuvent être moins élevés pendant les premières années de production d'une nouvelle mine. Actuellement, les nouvelles mines sont exonérées de l'impôt sur le revenu pendant les trois premières années.

## Concessions minières

Dans certaines régions, on a accordé des concessions ou des permis spéciaux conférant des droits exclusifs de prospection ou d'exécution de levés géophysiques dans certaines zones, allant de quelques milles carrés à plusieurs centaines de milles carrés. Il s'agit le plus souvent de régions si éloignées que les prospecteurs isolés ne les visiteraient pas et où les frais d'exploration auraient été très élevés. On accorde les concessions parfois par voie d'adjudication, parfois contre paiement d'un droit assez élevé. On prévoit d'ordinaire que la durée de la concession ne dépassera pas un certain nombre d'années, durant lesquelles le détenteur devra effectuer quelques travaux, après quoi il pourra conserver certaines sections de la concession comme claim minier, remettant le reste à la disposition des jalonnes de claims.

## Parcs

Dans les parcs fédéraux, aucune disposition législative ne permet d'obtenir de droits miniers. On peut obtenir, à certaines conditions, des claims situés dans certains parcs provinciaux.

## Réserves indiennes

En général, dans les réserves indiennes, les droits miniers appartiennent à la tribu. Avec l'approbation du conseil de tribu, le surintendant de l'Agence indienne de la réserve peut émettre un permis. Toutefois, avant d'entreprendre une exploitation, une compagnie minière devra obtenir une « cession » des droits à la suite d'un référendum conduit

dans la tribu. Dans la plupart des provinces, les territoires indiens sont régis par des Règlements miniers des territoires indiens ; ces règlements précisent les dispositions relatives à la délivrance de permis et de baux comportant des conditions contractuelles pour l'attribution des travaux et le paiement de loyers ou de redevances. Par ailleurs, en Colombie-Britannique, les réserves indiennes ouvertes à l'exploitation sont soumises à la législation minière provinciale, après approbation du conseil de tribu et du surintendant. Tout candidat désireux d'obtenir des droits miniers doit normalement se présenter devant le Conseil de tribu pour soumettre son projet de prospection et de mise en valeur.

## Règlements concernant l'énergie atomique

La *Loi sur le contrôle de l'énergie atomique* reconnaît au gouvernement fédéral certaines prérogatives quant à la prospection et l'extraction de l'uranium et du thorium. Les règlements établis en vertu de la loi ont pour but d'encourager le plus possible le public à chercher et à extraire de l'uranium. Ils réglementent les expéditions (contrôle et destination) et la publication des chiffres relatifs à la production et aux réserves de minerai de mines actives. Ils exigent que soient rapportées les découvertes de minerais radioactifs, afin que l'État tienne à jour le répertoire de ces venues et rassemble les données générales qui pourraient être utiles aux prospecteurs et aux exploitants miniers.

L'État n'exige aucun permis spécial pour la recherche de l'uranium et du thorium. Il suffit de se procurer les permis provinciaux ou territoriaux voulus et de borner le claim uranifère ou thorifère comme s'il s'agissait d'autres métaux. Les règlements sur l'énergie atomique s'ajoutent aux règlements provinciaux ou territoriaux habituels et ceux qui concernent la prospection et l'exploitation précèdent ce qui suit :

1) Quiconque découvre ou pense avoir découvert une venue dont le minerai renferme 0,05 p. 100 ou plus d'uranium ou de thorium, doit en informer au plus tôt la Commission géologique du Canada qui représente officiellement la Commission de contrôle de l'énergie atomique en ce qui concerne les gîtes radioactifs. La notification doit fournir tous les renseignements disponibles sur la venue, et l'emplacement doit être décrit avec autant d'exactitude que possible, de façon à permettre de retrouver la venue sans l'aide d'un guide. La Commission géologique ne s'engage pas, cependant, à examiner les gîtes de découverte à la demande des inventeurs ou des propriétaires. La notification doit être adressée comme suit : Monsieur le directeur, Commission géologique du Canada. Tous les renseignements ainsi fournis sont considérés comme confidentiels, à moins que l'intéressé n'en permette la communication ou qu'ils soient publiés ailleurs ;

2) Il n'y a pas d'autres formalités à remplir à l'égard des premières recherches, mais il faut obtenir un permis d'exploration de la part du secrétaire de la Commission de

contrôle de l'énergie atomique, c. p. 1 046, Ottawa, avant d'entreprendre des recherches poussées ; par exemple, des fouilles superficielles exigeant plus de 300 journées-hommes de travail ; une étude fouillée, géophysique ou géologique, qui pourrait être acceptée au titre des travaux obligatoires ; un forage au diamant et toute exploration souterraine, ainsi que tout prélèvement d'échantillon volumineux. Les demandes de permis doivent comprendre :

- a) Le nom et l'adresse complets du demandeur et, dans le cas d'une société, le mode de construction et les noms et adresses de tous les administrateurs et directeurs ;
- b) Le nom et l'adresse de la personne qui sera chargée de diriger les travaux sur le terrain ;
- c) La description complète et précise (numéro, région et province du claim ; ou numéro, canton, comté ou district du lopin ou de la concession), de toute propriété pour laquelle on demande un permis ;
- d) Une description d'ensemble des travaux projetés ;
- e) Le consentement écrit du détenteur du permis relatif à la propriété, pour la révocation dudit permis — si quelqu'un détient déjà un permis valide d'exploration pour tout ou partie de cette propriété.

Tout permis d'exploration stipule qu'un rapport détaillé des résultats de l'exploration doit être adressé, pour les trois premiers mois de chaque année, au secrétaire de la Commission géologique du Canada. Le rapport doit comprendre des plans suffisamment détaillés, des carnets de forage au diamant et les résultats des analyses, sans qu'il soit nécessaire de rédiger des rapports spéciaux, puisque la plupart des sociétés font rédiger des rapports complets pour leur propre compte. Si ces rapports portent sur une période de plus de trois mois, on pourra s'entendre pour qu'ils remplacent les rapports trimestriels. Tous les renseignements fournis sont considérés comme confidentiels.

À condition d'en informer aussi la Commission géologique du Canada, les particuliers ont le droit de publier tout renseignement recueilli sur le claim de découverte ou sur la propriété qui fait l'objet de recherches.

Lorsque le stade de l'exploitation proprement dite approche, il faut demander un permis d'exploitation minière — permis gratuit, remplaçant le permis d'exploration. Si l'on abandonne l'option ou le droit de propriété, il faut demander à la Commission de contrôle de l'énergie atomique d'annuler ou de modifier tout permis déjà émis.

## FINANCEMENT DES ENTREPRISES DE PROSPECTION

Les vieux de la vieille dans le monde de la prospection, individualistes fermes, acceptaient volontiers une vie frugale et de pénibles voyages pour mener l'existence qu'ils aimaient et pour avoir la chance, un jour, de devenir

riches. Le prospecteur constituait généralement lui-même le capital nécessaire, économisant sur son salaire ou sur le produit du piégeage. Parfois, il se faisait « commanditer » par quelqu'un qui lui fournissait la nourriture ou de l'argent, à condition, en général, de toucher la moitié de la valeur de ce que le prospecteur devait découvrir. Il y a encore quelques prospecteurs commandités par une seule personne, mais les frais de déplacement et d'achat de matériel sont maintenant si élevés que l'ancienne méthode est en voie de disparition. Les paragraphes suivants décrivent les principales méthodes actuelles de prospection.

### Prospecteurs amateurs

La prospection pour un nombre croissant de personnes, est un passe-temps ou un métier secondaire, auquel on s'adonne pendant les week-ends ou pendant les vacances. C'est là une activité qui peut être intéressante et rémunératrice, surtout pour des gens qui vivent loin des centres urbains ou qui peuvent passer leurs vacances dans des zones favorables, pourvu qu'ils étudient la question aussi à fond que ceux qui se livrent avec enthousiasme et intelligence à tout autre travail d'amateur.

### Prospecteurs à temps partiel

Il existe encore beaucoup de prospecteurs qui, pendant l'hiver, font du piégeage ou qui travaillent comme salariés dans les mines ou autres industries, afin de pouvoir prospecter durant l'été.

### Prospecteurs à plein temps

Un certain nombre de gens consacrent tout leur temps à la prospection. En général, ceux-là passent une bonne partie de l'hiver à étudier rapports géologiques, cartes et photographies aériennes, afin d'établir leur programme de travail pour la saison à venir. Ils travaillent seuls ou avec un associé et certains gagnent très bien leur vie en vendant des claims qui paraissent prometteurs ; un petit nombre se sont enrichis à la suite de découvertes exceptionnelles.

### Syndicats

La prospection coûtant très cher de nos jours, on remplace parfois le vieux système de la commandite par des syndicats, plusieurs commanditaires se groupant pour payer les frais d'un ou plusieurs prospecteurs. Un prospecteur sans expérience peut rarement, sinon jamais, se faire commanditer ainsi, mais celui qui a fait preuve de compétence et d'intégrité obtient souvent l'appui d'un groupe d'hommes d'affaires ou de professionnels. De tels groupes peuvent prendre l'initiative et rechercher des prospecteurs expérimentés.

D'ordinaire, lorsqu'on forme un syndicat, on évalue le montant des sommes nécessaires et on divise le total en « fractions » de \$ 100 par exemple ; les membres du syndicat peuvent alors acheter un certain nombre, égal ou non, de fractions et le prospecteur en reçoit pour sa part

le nombre convenu. Si on découvre quelque chose qui ait de la valeur, on peut vendre les claims et répartir le produit de la vente au prorata de la mise de fonds de chaque participant ou fonder une société, chaque « fraction » étant échangée contre un certain nombre d'actions. On peut laisser toute liberté au prospecteur. On peut aussi confier à l'un des membres du syndicat le rôle d'administrateur-gérant ; dans ce cas, c'est lui qui traitera des questions financières et surveillera plus ou moins le prospecteur.

Les syndicats ordinaires comportent un inconvénient : advenant des dettes, des poursuites judiciaires ou des malversations, les membres peuvent avoir beaucoup d'ennuis. Afin de parer à cette éventualité, certaines provinces ont prévu la constitution de sociétés à caractère spécial ou de petites sociétés à responsabilité limitée, dont l'objet est de financer les travaux de prospection ou d'étude préliminaire de gîtes miniers.

### L'emploi dans les sociétés minières

Les sociétés qui possèdent de grandes mines en production emploient souvent des prospecteurs expérimentés, aptes à découvrir de nouveaux gîtes ; ainsi espèrent-elles augmenter leur actif ou remplacer les premières mines épuisées. Le degré de surveillance varie. Les prospecteurs touchent en général un salaire mensuel et reçoivent provisions de bouche, matériel et frais de déplacements. En plus du salaire, la société paie d'ordinaire une gratification s'ils découvrent un gîte répondant à certaines exigences ; ou bien elle assure au prospecteur une certaine part des bénéfices lorsqu'un gîte découvert se révèle productif. Souvent, ni le prospecteur ni la société n'aiment ce mode de rémunération, bien qu'il paraisse à certains égards raisonnable ; d'une part, le prospecteur risque d'attendre plusieurs années avant que la propriété ne devienne rentable, si jamais elle le devient et, d'autre part, la société doit continuer à payer un pourcentage au prospecteur ou à ses héritiers jusqu'à épuisement de la mine. Ce genre d'arrangements avec des prospecteurs s'est modifié avec le temps, mais il tient encore dans une certaine mesure.

### Campagnes de prospection

Les campagnes de prospection systématiques financées par les sociétés vont sans cesse croissant. Elles peuvent se dérouler soit dans une région qui paraît favorable (sans acquisition préalable de terrain), soit dans des concessions minières ou sur des groupes de claims. La plupart des travaux de ce genre comportent une certaine combinaison d'études géologiques, géochimiques et géophysiques (chapitres X à XIII), mais un ou plusieurs prospecteurs de type traditionnel peuvent y participer et travailler en équipes composées chacune de deux prospecteurs chevronnés ou d'un prospecteur expérimenté et d'un novice. Lorsque les travaux sur le terrain doivent être très détaillés, on peut employer — sous surveillance — un certain nombre de forestiers ou d'étudiants d'université sans compétence par-

ticulière en matière de prospection. Leur rémunération peut se limiter à un salaire, mais d'ordinaire on leur verse une prime d'encouragement. Au cours de la prospection proprement dite, le chef de l'expédition peut affecter chaque équipe à une petite étendue ; lorsqu'elle y a travaillé quelque temps, il inspecte le travail et décide s'il y a lieu de le poursuivre aux mêmes endroits ou de l'orienter vers un autre chantier.

### Aide de l'État aux prospecteurs

Sous certaines conditions, les gouvernements de la Colombie-Britannique et de la Saskatchewan fournissent à leurs ressortissants l'argent ou le matériel nécessaire à la prospection. Tous ces renseignements figurent dans les brochures éditées par le ministère provincial intéressé. En 1965, le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien a mis sur pied un programme d'aide aux prospecteurs du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest. Les demandes doivent être présentées au Registraire des mines de la localité.

### Recherche de capitaux ou de travail

Les services gouvernementaux reçoivent de nombreuses demandes de la part de prospecteurs à la recherche d'un emploi. Sauf dans le cas mentionné ci-après, les fonctionnaires ne peuvent leur être utiles à cet égard. Des sociétés en quête de prospecteurs peuvent, cependant, transmettre la liste de leurs offres aux Centres de main-d'œuvre du Canada.

La meilleure manière pour un prospecteur d'obtenir un financement ou un emploi, s'il n'a pas les relations voulues, est sans doute d'insérer une annonce dans un journal minier ou une revue minière, ou dans un journal d'une localité minière. Il peut aussi, en lisant des journaux miniers et en consultant des manuels qui traitent de l'exploitation minière, savoir quelles sociétés se livrent activement à la prospection et à l'exploitation minière.

### Conventions

Toutes les conventions entre prospecteurs associés ou entre un prospecteur et des commanditaires, un syndicat ou une société, devraient être établies par écrit et porter la signature de témoins. On évite ainsi les conflits, les déceptions et les malentendus. On en confiera préférablement la rédaction à un homme de loi ; sinon, le prospecteur novice devrait consulter un prospecteur expérimenté ou un homme d'affaires en qui il a confiance. Pour éviter des complications ultérieures, tous les accords devraient être rédigés comme s'ils concernaient une mine devant être exploitée ultérieurement.

Aux propriétaires de claims qui accordent une option, nous conseillons d'insister auprès du preneur pour que ce dernier s'engage à fournir tous les plans et autres renseignements advenant qu'il choisisse de ne pas acheter.

Le bref exposé ci-après sur les conventions de prospection, qui s'inspire des cours de prospection donnés à Yellowknife, aborde quelques-uns des points essentiels.

Il faut délimiter aussi précisément que possible la zone où doit se faire la prospection ou le jalonnement, et les parties intéressées doivent décider qui fera le jalonnement. Il faut déterminer les sommes en jeu, les postes ou activités auxquelles elles seront affectées et préciser comment les intéressés se partageront les frais. Dans les territoires où il est permis à un mandataire de jalonner des claims, il faut indiquer clairement si les claims continueront d'être inscrits aux noms des personnes qui les ont enregistrés ou s'ils seront cédés. Il faut s'entendre sur la façon dont les claims seront vendus ou cédés avec faculté d'achat ; dans certains cas, on peut s'en remettre à la discrétion d'une seule partie, tandis que dans d'autres, il faut que la majorité des associés donnent leur consentement. Dans les conventions comportant une clause d'option, il faut énumérer exactement les claims visés, leurs prix et les conditions de paiement. Quand la vente d'un claim ou d'une propriété donne lieu à la participation au capital-actions d'une société, il faut préciser avec soin qu'elle sera la structure de la société qu'on se propose de fonder et la part qui reviendra aux prospecteurs.

### Ventes des gîtes

Ni les prospecteurs, ni les membres des syndicats n'ont, en général, la formation, l'expérience ou les fonds voulus pour dépasser le stade de la première exploitation d'un gîte. Le domaine des mines étant très technique et très spécialisé, il vaut mieux confier la prospection et la première exploration aux prospecteurs et l'exploration scientifique ainsi que l'extraction aux sociétés minières. De nos jours, certaines sociétés se spécialisent dans l'achat et l'exploration de gîtes qui offrent des possibilités. Si les recherches donnent de bons résultats, elles revendent ensuite ces gîtes à des sociétés minières.

La plupart des sociétés cherchent activement à acquérir des gîtes prometteurs. De nombreux prospecteurs ont cependant des difficultés à négocier la vente de leurs claims ou découvertes ; c'est habituellement, que leur évaluation personnelle diffère beaucoup de celle des entreprises auxquelles ils s'adressent. Certains prospecteurs mettent tous leurs espoirs dans une découverte qui n'intéresse aucune société. D'autres attribuent une valeur excessive à un gîte probable qui n'intéressera une société que si elle estime les conditions raisonnables. La solution à de tels problèmes n'est pas facile. Bien sûr, certaines mines très riches n'ont pas rapporté beaucoup à celui qui les avait découvertes ; il n'en est pas moins vrai que des prospecteurs ont quelquefois refusé tout compromis et sont morts pauvres alors qu'ils auraient pu toucher des sommes appréciables ou, à tout le moins, une part des bénéfices résultant de l'exploitation de gîtes d'une valeur indiscutable. L'importance d'une découverte saute rarement aux yeux. Dans presque tous les cas, l'exploration, comme nous

l'avons exposé ailleurs, ne s'effectue que progressivement ; on doit examiner toutes les venues et procéder par élimination avant de songer à l'exploitation. Ceux qui financent ces travaux risquent leurs capitaux, et ceux qui ont fait la découverte doivent se contenter, la plupart du temps, d'un montant fixe proportionné au risque financier. Le prospecteur peut aussi choisir d'attendre la fin des recherches ; advenant un échec, il ne touchera rien, mais si l'affaire est bonne, elle peut lui rapporter des sommes importantes.

En raison des risques, les sociétés achètent rarement du premier coup les terrains miniers qu'on leur offre. Voici le scénario le plus commun : on prend une option par contrat dressé en bonne et due forme et signé par les deux parties en présence d'un témoin ; il y est stipulé que la société s'engage, moyennant paiement comptant d'une somme généralement faible, à poursuivre les recherches pendant une période déterminée, au bout de laquelle elle a le droit d'abandonner la propriété ou de l'acheter — soit par versement comptant d'une somme donnée ou par remise d'une partie ou de la totalité du montant sous forme d'actions.

Plusieurs sociétés emploient des éclaireurs qu'elles chargent de parcourir les camps miniers et les terrains de prospection, d'entrer en contact avec les prospecteurs et de se tenir au courant des découvertes. D'autres sociétés préfèrent attendre les offres des prospecteurs avec qui elles ont déjà eu des relations. Par ailleurs, le prospecteur peut publier des annonces dans des journaux miniers au sujet de ses claims ou de ses gîtes probables ou bien consulter les journaux et périodiques miniers afin d'y trouver les noms et adresses des sociétés qui sont à la recherche de tel métal ou minéral. Le meilleur moyen de s'assurer un accueil favorable est de présenter des échantillons représentatifs du gîte et non des échantillons plus riches que la moyenne (ce qui sauterait aux yeux d'un spécialiste), puis de présenter une esquisse assez exacte des découvertes et des lieux d'échantillonnage. Lorsque le prospecteur a un doute sur la valeur d'une découverte ou sur les termes d'une entente qu'on lui propose, il ferait mieux de consulter un ingénieur-conseil, un géologue-conseil, un juriste, ou au moins un homme d'affaires, ou un autre prospecteur, plutôt que de recourir aux services publics dont ce n'est, en définitive, pas le domaine.

### Ouvrage à consulter

Lau, J. T.

« Pitfalls to beware of in mining agreements », *Northern Miner*, 6 mars 1969, p. 23.

### SERVICES GOUVERNEMENTAUX

Les ministères du gouvernement fédéral et de la plupart des gouvernements provinciaux ont différentes responsabilités en matière de prospection et d'exploitation minière ; ils fournissent aux prospecteurs divers services très importants. Afin d'assurer le maximum d'efficacité et d'éviter le double emploi, on établit des distinctions aussi nettes que

possible entre les fonctions de ces divers organismes. Il arrive cependant que plus d'un organisme se charge des mêmes tâches ; il en est ainsi, par exemple, de la cartographie géologique en raison de l'ampleur de la tâche. À l'intention du prospecteur désireux d'obtenir publications et règlements, nous décrivons ci-après l'activité des différents ministères afin qu'il sache à quelle porte frapper.

Le gouvernement fédéral compte deux ministères avec lesquels le prospecteur voudra sans doute entrer en contact : le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien et le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, dont l'une des directions, la Commission géologique du Canada, s'intéresse plus particulièrement à la prospection ; nous traiterons plus abondamment de cette dernière, un peu plus loin. La Direction des mines s'occupe surtout des recherches relatives au traitement des minerais, des combustibles, *et cetera*, de même qu'aux utilisations nouvelles ou améliorées que l'on peut faire des métaux, des alliages, des minéraux et des produits minéraux. Ses travaux portent donc avant tout sur l'activité qui suit les premiers travaux de prospection. On peut lui soumettre pour avis des échantillons de gîtes importants de minéraux industriels ou de roches. La Direction des ressources minérales publie des informations sur les ressources, les marchés, les prix et les débouchés des minéraux produits au Canada. La Direction des levés et de la cartographie publie des cartes topographiques et dirige la Photothèque nationale de l'air. La Division du traitement des minéraux donne des avis sur des échantillons tirés de gîtes industriels. Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources n'effectue pas d'analyse pour le public.

La Direction de l'expansion économique du Nord (ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien), voit à l'application des lois et règlements miniers relatifs au Yukon et aux Territoires du Nord-Ouest. Elle fournit les informations concernant le jalonnement des claims et leur enregistrement, les travaux obligatoires et la sécurité des mines dans cette région. Son bureau principal est à Ottawa, mais elle a des représentants à Whitehorse et à Yellowknife.

Lorsqu'on demande par écrit des cartes ou rapports et qu'on envoie des échantillons, *et cetera*, il ne faut pas oublier que les divers bureaux de l'administration sont distincts et souvent très éloignés les uns des autres. Un envoi mal adressé ou plusieurs demandes de publications et services groupées dans une même enveloppe peuvent entraîner des détails ou la perte de lettres ou d'échantillons. C'est pourquoi il faut noter soigneusement les fonctions précises des différents services dont il est ici question, ainsi que les adresses qui sont données à l'appendice VII.

### La Commission géologique du Canada

Fondée, en 1842, la Commission géologique du Canada est le plus ancien organisme scientifique du pays. Sa fonction principale est d'étudier les caractéristiques géologiques du pays, d'en dresser les cartes et de rédiger des rapports,

en vue d'aider les prospecteurs et les sociétés dans le choix des territoires d'opération et de les guider dans leurs travaux. Ainsi, la Commission géologique a-t-elle indirectement contribué à la découverte et à la mise en valeur de la plupart des mines du pays. En plus des services de cartographie géologique, elle comprend des bureaux spécialisés chargés de maintes études : gîtes minéraux, gisements de pétrole, de houille et autres, minéralogie, géophysique, géologie du pléistocène, géologie appliquée et paléontologie.

Un peu plus d'un siècle après sa création, la Commission géologique, dont le personnel ne comptait à l'origine que deux ou trois membres, envoie sur le terrain chaque année de 70 à 90 équipes. Elle est en outre dotée d'un laboratoire spécialisé. Bien qu'elle ait publié quelque 5 000 cartes et rapports, de nombreuses régions du pays n'ont pas encore fait l'objet de levés de reconnaissance. De vastes territoires attendent d'être étudiés plus à fond ; de nombreuses régions, inventoriées de manière approfondie, exigent maintenant une révision à la lumière de connaissances récentes, de nouvelles découvertes ou de nouveaux besoins, et de nombreux problèmes n'ont pas encore été résolus.

La Commission n'est pas à proprement parler un organisme de prospection, mais ses géologues ont fait d'importantes découvertes au cours de leurs levés et, durant des périodes critiques, elle a mené à bien des programmes spéciaux de prospection.

Les catalogues des publications sont à la disposition du public. Les particuliers, comme les sociétés, peuvent demander qu'on les prévienne lorsqu'on en édite de nouvelles. Les demandes doivent s'accompagner d'un mandat-poste établi à l'ordre du Receveur général du Canada. Si quelqu'un ignore le coût exact d'une publication et envoie une trop forte somme, la Commission renvoie le solde. Les commandes doivent être adressées à la Commission géologique du Canada ou à Information Canada, à Ottawa ; ou bien, pour les publications relatives à leurs régions, aux bureaux locaux de la Commission géologique du Canada à Vancouver et à Calgary ; ou bien encore aux géologues résidents, à Whitehorse et Yellowknife. Les intéressés peuvent consulter ces publications, y compris de nombreux ouvrages épuisés, au bureau central et aux bureaux locaux de la Commission géologique du Canada. La bibliothèque de la Commission peut, après arrangements, prêter à d'autres bibliothèques les ouvrages épuisés.

Toute correspondance destinée au bureau central de la Commission géologique doit être adressée au directeur, et non à l'un de ses subordonnés — qui pourrait ne plus faire partie du personnel ou se trouver en mission sur le terrain.

En outre, la Commission géologique vend aux étudiants et aux prospecteurs des échantillons de roches et de minéraux. Pour obtenir les listes de prix ou commander des échantillons, on doit encore s'adresser au directeur.

La Commission identifie gratuitement les échantillons de roches et de minéraux. Il suffit de les expédier au « Directeur de la Commission géologique du Canada, 601, rue

Booth, Ottawa » et d'inscrire sur l'envoi la mention « Pour identification de minéraux ». Des renseignements sur le lieu de prélèvement et autres indications pertinentes faciliteront le travail.

Les fonctionnaires de la Commission géologique sont heureux d'aider tous les prospecteurs. L'on comprendra cependant qu'ils ne sont pas en mesure de résoudre tous les problèmes. Au surplus, ils ne cherchent pas à concurrencer les services des ingénieurs-conseils et des géologues-conseils. Les seuls renseignements qu'ils donnent avant la publication des rapports de la Commission sont ceux qui ne sauraient avantager injustement quelqu'un et qui ne se rapportent qu'à la propriété minière du demandeur. Quand il s'agit d'une société, ils ne peuvent en parler qu'à un représentant officiel de la société. La Commission géologique n'étudie pas une découverte à la demande de l'inventeur ou du propriétaire mais, dans l'exercice de ses fonctions, elle étudie beaucoup de découvertes et de propriétés ; elle se fait alors un plaisir de donner les meilleurs conseils possibles. Ses fonctionnaires ne peuvent consacrer qu'une partie de leur temps aux demandes de renseignements des visiteurs et des correspondants, sans retarder l'établissement des cartes et la rédaction des rapports. Ceux qui cherchent à s'instruire davantage devraient d'abord se procurer les publications disponibles traitant du sujet qui les intéresse ; elles contiennent en général tous les renseignements que la Commission a en main ou qu'elle peut communiquer.

### Services des gouvernements provinciaux

La plupart des provinces ont un ministère des Mines ou une Division des mines dans un autre ministère. Ces administrations sont chargées de tout ce qui a trait au jalonnement, à la mise en valeur, à la sécurité minière, *et cetera*. Les services varient d'une province à l'autre et d'une époque à l'autre et sont évidemment plus importants dans les provinces où l'exploitation minière est plus développée. En général, il s'agit de la distribution de brochures : renseignements et conseils sur la prospection dans la province en cause, rapports annuels décrivant les propriétés minières, cartes et rapports géologiques sur certaines régions. En outre, ces administrations offrent gratuitement d'autres services : détermination des minéraux, analyses spectrographiques, ou essais d'un petit nombre d'échantillons. Quelques provinces délivrent au prospecteur, en même temps que le permis de prospection, un certain nombre de bons donnant droit chacun à un essai. Les ingénieurs miniers et les géologues peuvent également examiner les découvertes et conseiller les prospecteurs, mais aucun ministère ne tente de répondre à toutes les demandes d'inspection. Pour plus de précisions, on consultera les Régistres miniers ou d'autres fonctionnaires du ministère intéressé ou l'on écrira au bureau central du ministère. On trouvera à l'appendice v les désignations des ministères provinciaux et les adresses de leurs bureaux principaux.



## APPENDICES

- I. Liste des éléments
- II. Tableau périodique des éléments
- III. Abondance d'éléments dans les roches ignées ordinaires
- IV. Tableau des principaux minéraux
- V. Classification sommaire des roches communes
- VI. Matériel et essais pour identifier les minéraux
- VII. Adresses



## APPENDICE I

### Liste des éléments

Les éléments, dont il est question au chapitre 3, sont les composants de base de la matière. À l'état normal, la plupart d'entre eux sont des corps solides. Onze sont des gaz et deux, le brome et le mercure, sont des liquides. Les auteurs anglo-saxons les divisent parfois en métaux, semi-métaux (métalloïdes), non-métaux et gaz. Toutefois, cette classification n'est faite que pour des raisons de commodité ; elle est dépourvue de précision scientifique. Dans notre tableau, les substances douées de « l'éclat métallique » sont considérées

comme des métaux et les autres, comme des non-métaux. Les éléments, qui, à pression et à température normales, sont gazeux (oxygène, azote, etc.), sont classés comme des gaz. Cependant, deux de ces derniers, le chlore et le fluor, se trouvent rarement et pour ainsi dire jamais à l'état gazeux ; ils sont combinés à d'autres éléments.

Les éléments marqués d'un astérisque appartiennent au groupe des terres rares auquel le scandium et l'yttrium sont étroitement apparentés.

*Tableau des éléments*

Numéro atomique	Nom	Symbole	Nature	Poids atomique	Numéro atomique	Nom	Symbole	Nature	Poids atomique
89	Actinium.....	Ac	métal (?).....	227	42	Molybdène.....	Mo	métal.....	96.0
13	Aluminium.....	Al	métal.....	27.0	60	Néodyme*.....	Nd	métal.....	144.3
95	Américium.....	Am	métal (?).....	243	10	Néon.....	Ne	gaz.....	20.2
51	Antimoine.....	Sb	semi-métal.....	121.8	93	Neptunium.....	Np	métal.....	237
47	Argent.....	Ag	métal.....	107.9	28	Nickel.....	Ni	métal.....	58.7
18	Argon.....	A	gaz.....	39.9	41	Niobium (autrefois columbium).....	Nb	métal.....	92.9
33	Arsenic.....	As	semi-métal.....	74.9	7	Nitrogène (azote).....	N	gaz.....	14.0
85	Astatine.....	At	non-métal.....	210	102	Nobelium.....	No	métal.....	254.0
7	Azote.....	N	gaz.....	14.0	79	Or.....	Au	métal.....	197.0
56	Baryum.....	Ba	métal.....	137.4	76	Osmium.....	Os	métal.....	190.2
97	Berkélium.....	Bk	métal.....	245	8	Oxygène.....	O	gaz.....	16
4	Béryllium.....	Be	métal.....	9.0	46	Palladium.....	Pd	métal.....	106.7
83	Bismuth.....	Bi	métal.....	209	15	Phosphore.....	P	non-métal.....	31.0
5	Bore.....	B	non-métal.....	10.8	78	Platine.....	Pt	métal.....	195.2
35	Brome.....	Br	non-métal.....	79.9	82	Plomb.....	Pb	métal.....	207.2
48	Cadmium.....	Cd	métal.....	112.4	94	Plutonium.....	Pu	métal.....	242
55	Caesium.....	Cs	métal.....	132.9	84	Polonium.....	Po	métal.....	210
20	Calcium.....	Ca	métal.....	40.1	19	Potassium.....	K	métal.....	39.1
98	Californium.....	Cf	métal.....	248	59	Praséodyme*.....	Pr	métal.....	140.9
6	Carbone.....	C	non-métal.....	12.0	61	Prométhéum*.....	Pm	métal.....	145
58	Cérium*.....	Ce	métal.....	140.1	91	Protactinium.....	Pa	métal (?).....	231
17	Chlore.....	Cl	gaz.....	35.5	88	Radium.....	Ra	métal.....	226.1
24	Chrome.....	Cr	métal.....	52.0	86	Radon.....	Rn	gaz.....	222
27	Cobalt.....	Co	métal.....	58.9	75	Rhénium.....	Re	métal.....	186.3
	Columbium (voir niobium)				45	Rhodium.....	Rh	métal.....	102.9
29	Cuivre.....	Cu	métal.....	63.5	37	Rubidium.....	Rb	métal.....	85.5
96	Curium.....	Cm	métal (?).....	245	44	Ruthénium.....	Ru	métal.....	101.1
66	Dysprosium*.....	Dy	métal.....	162.5	62	Samarium*.....	Sm	métal.....	150.4
99	Einsteinium.....	Es	métal.....	254.0	21	Scandium.....	Sc	métal.....	45.0
68	Erbium*.....	Er	métal.....	167.2	34	Sélénium.....	Se	non-métal.....	79.0
50	Étain.....	Sn	métal.....	118.7	14	Silicium.....	Si	non-métal.....	28.1
63	Europium*.....	Eu	métal.....	152	11	Sodium.....	Na	métal.....	23.0
26	Fer.....	Fe	métal.....	55.9	38	Strontium.....	Sr	métal.....	87.6
100	Fermium.....	Fm	métal.....	253.0	16	Soufre.....	S	non-métal.....	32.1
9	Fluor.....	F	gaz.....	19	73	Tantale.....	Ta	métal.....	181.0
87	Francium.....	Fr	métal.....	223	43	Technétium.....	Tc	métal.....	99
64	Gadolinium*.....	Gd	métal.....	156.9	52	Tellure.....	Te	non-métal.....	127.6
31	Gallium.....	Ga	métal.....	69.7	65	Terbium*.....	Tb	métal.....	158.9
32	Germanium.....	Ge	métal.....	72.6	81	Thallium.....	Tl	métal.....	204.4
72	Hafnium.....	Hf	métal.....	178.6	90	Thorium.....	Th	métal.....	232.1
2	Hélium.....	He	gaz.....	4.0	69	Thulium*.....	Tm	(métal de la série des terres rares ?).....	168.9
67	Holmium*.....	Ho	métal.....	164.9					
1	Hydrogène.....	H	gaz.....	1.0	22	Titane.....	Ti	métal.....	47.9
49	Indium.....	In	métal.....	114.8	74	Tungstène.....	W	métal.....	183.9
53	Iode.....	I	non-métal.....	126.9	92	Uranium.....	U	métal.....	238.1
77	Iridium.....	Ir	métal.....	192.2	23	Vanadium.....	V	métal.....	51.0
36	Krypton.....	Kr	gaz.....	83.8		Wolfram (voir tungstène)			
57	Lanthane*.....	La	métal.....	138.9	54	Xénon.....	Xe	gaz.....	131.3
103	Lawrencium.....	Lw	métal.....	257.0	70	Ytterbium*.....	Yb	métal.....	173.0
3	Lithium.....	Li	métal.....	6.9	39	Yttrium.....	Y	métal.....	88.9
71	Lutécium*.....	Lu	métal.....	175.0	30	Zinc.....	Zn	métal.....	65.4
12	Magnésium.....	Mg	métal.....	24.3	40	Zirconium.....	Zr	métal.....	91.2
25	Manganèse.....	Mn	métal.....	54.9					
101	Mendelevium.....	Md	métal.....	256.0					
80	Mercure.....	Hg	métal (liquide).....	200.6					

## APPENDICE II

### Tableau périodique des éléments

Les premières versions de la loi des périodes stipulaient que les propriétés des éléments sont des fonctions périodiques de leurs poids atomiques. On en est venu à cette conclusion parce que, si nous rangeons les éléments en séries, dans l'ordre croissant de leurs poids atomiques (*voir* appendice I), nous constatons qu'à partir du neuvième, les corps présentent de grandes analogies avec les huit premiers. Cette constatation a conduit à l'élaboration de « tableaux périodiques » dans lesquels les rangées horizontales sont appelées « périodes », et les colonnes verticales « groupes ». Bien que certaines anomalies soient demeurées sans explication, le concept s'est avéré très utile et a amené la découverte de plusieurs éléments nouveaux.

L'évolution des connaissances, de la structure de l'atome, a permis de formuler une nouvelle loi des périodes dans laquelle on élimine les anomalies antérieures en démontrant que les propriétés des éléments sont des fonctions périodiques de leur nombre atomique et non de leur poids atomique. L'atome est formé d'un noyau central portant une charge électrique positive, autour duquel gravite un nuage d'électrons qui portent un nombre égal de charges négatives. Certaines des principales propriétés chimiques, dont la valence, sont déterminées par le nombre d'électrons sur les couches extérieures. On a découvert que, si les « numéros atomiques » sont attribués d'après les rayons X émis par les éléments, ces numéros correspondent au nombre de charges positives nettes sur le noyau et aussi au nombre d'électrons négatifs. Les séries établies d'après ces nombres correspondent essentiellement à celles qui se fondent sur l'ordre croissant du poids atomique, bien que quelques paires, comme celle du cobalt et du nickel, soient interverties. On peut disposer les séries horizontales, ou périodes, de diffé-

rentes façons dont la plus courante est illustrée au tableau ci-annexé (tableau périodique). On n'y indique que le strict essentiel des numéros atomiques et des symboles chimiques, qu'on pourra comparer avec les noms qui figurent à l'appendice I. On a ajouté deux séries spéciales au bas de tableau, l'une pour le groupe des « lanthanides » qui comprend les quatorze éléments de terres rares (entre 57 et 72), et l'autre pour le groupe des « actinides » (n° 90 et suivants). Ce dernier groupe comprend nombre d'éléments radioactifs qui, à l'exception du potassium et du rubidium, viennent après le polonium (84). Le technétium, le prométhéum et les éléments qui viennent après l'uranium n'ont été fabriqués qu'en laboratoire et ne se trouvent pas à l'état naturel.

Nous ne pouvons mentionner ici que quelques-unes des associations qui figurent au tableau. Le premier groupe comprend les éléments d'alcalis et le dernier comprend les gaz inertes, qui ne peuvent réagir avec d'autres éléments parce que leur couche extérieure d'électrons est complète. Le cobalt et le nickel, le nickel et le cuivre et le zinc présentent des affinités horizontales. Le cuivre, l'argent et l'or présentent des affinités verticales, comme le zinc et le cadmium. Le groupe des platines (44, 45, 46, 76, 77, 78) présente à la fois des groupements horizontaux et verticaux. Quant aux gaz, ils sont groupés à peu près en triangle dans le coin droit supérieur du tableau. Le gros trait en zigzag sépare les métaux des non-métaux. Les éléments qui tendent à former des silicates sont groupés dans la partie gauche du tableau. Les éléments qui présentent des analogies avec le soufre et qui tendent, par conséquent, à former des sulfures, sont groupés principalement dans le centre supérieur droit du tableau.

PÉRIODE	GROUPE IA																	VIII	
	1	H																2	He
	2	3	4											5	6	7	8	9	10
		Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
	3	11	12	III B	IV B	V B	V I B	V II B	GROUPE VIII			IB	II B	13	14	15	16	17	18
		Na	Mg										Al	Si	P	S	Cl	Ar	
	4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
7	87	88	89																
	Fr	Ra	Ac	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
				Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
				90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
				Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw		

Appendice II. Tableau périodique des éléments groupés selon leur numéro atomique.



## APPENDICE III

## Abondance d'éléments dans les roches ignées ordinaires

Élément	Teneur (ppm)	Teneur (en pourcent.)	Élément	Teneur (ppm)	Teneur (en pourcent.)
Aluminium	81,000	8.1	Molybdène	1.7	0.000,17
Antimoine	0.3	0.000,03	Nickel	100	0.01
Argent	0.2	0.000,02	Niobium	20	0.002
Arsenic	2	0.000,2	Or	0.001	0.000,000,1
Baryum	640	0.064	Osmium	0.0001	0.000,000,01
Béryllium	4.2	0.000,42	Oxygène	473,000	47.3
Bismuth	0.1	0.000,01	Palladium	0.02	0.000,002
Bore	13	0.001,3	Phosphore	900	0.09
Brome	1.8	0.000,18	Platine	0.005	0.000,000,5
Cadmium	0.13	0.000,013	Plomb	16	0.001,6
Caesium	10	0.001	Potassium	25,000	2.5
Calcium	33,000	3.3	Rhénium	0.001	0.000,000,1
Carbone	230	0.023,0	Rhodium	0.001	0.000,000,1
Cérium	40	0.004	Rubidium	280	0.028
Chlore	230	0.023,0	Ruthénium	0.0001	0.000,000,01
Chrome	117	0.011,7	Scandium	13	0.001,3
Cobalt	18	0.001,8	Sélénium	0.01	0.000,001
Cuivre	70	0.007	Silicium	291,000	29.1
Étain	32	0.003,2	Sodium	25,000	2.5
Fer	46,500	4.65	Soufre	900	0.09
Fluor	660	0.066	Strontium	350	0.035
Gallium	26	0.002,6	Tantale	2.7	0.000,27
Germanium	2	0.000,2	Tellure	0.001	0.000,000,1
Hafnium	3	0.000,3	Thallium	1.7	0.000,17
Indium	0.1	0.000,01	Thorium	13	0.001,3
Iode	0.4	0.000,04	Titane	4,400	0.44
Iridium	0.001	0.000,000,1	Tungstène	2	0.000,2
Lithium	50	0.005	Uranium	2.6	0.000,26
Magnésium	17,000	1.7	Vanadium	90	0.009
Manganèse	1,000	0.1	Zinc	80	0.008
Mercure	0.06	0.000,006	Zirconium	170	0.017

Version modifiée de Hawkes et Webb; *Geochemistry in Mineral Exploration*; Harper and Row, éditeurs, New York, 1962, page 22.

## APPENDICE IV

### Tableau des principaux minéraux<sup>1</sup>

(dressé par M. H. R. Steacy)

*Nota: On peut se procurer ce tableau, sous forme de brochure en s'adressant à la Commission géologique du Canada, ou chez l'Imprimeur de la Reine, au prix de 50c. l'exemplaire*

#### A. Minéraux à éclat métallique ou à éclat semi-métallique<sup>2</sup>

Nom et composition	Dureté <sup>3</sup>	Caractéristiques	Observations
<b>1. Couleur variant du blanc au gris clair—Trait<sup>4</sup> blanc</b>			
Argent Ag	2·5-3	Filaments, écailles, lamelles minces ou épaisses. Malléable, très lourd. Couleur et trait d'un blanc argenté, qui deviennent, par ternissement, tantôt gris tantôt noir.	Souvent allié à l'or. Presque toujours terni, sauf sur une surface très fraîche.
<b>2. Couleur variant du blanc au gris clair—Trait variant du noir grisâtre au noir.</b>			
Cobaltine CoAsS	5·5	Se trouve d'ordinaire sous forme de petits cristaux à faces striées et quelquefois en masses. Couleur blanc d'argent, souvent à teinte rougeâtre. Trait d'un noir grisâtre.	C'est une source de cobalt. S'altère en donnant du cobalt arsénieux (érythrine) rose.
Arsénopyrite FeAsS	5·5-6	En masses. Cristaux disséminés à stries très visibles. Couleur variant du blanc d'acier au gris d'acier. Trait d'un noir grisâtre. Odeur d'ail à la cassure.	Source d'arsenic blanc. Contient souvent du cobalt et de l'argent, parfois de l'or.
Skuttérodite (CoNi) As <sub>3</sub>	6	D'ordinaire en masses. Couleur intermédiaire entre le blanc d'étain et le gris d'argent. Devient quelquefois gris par ternissement. Trait d'un noir grisâtre.	Nom donné à une série d'arséniures de nickel-cobalt dont les cristaux ont une structure semblable. Cette série comprend la smaltine et la chloanthite. Couleur ressemblant à celle de la peinture à l'aluminium.
<b>3. Couleur variant du gris de plomb au noir—Trait blanc, gris, brun clair ou rouge.</b>			
Molybdénite MoS <sub>2</sub>	1-1·5	Le plus souvent en écailles ou en masses de structure foliacées <sup>5</sup> . Grasses au toucher et sectiles. Lamelles flexibles. Couleur d'un gris verdâtre, sur porcelaine, d'un gris bleuâtre, sur papier. Vapeurs sulfureuses au chauffage.	Source importante de molybdène. Se trouve dans des pegmatites, dans des filons, associée à la scheelite, le wolfram et la fluorine, ainsi que comme minéral accessoire dans des granites. Diffère du graphite par la couleur et le trait, et par l'effet au chauffage.
Argent Ag	2·5-3	Filaments, écailles, lamelles minces ou épaisses. Malléable. Très lourd. Couleur et trait d'un blanc argenté, qui deviennent, par ternissement, tantôt gris tantôt noir.	Souvent allié à l'or. Presque toujours terni, sauf sur une surface très fraîche.

<sup>1</sup> Les minéraux énumérés ici sont ceux que nous conseillons d'étudier en premier lieu. Il se peut que, se présentant sous diverses formes, un minéral figure à plus d'un endroit dans le tableau.

Beaucoup de minéraux peuvent être identifiés par leurs propriétés physiques ; comme ces propriétés varient d'un minéral à l'autre, elles constituent un guide utile pour la classification. Le présent tableau est une première classification fondée sur l'éclat, la couleur et la dureté. Les minéraux qui y figurent sont d'abord divisés en deux catégories principales : A) ceux qui ont un éclat métallique ou semi-métallique et B), ceux qui ont un éclat non métallique. Les minéraux de chaque catégorie principale sont ensuite subdivisés d'après leur couleur et finalement, ils sont répartis dans chaque groupe de couleurs, dans l'ordre croissant de dureté. Les minéraux métalliques sont de nouveau subdivisés d'après leur trait. Il est important de lire attentivement les divers renvois. On obtiendra des descriptions plus complètes en consultant les manuels réguliers de minéralogie.

<sup>2</sup> On appelle « éclat » l'apparence générale que prend la surface d'un minéral, immédiatement après la cassure. L'éclat peut être métallique si la surface ressemble à une substance métallique, ou non métallique. On appelle « semi-métallique » l'éclat intermédiaire entre les deux. L'éclat non métallique est défini dans le présent tableau par les expressions brillant, mat, vitreux, gras, perlé, résineux, luisant, poisseux et cireux.

<sup>3</sup> La dureté est l'une des caractéristiques les plus utiles pour déterminer les minéraux. La présente colonne indique la dureté relative des minéraux, mesurée d'après une échelle-type connue sous le nom d'échelle de Mohs et comprenant dix minéraux, qui sont les suivants, dans l'ordre croissant de dureté : 1. talc ; 2. gypse ; 3. calcite ; 4. fluorine ; 5. apatite ; 6. feldspath ; 7. quartz ; 8. topase ; 9. corindon ; 10.

diamant. Rayer un métal sur une surface lisse permet d'évaluer la dureté du métal. Quand on peut le rayer à l'ongle, son indice de dureté est d'environ 2.5. Si la lame d'un canif ordinaire parvient à le rayer, son indice est de 5.5 à 6.

<sup>4</sup> On appelle « trait » ou « couleur de la poussière », la couleur que prend un minéral réduit en poudre fine. Pour l'observer, on peut pulvériser un fragment du minéral, le limer, ou le frotter sur un morceau de porcelaine blanche (non vernissée). Le trait est d'une utilité particulière lorsqu'il s'agit de reconnaître des minéraux dont l'éclat est métallique ou semi-métallique. On s'est donc fondé sur la couleur de leur trait pour les partager en sous-classes.

<sup>5</sup> Quelques minéraux sont caractérisés par leurs cristaux naturels bien nets, mais la plupart se présentent en masses dépourvues de toute forme cristalline extérieure. Ces masses peuvent présenter diverses structures : clivable, grenue, lamellaire, fusiforme, fibreuse, en lames minces, foliacée, écailleuse, botryoïde ou compacte. Les masses clivables se fendent le long de surfaces lisses et planes. Les masses grenues sont composées de grains distincts, soit grossiers, soit fins. Les masses lamellaires sont composées de couches minces. Les masses fusiformes sont formées de fuseaux grêles. Les masses fibreuses sont composées de fibres, qui peuvent être grossières ou fines, détachables ou non. Les masses en lames sont formées de lames minces. Les masses foliacées sont composées de feuillets facilement détachables. Les masses écailleuses consistent en écailles minces, facilement détachables. Les masses botryoïdes ont des surfaces arrondies, qui leur donnent l'air de grappes de raisins. Enfin, les masses compactes, denses et grenues, résistent très bien à la fragmentation ou à la cassure.

## Tableau des principaux minéraux (suite)

### A. Minéraux à éclat métallique ou à éclat semi-métallique (suite)

Nom et composition	Dureté	Caractéristiques	Observations
<i>3. Couleur variant du gris de plomb au noir — Trait blanc, gris, brun clair ou rouge (suite)</i>			
Sphalérite ZnS	3-5-4	En masses. Clivage dodécaèdre parfait. Éclat tantôt brillant, tantôt résineux. Couleur brune, jaune ou noire. Trait tantôt brunâtre, tantôt jaune clair, tantôt blanc.	Source la plus importante de zinc. D'ordinaire intimement associée à la galène.
Hématite Fe <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	5-6	En masses compactes, grenues ou botryoïdes, et en amas terreux. Couleur brun rougeâtre à gris d'acier. Trait rouge à brun rougeâtre.	Minéral de fer le plus important. Trait des plus caractéristiques. La structure de la <i>spécularite</i> <sup>1</sup> est micacée et son éclat, miroitant.
Cassitérite SnO <sub>2</sub>	6-7	En masses et en cristaux (forme ordinaire); botryoïde, structure fibreuse (étain de bois); grains roulés (étain de rivière). Densité élevée. Couleur ordinaire: noire ou brune. Trait allant du grisâtre au brunâtre.	Source la plus importante de l'étain. Se trouve souvent dans les filons intimement associés à des roches granitiques ou à des pegmatites. Souvent dans des gisements alluvionnaires.
<i>4. Couleur variant du gris de plomb au noir — Trait brun foncé ou noir.</i>			
Graphite C	1-2	Le plus souvent en écailles ou en masses de structure foliacée. Gras au toucher. Sectile. Lamelles flexibles. Couleur allant du noir au gris d'acier. Trait d'un noir brillant.	Se trouve surtout dans les roches métamorphiques; abonde dans le calcaire cristallin. La couleur et le trait permettent de le distinguer de la molybdénite.
Stibnite Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	2	En masses de structure fusiforme; en amas de lames minces; cristaux ressemblant à des aiguilles, enchevêtrés, souvent striés et torus. Clivage parfait. Couleur et trait d'un gris de plomb. Les arêtes minces fondent à la flamme d'une bougie.	C'est la source d'antimoine la plus importante. Plus dure que le graphite. Plus légère que la galène.
Pyrolusite MnO <sub>2</sub>	2-2.5	Le plus souvent en masses de structure fibreuse, grenue, pulvérulente. Aussi en couches enrobantes. Couleur allant d'un gris d'acier à un noir de fer. Trait tantôt noir, tantôt noir bleuâtre. Tache les doigts.	C'est une source de manganèse. D'origine secondaire.
Galène PbS	2.5	En masses, avec clivage cubique. Parfois sous forme de cristaux, d'ordinaire cubiques. Lourde. Couleur et trait d'un gris de plomb parfait.	C'est une source de plomb très importante. Contient souvent de l'argent.
Chalcosine Cu <sub>2</sub> S	2.5-3	En masses; également en cristaux profondément striés et fréquemment maclés. Lourde. Assez facilement sectile. Couleur et trait gris de plomb noirâtre; souvent colorée de bleu ou de vert.	Source importante de cuivre. Associée d'ordinaire à d'autres minerais cuprifères.
Tétraédrite (CuFe) <sub>12</sub> Sb <sub>4</sub> S <sub>13</sub>	3-4	En masses; également en cristaux tétraédraux. Éclat brillant. Couleur gris silex à noir de fer. Trait allant du brun au noir.	Source de cuivre. Contient souvent de l'argent.
Wolfram (FeMn) WO <sub>4</sub>	5-5.5	En masses grenues ou lamellaires; aussi en cristaux, d'ordinaire striés et en grains roulés. Clivage parfait. Lourde. Parfois faiblement magnétique. Couleur allant du gris foncé au noir brunâtre. Trait brunâtre, foncé ou noir. Fond facilement.	Source de tungstène. Se trouve dans des filons de quartz, des pegmatites et des granites. Associé d'ordinaire à la cassitérite et la scheelite. Prend souvent la forme de gîtes alluvionnaires.
Chromite FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	5.5	En masses grenues ou compactes. Parfois faiblement magnétique. Couleur noir de fer à noir brunâtre. Trait brun.	Source de chrome. Se trouve d'ordinaire dans des roches basiques serpentinisées, mais parfois aussi dans des placers. Se distingue de la magnétite par son trait et son faible magnétisme.
Ilménite FeTiO <sub>3</sub>	5-6	En masses grenues et compactes. Légèrement magnétique. Couleur noir de fer. Trait brunâtre à noir.	Source de titane. Fréquemment intimement associée à la magnétite. Se trouve d'ordinaire dans les sables noirs.

<sup>1</sup> Les noms en italiques désignent des variétés de l'espèce décrite. Ainsi la spécularite est une variété d'hématite.

## Tableau des principaux minéraux (suite)

### A. Minéraux à éclat métallique ou à éclat semi-métallique (suite)

Nom et composition	Dureté	Caractéristiques	Observations
<b>4. Couleur variant du gris de plomb au noir—Trait brun foncé ou noir (suite)</b>			
Uraninite UO <sub>2</sub>	5-6	Forme type: cristaux cubiques et octaédriques bien développés. Très radioactive. Couleur allant du noir d'acier au noir. Trait noir.	Se trouve surtout dans le granite et les pegmatites syénitiques. Contient d'ordinaire une proportion appréciable de thorium et de terres rares.
Uraninite ( <i>pechblende</i> ) UO <sub>2</sub>	5-6	En masses, quelquefois en formes arrondies ou botryoïdes; également finement disséminée. Lourde. Aspect de la poix. Couleur d'acier foncé à noir brillant. Trait noir. Très radioactive.	Se trouve dans des gisements filoniens. Souvent associée à l'hématite. Contient peu ou pas de thorium et de terres rares.
Magnétite Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	5·5-6·5	D'ordinaire en masses grenues; quelquefois en cristaux octaédriques. Plans de clivage suivant les faces de l'octaèdre. Très magnétique. Couleur et trait noirs.	Source importante de fer. S'altère en limonite et en hématite. Très répandue. En abondance dans les sables noirs.
Colombite-tantalite (FeMn)(NbTa) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	6	Cristaux rectangulaires ou en plaques, souvent en agrégats rayonnants ou parallèles; grains disséminés. Très lourde. Couleur et trait noir brunâtre à noir de fer. Fréquemment chatoyante.	Source de columbium et de tantale. Se trouve d'ordinaire dans des pegmatites.
<b>5. Couleur jaune, laiton ou bronze—Trait jaune ou noir</b>			
Or Au	2·5-3	D'ordinaire en paillettes, écailles et filaments. Cassure hachée. Malléable. Très lourd. Couleur et trait jaune doré.	Généralement allié à l'argent. Se trouve fréquemment dans des filons de quartz, de même que dans des alluvions sous forme de paillettes ou de pépites qu'on peut facilement extraire à la batée.
Bornite Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub>	3	En masses. Couleur rouge de bronze sur surface fraîche; devient facilement pourpre ternissement. Trait gris noir.	Source de cuivre. Quelquefois appelée « cuivre panaché » ou « érubéscite ».
Chalcopyrite CuFeS <sub>2</sub>	3·5-4	En masses. Couleur jaune de laiton; souvent ternie et iridescente. Trait noir verdâtre.	Source la plus importante de cuivre. Contient quelquefois de l'or et de l'argent.
Pyrrhotine Fe <sub>7</sub> S <sub>8</sub>	3·5-4	En masses, d'ordinaire grenues. Faiblement magnétique. Couleur jaune de bronze à rouge de cuivre; ternit rapidement. Trait gris noir.	Contient parfois du nickel par suite de la présence de pentlandite. Ses propriétés magnétiques la distinguent de la chalcopyrite et de la pyrite.
Pentlandite (FeNi)S	3·5-4	En masses et disséminée. Couleur jaune de bronze pâle. Trait brun de bronze pâle.	Source de nickel. Presque toujours associée à la pyrrhotine.
Pyrite (de fer) FeS <sub>2</sub>	6-6·5	En masses, souvent finement grenues; cristaux cubiques fréquents, souvent striés. Couleur jaune de laiton pâle. Trait noir verdâtre au noir brunâtre.	Le plus répandu des minerais sulfurés. S'altère en limonite. Contient parfois de l'or. Sa dureté la distingue de la chalcopyrite, de la pyrrhotine et de l'or.
<b>6. Couleur rouge ou brune—Trait rouge ou brun</b>			
Cuivre Cu	2·5-3	En masses, écailles; cristaux déformés. Cassure hachée. Malléable. Lourd. Couleur et trait rouge cuivre.	Souvent taché par des minéraux secondaires de cuivre (verts et bleus).
Cinabre HgS	2-2·5	Couches terreuses; croûtes cristallines; en masses. Lourd. Couleur rouge clair. Trait écarlate. Chauffé, il produit des vapeurs sulfureuses et des gouttelettes de mercure.	Source principale de mercure. Ressemble à certaines variétés d'hématite, mais s'en distingue par l'essai à la chaleur.
Sphalérite ZnS	3·5-4	En masses. Clivage dodécaédrique parfait. Éclat tantôt brillant, tantôt résineux. Couleur brune, jaune ou noire. Trait tantôt brunâtre, tantôt jaune clair, tantôt blanc.	Source la plus importante de zinc. D'ordinaire intimement associée à la galène.
Hématite Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5·5-6·5	En masses compactes, grenues ou botryoïdes, et en amas terreux. Couleur brun rougeâtre à gris d'acier. Trait rouge à brun rougeâtre.	Minéral de fer le plus important. Trait des plus caractéristiques. La structure de la <i>spécularite</i> est micacée et son éclat, miroitant.
Cassitérite SnO <sub>2</sub>	6-7	En masses et en cristaux (forme ordinaire); botryoïde, structure fibreuse (étain de bois); grains roulés (étain de rivière). Lourde. Couleur ordinaire: noire ou brune. Trait allant du grisâtre au brunâtre.	Source la plus importante de l'étain. Se trouve souvent dans des filons intimement associés à des roches granitiques ou à des pegmatites. Souvent dans des gisements alluvionnaires.



## Tableau des principaux minéraux (suite)

### A. Minéraux à éclat métallique ou à éclat semi-métallique (suite)

Nom et composition	Dureté	Caractéristiques	Observations
<i>7. Couleur rouge ou brune—Trait noir grisâtre ou brunâtre.</i>			
Bornite $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$	3	En masses. Couleur rouge de bronze sur surface fraîche; devient facilement pourpre par ternissement. Trait gris noir.	Source de cuivre. Quelquefois appelé « cuivre panaché » ou « érubescite ».
Pyrrhotine $\text{Fe}_7\text{S}_8$	3-5-4	En masses, d'ordinaire grenues. Faiblement magnétique. Couleur jaune de bronze à rouge de cuivre; ternit rapidement. Trait gris noir.	Contient parfois du nickel par suite de la présence de pentlandite. Ses propriétés magnétiques la distinguent de la chalcopyrite et de la pyrite.
Wolfram (FeMn) $\text{WO}_4$	5-5-5	En masses grenues ou lamellaires; aussi en cristaux, d'ordinaire striés et en grains roulés. Clivage parfait. Lourde. Parfois faiblement magnétique. Couleur allant du brun rougeâtre au noir. Trait brunâtre foncé ou noir. Fond facilement.	Source de tungstène. Se trouve dans des filons de quartz, des pegmatites et des granites. Associé d'ordinaire à la cassitérite et la scheelite. Prend souvent la forme de gîtes alluvionnaires.
Nickéline $\text{NiAs}$	5-5-5	Ordinairement en masses; souvent arrondie ou fusiforme. Lourde. Couleur rouge de cuivre, ternissant rapidement au brun. Trait noir brunâtre.	Source de nickel. D'ordinaire associée aux arséniures de cobalt-nickel et à l'annabergite (nickeloclore vert).

### B. Minéraux à éclat non métallique<sup>1</sup>

Nom et composition	Dureté	Caractéristiques	Observations
<i>1. Couleur blanche ou grise ou minéral incolore.</i>			
Talc $\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$	1-1.5	D'ordinaire foliacé ou en masses. Clivage basique parfait. Lamelles flexibles mais non élastiques. Gras au toucher. Ordinairement blanc ou vert pâle; également gris, vert foncé ou brun. Est facilement rayé à l'ongle.	Origine secondaire. Se trouve fréquemment sous forme de talcschiste; souvent associé à la serpentine. Exploité à Madoc (Ont.). La stéatite ou <i>Pierre de savon</i> est une variété massive, formant parfois de grands bancs.
Gypse $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2	En masses grenues ou foliacées; cristaux en lamelles épaisses, souvent maclés en fer de lance. Clivage parfait. Éclat vitreux ou perlé. Incolore ou blanc, souvent teinté en gris, rouge ou jaune.	En gîtes filoniens ou en dépôts sédimentaires. <i>Sélénite</i> —lamelles épaisses et cristaux incolores et transparents. <i>Spath satiné</i> —finement fibreux avec éclat soyeux.
Kaolin $\text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$	2-2.5	En masses, ordinairement d'apparence argileuse ou terreuse. Éclat perlé ou mat. Couleur blanche, souvent teintée d'oxydes de fer.	Se trouve surtout comme produit de décomposition des feldspaths dans les granites et les pegmatites. Également en couches sédimentaires.
Muscovite (mica blanc) Silicate d'Al et de K	2-2.5	En paillettes et en masses écailleuses ou feuilletées. Clivage basique parfait. Paillettes minces flexibles et élastiques. D'ordinaire incolore, ambre pâle ou vert pâle.	Très répandue dans les roches. Se trouve d'ordinaire dans les granites, les pegmatites et les schistes. Précieuse à cause de sa haute constante diélectrique. Se fend aisément en paillettes minces et transparentes.
Brucite $\text{Mg}(\text{OH})_2$	2.5	Masses feuilletées et fibreuses; grains encastés; cristaux lamellaires larges. Lamelles flexibles. Sectile. Éclat nacré, cireux ou vitreux. Transparente ou translucide. Couleur blanche, souvent teintée de gris, de bleu ou de vert.	Se trouve dans les calcaires métamorphiques et associée à la serpentine et aux minéraux chloriteux. Plus dure que le talc.
Halite $\text{NaCl}$	2.5	En masses, clivage cubique. Goût salé. Incolore ou blanche; couleurs diverses lorsqu'impure. Soluble dans l'eau.	Se trouve dans les roches sédimentaires. Souvent associée au gypse.

<sup>1</sup> Les minéraux à éclat non métallique n'ont pas été sous-classés suivant leur trait parce que la plupart du temps ce trait est soit incolore, soit gris pâle, soit encore faiblement teinté de la couleur du minéral. Il y a cependant quelques exceptions et, lorsque le trait est

une caractéristique distinctive, le fait est mentionné dans le tableau. Les plus frappantes de ces exceptions sont constituées par le cinabre, l'hématite et la limonite.

## Tableau des principaux minéraux (suite)

### B. Minéraux à éclat non métallique (suite)

Nom et composition	Dureté	Caractéristiques	Observations
<i>1. Couleur blanche ou grise ou minéral incolore (suite)</i>			
Calcite CaCO <sub>3</sub>	3	En masses clivables, grenues et compactes; aussi en cristaux. Clivage rhomboédrique parfait. Incolore ou blanche; également rose ou grise; parfois bleue ou jaune. Fait effervescence au contact de l'acide chlorhydrique dilué et froid.	Minéral très répandu. Abondante dans les filons métallifères comme minéral de gangue. Se trouve dans des dépôts sédimentaires (calcaire, marbre, craie, etc.). Beaucoup plus tendre que le feldspath.
Barytine BaSO <sub>4</sub>	3-3.5	En masses fusiformes, laminées, compactes et terreuses; cristaux en lamelles épaisses. Clivage parfait. Très lourde. Couleur blanche; également jaune, brune, rouge ou grise.	Se trouve dans les roches sédimentaires et les filons métallifères. Fréquemment associée aux minerais de plomb et de zinc. Plus lourde que la calcite ou le gypse. Plus tendre que le feldspath.
Célestine SrSO <sub>4</sub>	3-3.5	Masses fibreuses et grenues; cristaux laminaires. Clivage parfait. Passablement lourde. Éclat vitreux ou perlé. Couleur blanche; quelquefois bleuâtre ou rougeâtre. Colore en rouge la flamme du chalumeau.	Se trouve surtout dans les roches sédimentaires; quelquefois en filons, associée à la galène et la sphalérite.
Sidérose FeCO <sub>3</sub>	3.5-4	En masses clivables, compactes et botryoïdes. Clivage rhomboédrique parfait. Couleur grisâtre ou brunâtre, surface altérée d'un brun foncé. Fait effervescence au contact de l'acide chlorhydrique chaud.	Se trouve dans les roches sédimentaires et les gîtes de substitution, de même que dans les filons métallifères. Plus lourde que la calcite et la dolomie.
Dolomie CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3.5-4	En masses clivables, grenues et compactes. Cristaux rhomboédriques, souvent incurvés. Clivage rhomboédrique parfait. Couleur blanche, grise ou rose. Sa poudre fait effervescence au contact de l'acide chlorhydrique dilué et chaud.	Se trouve dans les roches sédimentaires et les filons métallifères. Ressemble à la calcite, mais ne fait pas effervescence au contact de l'acide froid.
Scheelite CaWO <sub>4</sub>	4.5-5	En masses. Très lourde. Fluorescente. Éclat brillant. Transparente à translucide. Couleur d'ordinaire blanche, jaunâtre ou brunâtre.	Source de tungstène. Se trouve dans des pegmatites et des filons métallifères associés aux roches granitiques; également dans des gîtes de métamorphisme de contact.
Néphéline NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	5.5-6	En masses ou en grains. Généralement incolore, blanche ou blanc grisâtre. Éclat gras. Mauvais clivage. Cassante. Cassure semi-conchoïde. Se gélatinise au contact de l'acide chlorhydrique. Ne se trouve pas avec le quartz.	Se trouve surtout dans les roches alcalines pauvres en silice. Difficile à reconnaître. Les facteurs qui en signalent la présence dans les roches sont l'absence de quartz, les piqûres dans les surfaces altérées et l'éclat gras. On emploie la syénite de néphéline dans les industries du verre et de la faïence.
Groupe des feldspaths Silicates d'Al, K, Na et Ca	6-6.5	En masses, d'ordinaire clivables ou grenues, quelquefois lamellaires ou compactes. Deux clivages à angle droit ou presque; de plus, clivage prismatique moins parfait. Cassants. Éclat vitreux à perlé. Coloration variée, mais généralement blanche, grisâtre ou rougeâtre. <i>Amazonite</i> (feldspath vert).	Éléments fréquents des roches, surtout des granites, syénites, gneiss, pegmatites; en cristaux dans les porphyres et constituants des sables. <i>Microline</i> — d'ordinaire rougeâtre; très répandu; employé en céramique. Les divers <i>plagioclases</i> ont la plupart des plans de clivage à stries fines; en outre, leur éclat est chatoyant.
Spodumène LiAl(SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	6.5-7	En masses clivables et fusiformes; cristaux prismés, souvent striés verticalement. Clivage prismatique parfait. Cassure esquilleuse. Éclat vitreux ou nacré. Couleur blanche, grisâtre ou verdâtre. Fond aisément et colore la flamme en rouge pourpre.	Source de lithium. Se trouve dans les pegmatites granitiques, quelquefois en cristaux très gros.
Quartz SiO <sub>2</sub>	7	En masses, souvent en grains vitreux informes; cristaux hexagonaux. Cassure conchoïde. Éclat vitreux. Transparent ou opaque. Incolore ou en couleurs variées. S'il est blanc opaque, le quartz est dit <i>laiteux</i> , violet, c'est l' <i>améthyste</i> , brun ou noir, <i>enfumé</i> . On trouve aussi du quartz <i>rose</i> .	Minéral très répandu. Abonde surtout dans les granites, gneiss, quartzites, grès et sables. Très fréquent aussi dans les filons. Variétés à structure cryptocristalline: <i>silex</i> , <i>chert</i> , <i>chalcédoine</i> , <i>agate</i> (rubanée), et <i>jaspé</i> (rouge).

## Tableau des principaux minéraux (suite)

### B. Minéraux à éclat non métallique (suite)

Nom et composition	Dureté	Caractéristiques	Observations
<b>1. Couleur blanche ou grise ou minéral incolore (suite)</b>			
Zircon $ZrSiO_4$	7-5	D'ordinaire en petits cristaux carrés ou allongés avec extrémités pyramidales. Éclat brillant. Incolore, jaunâtre, grisâtre, ou brunâtre.	Minéral accessoire répandu dans les roches ignées, spécialement les granites. Également dans les pegmatites et les sables. La <i>cyrtolite</i> contient des terres rares.
Corindon $Al_2O_3$	9	Souvent en cristaux en forme de tonneau ; également en masses à plan de clivage rectangulaire. Fréquemment strié. Couleur grise, brune, bleue, rouge ou jaune.	En quantités abondantes dans la syénite et la syénite à néphéline. Variétés qui donnent des gemmes : <i>saphir</i> (bleu) et <i>rubis</i> (rouge).
<i>Les minéraux suivants peuvent également se présenter dans ce groupe, mais ils se trouvent plus souvent dans d'autres groupes et sont décrits ailleurs dans le tableau : apatite, amphibole, pyroxène, cyanite, olivine et beryl.</i>			
<b>2. Couleur bleue, verte ou violette.</b>			
Talc $H_2Mg_3(SiO_3)_4$	1-1.5	D'ordinaire foliacé ou en masses. Clivage basique parfait. Lamelles flexibles mais non élastiques. Gras au toucher. D'ordinaire vert pâle ou blanc ; également gris, vert foncé ou brun. Peut être facilement marqué à l'ongle.	D'origine secondaire. Se trouve souvent sous forme de talcschistes ; souvent associé à la serpentine. Exploité à Madoc (Ont.). La <i>Pierre de savon</i> ou <i>stéatite</i> est une variété massive, formant parfois des amas considérables.
Chlorite Silicate hydraté d'Al, Fe et Mg	2-2.5	D'ordinaire en masses écailleuses, denses ou terreuses. Clivage parfait. Paillettes minces, flexibles mais non élastiques. Couleur d'ordinaire verdâtre.	Se trouve d'ordinaire comme minéral secondaire. Souvent associé à l'amphibole, au pyroxène, à la biotite et à la serpentine. Abondante sous forme de schiste chloriteux. Se distingue des micas par sa couleur verdâtre et l'inélasticité de ses paillettes.
Annabergite (nickelocre) $Ni_3As_2O_8 \cdot 8H_2O$	2.5-3	D'ordinaire en taches ou croûtes terreuses. Couleur vert pomme. Trait vert pâle.	D'origine secondaire. Indice de minéraux nickélifères, qui lui ont donné naissance.
Serpentine $H_4Mg_3Si_2O_9$	2.5-4	D'ordinaire massive, parfois en feuillets. Toucher doux à gras. Couleur vert pâle à vert foncé, jaunâtre ou brunâtre. Chauffée en vase clos, la poudre libère de l'eau. <i>Chrysotile</i> (amiante) — en fibres délicates, flexibles et facilement séparables. Éclat soyeux. Couleur d'ordinaire blanc verdâtre.	Minéral secondaire. Associée d'ordinaire à l'olivine, au pyroxène et à l'amphibole. Forme également de grosses masses par altération de roches basiques. La <i>chrysotile</i> se trouve d'ordinaire en veinules dans la serpentine massive.
Azurite $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	3.5-4	En taches et en couches fibreuses ; aussi en masses botryoïdes et en cristaux. Couleur bleu clair à bleu foncé. Trait bleu clair. Fait effervescence au contact de l'acide chlorhydrique.	Minéral secondaire. Presque toujours associé à la malachite. Indices de minéraux cuprifères primaires.
Malachite $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	3.5-4	En taches et en couches fibreuses ; masses rubanées, botryoïdes et terreuses. Couleur d'ordinaire vert brillant. Trait vert pâle. Fait effervescence au contact de l'acide chlorhydrique.	Minéral secondaire. Indice de minéraux cuprifères primaires.
Fluorine $CaF_2$	4	En masses grenues et compactes ; cristaux cubiques. Clivage octaédrique. Fluorescente. Couleur d'ordinaire verdâtre, bleuâtre, jaunâtre ou violette.	Se trouve dans les roches sédimentaires et ignées ; dans les pegmatites ; souvent associée, dans les filons, aux minerais de plomb, d'argent et de zinc.
Apatite $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$	4.5-5	Cristaux hexagonaux ; également en masses grenues, compactes et nodulaires. Cassante. Éclat vitreux à résineux. Couleur d'ordinaire verdâtre ; quelquefois brune, rouge, bleue ou grise.	Se trouve dans la plupart des types de roches. Fréquente dans les calcaires métamorphisés par contact et dans les pegmatites. Aussi sous forme de dépôts sédimentaires étendus. Plus tendre que le béryl.

**Tableau des principaux minéraux (suite)**

**B. Minéraux à éclat non métallique (suite)**

Nom et composition	Dureté	Caractéristiques	Observations
<b>2. Couleur bleue, verte ou violette (suite)</b>			
Groupe des amphiboles Silicates, surtout de Ca, Mg et Fe	5-6	En masses grenues, fusiformes et fibreuses ; cristaux prismés, tronqués ou en lames minces. Deux clivages se rencontrant à angles de 56° et 124°. Vert grisâtre, vert, noir ; également blanc ou gris.	Très répandues dans les roches. La <i>trémolite</i> et l' <i>actinote</i> sont d'ordinaire grises ou vertes ; abondent dans les calcaires métamorphiques, les schistes et les gneiss. La <i>hornblende</i> est d'ordinaire vert foncé ou noire ; abonde dans les roches ignées. Les amphiboles se distinguent des pyroxènes par le clivage.
Groupe des pyroxènes Silicates, surtout de Ca, Mg, et Fe.	5-6	En masses grenues et lamellaires ; cristaux prismés, carrés ou octogones. Deux clivages presque à angle droit. Couleur d'ordinaire allant de vert pâle au foncé à noire ; également blanche ou grise.	Très répandus dans les roches. <i>Diopside</i> —vert pâle ; présent dans les calcaires et les dolomies métamorphisés par contact. <i>Augite</i> —vert foncé à noire ; abondante dans les roches ignées de couleur foncée. Les pyroxènes se distinguent des amphiboles par le clivage.
Cyanite $Al_2SiO_5$	5-7	En amas de lames minces grossières ou fusiformes ; cristaux en lames minces et longues. Clivage parfait. Éclat vitreux. Couleur d'ordinaire bleuâtre ; également blanche, grisâtre ou verdâtre.	Se trouve surtout dans les schistes et les gneiss. Souvent associée au grenat.
Épidote $HCa_2(AlFe)_3Si_3O_{13}$	6-7	En masses grenues, fibreuses et compactes ; cristaux prismés allongés, profondément striés. Clivage parfait. Éclat vitreux. Couleur vert pistache à noir verdâtre. Fond aisément.	Minéral métamorphique. Résulte communément de l'altération des feldspaths.
Olivine $(MgFe)_2SiO_4$	6·5-7	D'ordinaire en grains disséminés ou en masses grenues, saccharoïdes. Bon clivage. Éclat vitreux. Couleur d'ordinaire vert olive ; quelquefois jaunâtre, grisâtre ou brunâtre.	Se trouve dans les roches ignées basiques telles que la péridotite, la diabase et le gabbro, où elle est souvent associée à la chromite, à la magnétite et au spinelle ; aussi dans les calcaires et les dolomies métamorphisés.
Spodumène $LiAl(SiO_3)_2$	6·5-7	En masses clivables et fusiformes ; cristaux prismés, souvent striés verticalement. Clivage prismatique parfait. Cassure esquilleuse. Éclat vitreux ou nacré. Couleur blanc verdâtre ou blanc grisâtre. Fond aisément et colore la flamme en rouge pourpre.	Source de lithium. Se trouve dans les pegmatites granitiques, quelquefois en cristaux très gros.
Béryl $Be_3Al_2(SiO_3)_5$	7·5-8	D'ordinaire en cristaux prismés, de section hexagonales ; parfois en masses. Éclat vitreux. Couleur généralement verdâtre ; également bleuâtre, grisâtre ou blanche.	Source principale du béryllium. Se trouve dans les pegmatites. Quelques variétés transparentes donnent des gemmes de haute valeur ; ce sont l' <i>émeraude</i> (verte) et l' <i>aiguemarine</i> (vert bleuâtre).

*Les minéraux suivants peuvent également se présenter dans ce groupe, mais ils se présentent plus fréquemment dans d'autres groupes et ils sont décrits ailleurs dans le tableau : muscovite, brucite, halite, calcite, célestine, feldspath (var. amazonite), grenat, quartz, (var. améthyste), tourmaline, spinelle et corindon.*

**3. Couleur rose, rouge ou brun rougeâtre.**

Érythrine (Cobalt arséniaté) $Co_3As_2O_8 \cdot 8H_2O$	1·5-2·5	D'ordinaire en taches ou en croûtes terreuses ; parfois en masses botryoïdes. Couleur rouge pêche à rouge cramoisi. Trait rouge pâle. Faiblement chauffé en vase clos, libère de l'eau et tourne au bleuâtre.	Minéral secondaire. Indice de minéraux contenant du cobalt, qui lui ont donné naissance.
Cinabre HgS	2-2·5	Couches terreuses ; croûtes cristallines ; en masses. Lourd. Couleur rouge clair. Trait écarlate. Chauffé en tube ouvert, il produit des vapeurs sulfureuses et de minucules globules de mercure.	Source principale de mercure. Ressemble à quelques variétés d'hématite, mais s'en distingue à l'essai à la chaleur.

## Tableau des principaux minéraux (suite)

### B. Minéraux à éclat non métallique (suite)

Nom et composition	Dureté	Caractéristiques	Observations
<b>3. Couleur rose, rouge ou brun rougeâtre (suite)</b>			
Monazite (Phosphate (cérium et autres terres rares du même groupe, ainsi que thorium))	5-5.5	D'ordinaire en cristaux en forme de coins ou en grains arrondis et empâtés; également en grains roulés dans les placers. Bon clivage. Cassante. Radioactive. Éclat résineux. Couleur d'ordinaire brun clou de girofle, brun rougeâtre-jaunâtre.	Source de terres rares et d'oxyde de thorium. Se trouve surtout dans les pegmatites et les gîtes de placers.
Titanite CaTiSiO <sub>5</sub>	5-5.5	D'ordinaire en cristaux aplatis, en forme de coins; quelquefois en masses, parfois disséminée. Éclat vitreux. Couleur généralement brun rouge ou noire.	Constituant accessoire commun des roches ignées et métamorphiques. Se trouve fréquemment dans les calcaires métamorphiques.
Hématite Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.5-6.5	En masses compactes, grenues, botryoïdes et terreuses. Couleur brun rougeâtre à gris d'acier. Trait rouge ou brun rougeâtre.	Minéral de fer le plus important. Le trait est caractéristique. L'oligiste spéculaire a une structure micacée et un éclat miroitant.
Groupe des feldspaths Silicates de Al, K, Na et Ca	6-6.5	En masses, d'ordinaire clivables ou grenues, quelquefois lamellaires ou compactes. Deux clivages à angle droit ou presque; de plus, clivage prismatique moins parfait. Cassants. Éclat vitreux à perlé. Coloration variée mais d'ordinaire rougeâtre, grisâtre, ou blanche. Amazonite (feldspath vert).	Minéraux très répandus dans les roches. Spécialement abondants dans les granites, les gneiss et les pegmatites; également en cristaux dans les porphyres et comme élément constituant des sables. Microcline—d'ordinaire rougeâtre; très répandu; employé en céramique. Groupe des plagioclases: surface de clivage la plupart finement striées; aussi, couleurs chatoyantes.
Groupe des grenats Silicates complexes, surtout de Al, Ca, Mg, Fe et Mn	6.5-7.5	D'ordinaire en cristaux dodécaèdres; également en masses grenues ou lamellaires. Cassure conchoïde. Éclat vitreux. Transparents ou translucides. Couleur d'ordinaire rouge, brune ou noire.	Minéraux très répandus. Se rencontrent communément sous forme de cristaux isolés dans les schistes. Se rencontrent aussi sous forme de minéraux accessoires dans les roches granitiques et métamorphiques de contact. Employés comme abrasifs.

*Les minéraux suivants peuvent aussi se présenter dans ce groupe, mais ils se présentent plus fréquemment dans d'autres groupes et ils sont décrits ailleurs dans le tableau: gypse, halite, calcite, dolomite, phlogopite, célestine, apatite, quartz (var. rose), zircon, spinelle et corindon.*

#### 4. Couleur jaune, brun jaunâtre ou brune.

Ferromolybdène (Molybdénocro) Fe <sub>2</sub> (MoO <sub>4</sub> )·8H <sub>2</sub> O	1-5	D'ordinaire en taches ou croûtes terreuses. Couleur jaune canari. Trait jaune pâle.	Minéral secondaire, formé par l'altération de la molybdénite. Fréquemment associée à la limonite. Parfois confondue avec l'uranocro (voir ci-après).
Uranocro Silico-uranates hydratés de Ca, Pb, etc.	jusqu'à 3	D'ordinaire en taches ou couches denses. Radioactif. Fluorescent. Éclat gras ou terne. Couleur d'ordinaire jaune ou orange.	On désigne sous le nom générique d'uranocro les minéraux uranifères secondaires brillamment colorés qui se trouvent dans les gîtes d'uranium ou près d'eux.
Limonite 2Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O	jusqu'à 5.5	D'ordinaire en masses botryoïdes ou stalactiques et fibreuses; quelquefois terreuses. Couleur jaunâtre à brun foncé. Trait brun jaunâtre.	Minéral secondaire. Tache fréquemment de rouille les roches altérées. Se distingue de l'hématite par son trait. Le minéral de fer des marais se trouve dans des endroits marécageux; texture poreuse.
Phlogopite (mica ambré) Silicate de Al, K, et Mg	2-5-3	D'ordinaire en paillettes disséminées; également en cristaux, d'ordinaire hexagonaux. Clivage basique parfait. Paillettes minces, flexibles et élastiques. Couleur ambre pâle ou rouge brunâtre.	Se trouve surtout dans les dolomies et les calcaires cristallins et dans les schistes. Cette association sert à la distinguer de la muscovite. Peut être facilement fendue en plaques minces, transparentes.
Sidérose FeCO <sub>3</sub>	3-5-4	En masses clivables, compactes et botryoïdes. Clivage rhomboédrique parfait. Couleur brunâtre ou grisâtre, brunâtre foncé sur surface altérée. Fait effervescence au contact de l'acide chlorhydrique.	Prend la forme de gisements sédimentaires, de gîtes de substitution et de filons métallifères. Plus lourde que la calcite ou la dolomie.
Sphalérite ZnS	3-5-4	En masses. Clivage dodécaédrique parfait. Éclat tantôt brillant, tantôt résineux. Couleur jaune, brune ou noire. Trait tantôt brunâtre, tantôt jaune clair, tantôt blanc.	Source la plus importante de zinc. D'ordinaire intimement associée à la galène.

## Tableau des principaux minéraux (suite)

### B. Minéraux à éclat non métallique (suite)

Nom et composition	Dureté	Caractéristiques	Observations
<b>4. Couleur jaune, brun jaunâtre ou brune (suite)</b>			
Scheelite CaWO <sub>4</sub>	4-5-5	Massive. Très lourde. Fluorescente. Éclat brillant. Transparente à translucide. Couleur d'ordinaire jaunâtre, brunâtre ou blanche.	Source de tungstène. Se trouve dans des pegmatites et des filons métallifères associés aux roches granitiques; également dans des gisements de métamorphisme de contact.
Thorite ThSiO <sub>4</sub>	4-5-5	D'ordinaire en petits cristaux de même forme que le zircon; également en grains arrondis. Radioactive. Éclat résineux. Couleur jaunâtre, orange, brune ou noire.	Se trouve d'ordinaire dans les pegmatites et roches associées.
Monazite Phosphate (cérium et autres terres rares du même groupe, ainsi que thorium)	5-5-5	D'ordinaire en cristaux en forme de coins ou en grains arrondis et empâtés; également en grains roulés dans les placers. Bon clivage. Cassante. Radioactive. Éclat résineux. Couleur d'ordinaire brun clou de girofle, brun rougeâtre-jaunâtre.	Source de terres rares et d'oxyde de thorium. Se trouve surtout dans les pegmatites et les gisements de placers.
Groupe pyrochlore-microlite Niobates et tantalates de Ca, Na, U, Th et de terres rares	5-5-5	D'ordinaire en grains arrondis et en cristaux octaédriques. Radioactifs. Éclat vitreux, résineux, ou cireux. Couleur jaune, brune ou noire. Trait brun jaunâtre.	Se trouve dans les pegmatites, les carbonatites et les roches silicieuses des complexes de roches alcalines.
Titanite CaTiSiO <sub>5</sub>	5-5-5	D'ordinaire en cristaux aplatis, en forme de coins; parfois massive ou disséminée. Éclat vitreux. Couleur généralement brune à noire.	Constituant accessoire commun des roches ignées et métamorphiques. Se trouve fréquemment dans les calcaires métamorphiques.
Zircon ZrSiO <sub>4</sub>	7-5	D'ordinaire en petits cristaux carrés ou allongés, avec extrémités pyramidales. Éclat brillant. Couleur jaunâtre, grisâtre ou brunâtre; parfois incolore.	Constituant accessoire commun des roches ignées, spécialement des granites. Également dans les pegmatites et les sables. La <i>cyrtolite</i> contient des terres rares.

*Les minéraux suivants peuvent également se présenter dans ce groupe, mais ils se trouvent plus fréquemment dans d'autres groupes et ils sont décrits ailleurs dans le tableau: talc, gypse, kaolin, halite, serpentine, calcite, barytine, fluorine, apatite, uranothorite, allanite, olivine, spinelle et corindon.*

#### 5. Couleur noir verdâtre, noir brunâtre ou noire.

Biotite (mica noir) Silicate d'Al, K, Mg et Fe	2-5-3	En paillettes et ne masses écailleuses. Clivage basique parfait. Paillettes minces flexibles et élastiques. Éclat miroitant. Couleur généralement noire.	Très répandue dans les roches. Se trouve dans diverses roches ignées et matamorphiques (granite, syénite, diorite, gneiss, etc.) de même que dans les pegmatites. Se fend aisément en paillettes minces et noires.
Sphalérite ZnS	3-5-4	En masses. Clivage dodécaédrique parfait. Éclat brillant ou résineux. Couleur noire, brune ou jaune. Trait brunâtre à jaune pâle et blanc.	Le plus important minerai de zinc. D'ordinaire intimement associée à la galène.
Thorite ThSiO <sub>4</sub>	4-5-5	D'ordinaire en petits cristaux de même forme que le zircon; également en grains arrondis. Radioactive. Couleur noire, brune, orange ou jaunâtre.	Se trouve d'ordinaire dans les pegmatites et les roches associées.
Uranothorite Silicate hydraté de thorium principalement et d'uranium	4-5-5	En cristaux prismés, carrés, allongés, parfois très minces; aussi en amas et grains arrondis. Radioactive. Éclat gras. D'ordinaire noire, parfois rougeâtre ou jaunâtre.	Se trouve d'ordinaire dans des pegmatites et des roches apparentées.
Groupe pyrochlore-microlite Niobates et tantalates de Ca, Na, U, Th et de terres rares	5-5-5	D'ordinaire en grains arrondis et en cristaux octaédriques. Radioactifs. Éclat vitreux, résineux ou cireux. Couleur noire, brune ou jaune. Trait brun jaunâtre.	Se trouve dans les pegmatites et dans les gîtes de métamorphisme de contact.
Titanite CaTiSiO <sub>5</sub>	5-5-5	D'ordinaire en cristaux aplatis, en forme de coins; parfois massive ou disséminée. Éclat vitreux. Couleur généralement brun rougeâtre ou noire.	Constituant accessoire commun des roches ignées et métamorphiques. Se trouve fréquemment dans les calcaires métamorphiques.

## Tableau des principaux minéraux (suite)

### B. Minéraux à éclat non métallique (suite)

Nom et composition	Dureté	Caractéristiques	Observations
<b>5. Couleur noir verdâtre, noir brunâtre ou noire (suite)</b>			
Groupe des amphiboles Silicates, surtout de Ca, Mg et Fe	5-6	En masses grenues, fusiformes et fibreuses; cristaux prismés, tronqués ou en lames minces. Deux clivages se rencontrant à des angles de 56° et 124°. Couleur d'ordinaire verdâtre à noire.	Très répandue dans les roches. <i>Hornblende</i> —d'ordinaire vert foncé à noire; constituant abondant des roches ignées. L'amphibole se distingue du pyroxène par le clivage.
Groupe des pyroxènes Silicates surtout de Ca, Mg et Fe	5-6	En masses grenues et lamellaires; cristaux prismés, carrés ou octaédriques. Deux clivages presque à angle droit. Couleur d'ordinaire verdâtre à noire.	Très répandu dans les roches. <i>Augite</i> : vert foncé ou noir; commune dans les roches ignées de couleur foncée. Le pyroxène se distingue de l'amphibole par le clivage.
Allanite Silicates, surtout de terres rares et de Ca, Fe et Al	5.5-6	Massive et en grains empâtés; cristaux en lamelles épaisses. Cassante. Radioactive. Éclat gras à vitreux. Couleur noire, mais s'altère facilement en brun. Se transforme facilement, par fusion, en un verre magnétique noir.	Se trouve dans les roches granitiques et les pegmatites; également dans les roches métamorphiques. Quelquefois associée à la magnétite. Sa radioactivité est due surtout au thorium.
Épidote $\text{HCa}_2(\text{AlFe})_3\text{Si}_3\text{O}_{13}$	6-7	En masses grenues, fibreuses et compactes; cristaux prismés allongés, profondément striés. Clivage parfait. Éclat vitreux. Couleur vert pistache à noir verdâtre. Fond facilement.	Minéral métamorphique. Résulte fréquemment de l'altération des feldspaths.
Groupe des grenats Silicates complexes, surtout d'Al, Ca, Mg, Fe et Mn	6.5-7.5	D'ordinaire en cristaux dodécaédres; également en masses grenues ou lamellaires. Éclat vitreux. Transparents ou translucides. Couleur d'ordinaire brune, rouge ou noire.	Minéraux très répandus. Se présentent souvent sous forme de cristaux isolés dans les schistes. Se rencontrent également sous forme de minéraux accessoires dans les roches granitiques et métamorphiques de contact. Employés comme abrasifs.
Quartz (enfumé) $\text{SiO}_2$	7	D'ordinaire en masses. Cassure conchoïde. Éclat vitreux. Transparent ou opaque. Couleur brun enfumé ou noir brunâtre.	Abondant dans les granites et les pegmatites.
Tourmaline Silicate complexe de B et Al, avec Mg, Fe, etc.	7-7.5	D'ordinaire en cristaux prismés, striés verticalement, à section triangulaire; également en masses. Cassante. D'ordinaire noire, parfois rouge, bleue ou verte. Quelques variétés fondent facilement.	Abondante dans les pegmatites; également dans les granites et les gneiss. Quelques variétés donnent des gemmes.
Spinelle $\text{MgAl}_2\text{O}_4$	8	Cristaux octaédriques, souvent maclés; également en masses grenues et en grains empâtés. Cassant. Transparent ou opaque. Éclat vitreux. Couleur noire, verte, brune ou rouge.	Se trouve surtout comme constituant accessoire des roches ignées basiques et comme minéral métamorphique dans les schistes et les calcaires cristallins.

Les minéraux suivants peuvent également se présenter dans ce groupe, mais ils se trouvent plus fréquemment dans d'autres groupes et ils sont décrits ailleurs dans le tableau: chlorite, serpentine et corindon.

Classification sommaire des roches communes

1. Roches ignées<sup>1</sup>

Proportion de quartz	Plus de 10% de feldspath				Moins de 10% de feldspath	Monominéralisées <sup>2</sup>
	Composition du plagioclase					
	Albite An <sub>0</sub> — An <sub>10</sub>	Oligoclase An <sub>10</sub> — An <sub>30</sub>	Andésine An <sub>30</sub> — An <sub>50</sub>	Labradorite, etc. An <sub>50</sub> — An <sub>100</sub>		
Plus de 10% de quartz	GRANITE RHYOLITE					
	MONZONITE QUARTZIFÈRE LATITE QUARTZIFÈRE					
Moins de 1/3	GRANITE À ALBITE RHYOLITE	GRANODIORITE LATITE QUARTZIFÈRE	DIORITE QUARTZIFÈRE DACITE	GABBRO QUARTZIFÈRE BASALTE QUARTZIFÈRE		
Moins de 10% de quartz	SYÉNITE TRACHYTE				PERKNITE	PYROXÉNITE
	MONZONITE LATITE				PÉRIDOTITE	HORNBLÉNDITE
	Moins de 1/3	SYÉNITE À ALBITE TRACHYTE	SYÉNODIORITE LATITE	DIORITE ANDÉSITE	GABBRO BASALTE	(Plus de 5% d'Olivine) DUNITE ANORTHOSITE

TENEUR ORDINAIRE EN MINÉRAUX FONCÉS

0 — 10	10 — 40	40 — 70	70 — 100
--------	---------	---------	----------

TERMES GÉNÉRAUX POUR LES ROCHES À GRAIN FIN

FELSITE (cassure fraîche de couleur pâle) TRAP (cassure fraîche de couleur foncée)

<sup>1</sup> Tableau préparé par M. I. C. Brown et d'autres fonctionnaires de la Commission géologique du Canada.

<sup>2</sup> Ces roches sont constituées presque exclusivement d'un seul minéral.

Note : Les noms de roches à grain grossier (plutoniques) sont écrits en caractères gras tandis que les noms des roches à grain fin (dykes et roches volcaniques) sont écrits en caractères légers (inclinés).

2. Roches sédimentaires communes

Origine	À l'état meuble	À l'état cohérent	Caractéristiques
Mécanique	Graviers	Conglomérats	Les graviers sont des débris de roches et de minéraux de composition et de grosseur variées, en fragments plus ou moins arrondis. Les conglomérats proviennent de la consolidation de graviers par l'introduction d'un ciment entre les éléments. Une brèche est un agglomérat de fragments anguleux.
	Till Sable	Tillite Grès	Matériaux non classés d'origine glaciaire. Les sables sont des grains plus ou moins arrondis de minéraux ou de roches mesurant ordinairement quelques millimètres de diamètre à peine. Habituellement, le quartz est le minéral le plus abondant ; mais la catégorie « sable » est déterminée par la dimension du grain plutôt que par sa composition. Le grès est un sable cimenté par l'introduction de minéraux entre les grains. Le ciment peut être le quartz, la calcite, l'oxyde de fer ou même quelque substance bitumineuse. On appelle « arkose » une roche composée essentiellement de grains de feldspath.
	Limon Argile	Aleurolite Schiste	Le limon est constitué de particules dont la grosseur se situe entre celle du sable et de l'argile. L'argile est constituée de minuscules paillettes de kaolin ou d'autres minéraux analogues. Lorsqu'elle est consolidée, elle forme les schistes.
Chimique	Sel; Gypse Silex, quelques calcaires et dolomies		Résultent de l'évaporation de l'eau des lacs salés. Résultent de l'élimination du gaz carbonique (CO <sub>2</sub> ) de solutions qui contenaient divers bicarbonates. Le silex est probablement dû à la coagulation de la silice colloïdale.

2. Roches sédimentaires communes—Suite

Origine	À l'état meuble	À l'état cohérent	Caractéristiques
		Minerai de fer des marais	Résulte de la coagulation de solutions de fer à l'état colloïdal. Les bactéries qui décomposent les sels de fer peuvent faciliter cette coagulation.
		La plupart des calcaires	Formés principalement ou entièrement par la dépôt chimique de carbonate de calcium.
Organique	Quelques calcaires		Formés de coquilles ou de fragments de coquille.

3. Roches métamorphiques

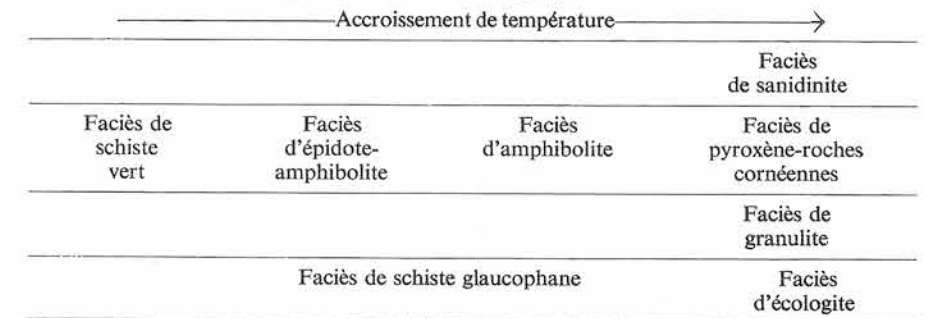
A. D'origine sédimentaire

Roche originelle	Facteur d'évolution	Caractère physique	Roche métamorphique
Sables quartzifères et grès	chaleur ou pression et solutions ; pressions différentielles	cimentation texture schisteuse	quartzite schiste quartziteux
Sables et grès impurs	chaleur ou pression et solutions ; efforts différentiels	cimentation texture schisteuse ou gneissique	arkose paragneiss
Vase et schiste	chaleur ou pression et solutions ; efforts différentiels	aspect massif et grain fin	stauroлите, chloritoïde, et schistes d'andalousite; ardoise, phyllite, et schiste chloriteux
Calcaire	tous les agents	recristallisation	marbre

B. D'origine ignée

Granite, syénite, diorite, gabbro	efforts différentiels	structure foliacée	orthogneiss
Rhyolite et trachyte	efforts différentiels	structure foliacée	schiste quartzifère sériciteux et schiste sériciteux
Andésite et basalte	pressions uniformes et solutions ; efforts différentiels	roche massive texture schisteuse	Pierre verte schiste chloriteux, schiste talqueux, chiste à actinote, schiste à hornblende

4. Classification simplifiée du faciès métamorphique\*



Extrait du manuel *Guide to the Study of Rocks*, L. E. Spock, (2<sup>e</sup> éd. 1962) (Harper), après Eskola.

\*Pas tout à fait une classification sommaire.



## APPENDICE VI

### Matériel et essais pour identifier les minéraux

Quelques minéraux peuvent être identifiés à l'œil ou au simple toucher, ou encore à l'aide d'un trait pratiqué avec un objet pointu. On peut déterminer les propriétés de beaucoup d'autres au moyen d'appareils peu compliqués et d'essais chimiques relativement simples, expliqués ici, et qu'on peut effectuer par groupe de deux ou plus. D'autres minéraux ne peuvent être identifiés avec certitude que par des analyses en laboratoire qui débordent le cadre de la prospection. Dans bien des cas, cependant, les prospecteurs ordinaires et les prospecteurs spécialisés peuvent faire, sur place, des essais pour déceler la présence de métal, même si le minéral lui-même ne peut être identifié. Il est parfois plus important de déceler le métal que d'identifier le minéral.

Nombre de minéraux rencontrés sur place peuvent être identifiés, ou ramenés à quelques possibilités, en les soumettant à des essais physiques exécutés le plus attentivement possible. Les essais chimiques ordinaires et les essais au chalumeau ne peuvent remplacer les essais physiques mais peuvent les compléter utilement. Il faut, pour les essais au chalumeau particulièrement, beaucoup de patience et d'attention et, si possible, quelques notions de laboratoire dont on trouvera les adresses dans les annuaires téléphoniques. Certaines de ces fournitures peuvent aussi être obtenues chez les marchands qui se spécialisent en échantillons de minéraux et chez les pourvoyeurs, ou encore dans les quincailleries ou les pharmacies.

On peut se procurer les instruments énumérés ci-après, groupés dans une trousse toute faite, ou séparément. On peut acheter les instruments et réactifs chimiques chez les marchands de fournitures de laboratoire dont on trouvera les adresses dans les annuaires téléphoniques. Certaines de ces fournitures peuvent aussi être obtenues chez les marchands qui se spécialisent en échantillons de minéraux et chez les pourvoyeurs, ou encore dans les quincailleries ou les pharmacies.

#### Instruments

##### *Aimant*

L'aimant permet de distinguer les minéraux magnétiques comme la magnétite, l'ilménite, la pyrrhotine, *et cetera*. Il y a des aimants de toutes formes et de toutes dimensions, mais le modèle le plus commode semble être l'aimant en forme de fer à cheval mesurant environ 1½ pouce de largeur. Beaucoup de gens préfèrent l'aimant fait d'un alliage spécial dit alnico, mais un aimant ordinaire en acier fera tout aussi bien l'affaire.

##### *Couteau de poche*

Cet objet est indispensable au prospecteur pour plusieurs raisons. Nous le mentionnons ici, parce qu'il sert à déterminer la dureté des minéraux. L'indice de dureté de la lame d'un couteau varie de 5 à 6 (*voir également* l'appendice IV, note 2). Au lieu de porter un aimant, certains prospecteurs trouvent commode d'aimanter une lame de leur couteau, ce qui peut se faire en la frottant lentement et dans une seule direction sur un aimant portatif.

##### *Plaque de porcelaine*

On se sert d'une plaque de porcelaine non émaillée pour déterminer la couleur du trait des minéraux. Le trait, c'est de la poussière fine du minéral. On peut l'obtenir rapidement en frottant le minéral sur cette plaque.

##### *Lime*

On se sert d'un petit tiers-point pour encocher les tubes de verre avant de les casser; il peut aussi servir à déterminer le trait et la dureté du minéral. Pour obtenir le trait, on lime une arête du minéral et on recueille la poussière obtenue. L'indice de dureté de la lime varie de 6 à 7. On peut se servir d'une petite lime plate comme plaque de porcelaine.

##### *Loupe*

Il faut se servir d'une loupe pour examiner les particules de minéraux et étudier de près les plans de clivage, les macles, *et cetera*. Il suffit pour cela d'une simple lentille grossissante de 1½ pouce de diamètre et d'un pouvoir grossissant de 3½. Comme précaution, il convient de la garder dans un sac en peau de chamois.

##### *Lampe*

De nombreux essais nécessitent l'emploi de la flamme. Là où l'on dispose de gaz, le brûleur Bunsen est le plus commode car il produit une flamme ardente, facile à régler. Elle est pourvue d'un bout spécial pour le chalumeau. À défaut de gaz, la meilleure source de chaleur est sans doute la lampe à alcool avec mèche, pour chauffer les éprouvettes. La flamme d'alcool ne contient pas suffisamment de carbone pour produire une bonne flamme de chalumeau. Il est préférable, dans ce cas, d'utiliser une bougie ou une lampe spéciale qui brûle de la paraffine ou de l'huile d'olive. Ces genres de lampes laissent de la suie sur les éprouvettes, mais elles sont par ailleurs satisfaisantes.

##### *Chalumeau*

Cet instrument, formé d'un tube métallique mince, long d'environ sept pouces, à bout recourbé, sert à concentrer la flamme. L'une des extrémités a été étirée et amincie et l'autre, plus large, est munie d'une embouchure. Certains chalumeaux sont pourvus d'une petite ampoule, près du centre, pour capter l'humidité.

##### *Tubes de verre*

Des tubes de verre longs de 4 à 5 pouces et d'un diamètre de 3/16 de pouce environ servent à constater la présence de l'eau et de composants volatils tels le soufre, l'arsenic et l'antimoine. On chauffe à la flamme du chalumeau une petite quantité de minéral pulvérisé. Les tubes peuvent être ouverts aux deux bouts ou fermés à une extrémité. Les tubes ouverts sont d'habitude recourbés pour empêcher l'échantillon de tomber (*voir* planche 87A). Les tubes fermés à une extrémité permettent d'observer plus facilement la présence de l'eau.

##### *Éprouvettes*

Il est commode d'avoir quelques petites éprouvettes pour les essais chimiques, mais on peut tout aussi bien utiliser des gobelets en papier, des petits verres ou tout autre récipient de verre ou de faïence.

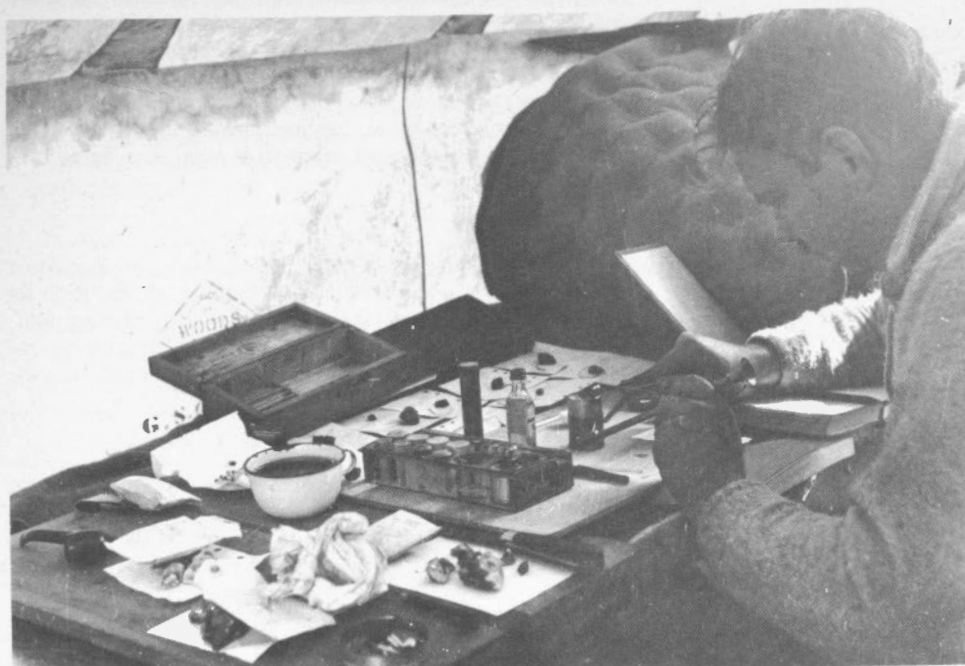
##### *Charbon de bois*

De petits prismes de charbon de bois servent à étudier les transformations des minéraux sous l'action de la flamme du chalumeau. On conseille de se servir de charbon de bois de



Planche LXXXVII

A. Instruments servant à l'identification des minéraux, dont une sarbacane en métal, une lampe à alcool, un chalumeau, une éprouvette, une loupe cerclée de platine, une sarbacane à bouche, un tube de verre fermé, une pipette.



B. Petit laboratoire de campagne.

tilleul ou de pin, mais tout charbon de bois qui ne se fendille pas au chauffage peut être utilisé. On peut acheter les prismes ou les fabriquer. On utilise, pour certains essais, des dalles en plâtre de Paris, mais cela n'est pas indispensable, du moins au début.

#### Réactifs

On appelle réactifs les composés et éléments chimiques qui servent aux essais. Ceux que nous énumérons ci-après peuvent

suffire au début, et l'on pourra s'en procurer d'autres au besoin. Sauf indications contraires, quatre onces de réactifs liquides, y compris les acides concentrés, et une once de réactifs secs, devraient suffire. À moins qu'un commerçant ne recommande autre chose, les bouchons doivent être en verre, sauf dans le cas des substances très caustiques où il sera peut-être nécessaire d'employer un bouchon de caoutchouc pour éviter l'adhérence. Il faut, durant les voyages, maintenir les bouchons en place à l'aide de ruban gommé ou de cire, et placer les bouteilles debout. *Quelques-uns des*

*réactifs sont toxiques ou corrosifs : il faut donc les garder hors de portée des enfants et loin de la nourriture et des ustensiles de cuisine. Il faut aussi prendre les précautions voulues lorsqu'on s'en sert et éviter particulièrement tout contact avec les yeux et la bouche. On doit aussi éviter de respirer certaines vapeurs, comme celles du mercure et de l'arsenic.*

#### Réactifs secs

Borax.

Nitrate de cobalt. Dissoudre les cristaux dans environ 10 parties d'eau avant utilisation.

Diméthylglyoxime.  $\frac{1}{2}$  once. Dissoudre dans environ 70 parties d'alcool éthylique avant utilisation.

Phosphate hydraté de sodium et d'ammonium (sel de phosphore ou sel microcosmique).

Chlorate de potassium. On peut en utiliser une ou deux livres pour voir si les minéraux sulfurés contiennent de l'or, mais cela n'est pas indispensable.

Iodure de potassium.

Carbonate de sodium (anhydre).

Fluorure de sodium.

Limaille d'étain.

Limaille de zinc (on peut utiliser des fragments minuscules des parties métalliques de piles de lampes de poche).

#### Réactifs liquides

Hydroxyde d'ammonium (parfois appelé ammoniac, mais différent de la poudre d'ammoniac domestique). Dissoudre dans une double quantité d'eau avant utilisation. Acide chlorhydrique. Pour la plupart des essais, diluer 2 parties d'acide dans 3 parties d'eau. On se sert d'acide chlorhydrique dilué (1 partie d'acide pour environ 4 parties d'eau) pour faire l'essai des calcites et des calcaires. On peut le transporter dans ses poches, dans une petite bouteille munie d'un compte-gouttes et bien fermée.

Acide nitrique. Pour la plupart des essais, diluer 1 partie d'acide dans 2 parties d'eau.

Acide sulfurique. Pour la plupart des essais, diluer 1 partie d'acide dans 6 parties d'eau. *C'est toujours l'acide que l'on verse dans l'eau en petite quantité à la fois, et non pas l'inverse.*

Peroxyde d'hydrogène. Employer la solution à 3 p. 100 vendue couramment dans le commerce. Comme le peroxyde s'altère une fois la bouteille ouverte, il est préférable d'en acheter quelques petites bouteilles et de les jeter après s'en être servi. Eau. Pour diluer les réactifs et laver les éprouvettes, *et cetera*. Il est préférable d'utiliser de l'eau distillée ou de l'eau de pluie, mais à défaut de celle-ci, n'importe quelle eau pas trop « dure » fera l'affaire.

### Essais physiques

#### Couleur

On peut identifier certains minéraux par leur couleur. Ce n'est cependant pas là un critère infaillible. Certains minéraux en effet se trouvent dans une ou deux couleurs typiques, mais d'autres peuvent se présenter sous plusieurs couleurs. L'utilité de la couleur comme moyen d'identification est en fonction du degré d'expérience.

#### Trait

On appelle « trait » la couleur que prend un minéral réduit en poudre. Le trait est souvent plus révélateur que la couleur

du minéral lui-même. La meilleure façon d'observer le trait est de frotter le minéral sur une « plaque de porcelaine » non émaillée, mais on peut procéder de n'importe quelle façon pour obtenir un peu du minéral pulvérisé, soit en l'égratignant, soit en le réduisant en poudre ou encore en le frottant sur une lime fine.

#### Malléabilité

Certains minéraux tels l'or, l'argent natif et le cuivre natif peuvent être aplatis par martelage et sont considérés comme malléables.

#### Transparence et opacité

Ces caractéristiques simplifient parfois le groupement des minéraux.

#### Éclat

L'éclat des minéraux peut être « métallique » et « non métallique ». Les minéralogistes rangent dans cette dernière catégorie les éclats « vitreux » (comme le verre cassé), « adamantine » (brillant), « résineux », « poisseux », « mat » et autres.

#### Fluorescence

Beaucoup de minéraux prennent une couleur différente de leur couleur normale lorsqu'on les expose à un éclairage fluorescent. Ces couleurs varient tellement, selon les impuretés contenues dans les minéraux, qu'on a recours à la fluorescence surtout pour les grouper en deux catégories principales : fluorescents et non fluorescents. On utilise aussi la fluorescence pour faire des essais sur les « perles » produites au chalumeau. Nombre de musées et autres institutions du même genre présentent des étalages qui permettent aux gens de se renseigner sur la fluorescence.

#### Radioactivité

On peut, en détectant la radioactivité à l'aide d'un compteur Geiger ou d'un compteur à scintillations, déterminer les minéraux qui contiennent de l'uranium ou du thorium, mais seuls des instruments spéciaux permettent d'établir, par la radioactivité, la distinction entre ces deux éléments. Le potassium est faiblement radioactif.

#### Dureté

La dureté relative des minéraux est l'une des caractéristiques les plus utiles pour les répartir en catégories. On a dressé, à des fins de comparaison, une liste de dix minéraux dans l'ordre croissant de dureté :

- |             |               |
|-------------|---------------|
| 1. Talc     | 6. Orthoclase |
| 2. Gypse    | 7. Quartz     |
| 3. Calcite  | 8. Topaze     |
| 4. Fluorine | 9. Corindon   |
| 5. Apatite  | 10. Diamant   |

Un minéral qu'on peut rayer avec le coin d'une pièce de quartz et qui parvient à son tour à rayer un morceau d'orthoclase, a un indice de dureté de  $6\frac{1}{2}$  et se situe entre l'orthoclase et le quartz. On peut obtenir des déterminations assez précises à l'aide d'instruments de laboratoire, mais il suffit, dans la plupart des cas, d'établir le rapport entre la dureté des objets ci-après et l'indice de dureté : ongle,  $2\frac{1}{2}$ ; pièce de monnaie en cuivre, 3; lame de canif,  $5\frac{1}{2}$  à 6; verre à vitre,  $5\frac{1}{2}$  à 6;

quartz, 7; meule ou papier d'émeri, 8 à 9; carborundum, 9½; pointe de diamant de vitrier, 10. On arrive d'ordinaire, après un peu de pratique, à établir l'indice de dureté à l'aide d'une lame de canif seulement.

#### Clivage

De nombreux minéraux ont une propriété appelée clivage, qui leur permet de se fracturer le long de plans parallèles. On désigne d'ordinaire le clivage par les termes « parfait » (c'est le cas du mica), « distinct », « indistinct » ou « imparfait ». Certains minéraux peuvent présenter des clivages dans plus d'une direction; dans ce cas, il se peut que le clivage soit plus prononcé dans une direction que dans l'autre.

#### Cassure

La façon dont un échantillon se fracture aide souvent à identifier le minéral. Les cassures sont, le plus souvent « irrégulières » (surfaces rugueuses et irrégulières); « hachées » (arêtes vives, dentelées); écailleuses, terreuses et conchoïdes (surfaces incurvées, souvent concentriques).

#### Fusibilité

La facilité ou la difficulté à fondre peut être un critère utile.

#### Odeur

Les minéraux arsénieux dégagent parfois une odeur ressemblant à celle de l'ail, lorsqu'on les bat au marteau. Les minéraux sulfureux émettent, lorsqu'on les chauffe, des vapeurs qui sentent le soufre et certains essais chimiques produisent de l'hydrogène sulfuré qui dégage une odeur nauséabonde comme celle des œufs pourris. Les minéraux argileux contenus dans les roches argileuses et dans certains genres d'altération autour des gîtes minéraux, dégage une odeur d'argile bien caractéristique.

#### Toucher

Certains minéraux sont doux, onctueux ou gras au toucher.

#### Magnétisme

Les minéraux fortement magnétiques influent sur l'aiguille d'un compas ou sont attirés par un aimant. Les minéraux moins magnétiques, lorsqu'ils sont pulvérisés, sont attirés par un aimant ou par une lame de couteau aimantée. Il faut déposer la poudre sur un morceau de papier et appliquer l'aimant sous le papier, puis le promener d'un côté à l'autre; on peut aussi envelopper l'aimant d'un papier et le passer dans la poudre. Les particules magnétiques sont difficiles à détacher de l'aimant, c'est ce qui explique les précautions à prendre.

#### Poids

Certains minéraux, notamment les minéraux plombifères et uranifères, sont beaucoup plus lourds que la plupart des minéraux, ce qui permet de les identifier en soupesant les échantillons. Le poids relatif exact ou « poids spécifique » est établi en fonction du poids de l'eau et mesuré à l'aide d'instruments divers dont la plupart des prospecteurs peuvent se dispenser. Cette méthode, employée dans le cas du béryl, est expliquée plus loin sous la rubrique « essais chimiques ».

#### Forme des cristaux

Les formes élémentaires des cristaux sont d'habitude des indices utiles pour l'identification. Les limites cristallines

correspondent à trois ou quatre axes de proportions identiques ou différentes. Tous les axes peuvent être à angle droit, deux peuvent être à angle droit et l'autre incliné, ou ils peuvent être tous inclinés. Les six systèmes primaires de cristallisation sont les suivants:

1. *Isométrique* : (dont le cube est la forme la plus simple) : on y trouve trois axes de longueur égale et à angles droits. Le tétraèdre (4 faces), l'octaèdre (8 faces) et le dodécaèdre (12 faces) sont d'autres formes courantes.
2. *Tétragonal* : il y a trois axes à angles droits, dont deux de longueur égale et l'autre différent.
3. *Hexagonal* : les trois axes sont de longueur égale, à 60° l'un de l'autre, disposés dans un même plan; un quatrième axe de longueur différente est à angle droit par rapport aux trois autres. Les cristaux de quartz sont des exemples courants de ce système.
4. *Orthorhombique* : trois axes à angles droits, tous de longueur différente.
5. *Monoclinique* : trois axes de différentes longueurs dont deux sont inclinés l'un vers l'autre et le troisième à angle droit par rapport aux deux autres.
6. *Triclinique* : trois axes inégaux, tous inclinés les uns vers les autres.

### Essais chimiques

La plupart des essais décrits ci-après peuvent se faire à l'aide d'appareils et de fournitures peu compliqués. On peut, au besoin, remplacer les tubes à essai par des tasses de faïence qui ne servent plus, des soucoupes ou tout autre contenant. Plusieurs essais peuvent se faire sans l'aide d'un chalumeau. D'autres exigent le chalumeau et quelques connaissances de base. Les techniques avancées d'essais au chalumeau sont moins populaires qu'elles l'ont déjà été parce qu'elles exigent beaucoup d'attention, de temps et d'expérience; elles ont, dans une certaine mesure, été remplacées par des méthodes plus simples, inconnues au moment où presque tous les essais se faisaient au chalumeau. Malgré tout, certains prospecteurs feraient bien de compléter les détails fournis ici par des lectures plus avancées sur le sujet.

Le chalumeau produit une flamme ordinaire dont on peut élever la température en y insufflant de l'air avec la bouche. Pour que la flamme soit continue et uniforme, on inspire par le nez puis on gonfle les joues pour expirer l'air. Pour les analyses chimiques, on souffle la flamme légèrement de côté ou vers le bas. La flamme peut être de deux espèces: oxydante, par addition d'oxygène à l'échantillon, ou réductrice, par abstraction de l'oxygène de l'échantillon. Pour produire une flamme oxydante, on insère légèrement le bout du tube à l'intérieur de la flamme. La flamme réductrice s'obtient en plaçant le bout du tube juste à l'extérieur de la flamme et en insufflant très légèrement.

#### Antimoine

Une efflorescence dense et blanche (sublimée) se forme sur le charbon de bois lorsqu'on y chauffe, à la flamme oxydante, un fragment de minéral contenant de l'antimoine.

#### Arsenic

Les minéraux qui contiennent beaucoup d'arsenic dégagent, lorsqu'on les chauffe, des vapeurs blanches qui sentent l'ail.

Certains minéraux arsenicaux chauffés en tube clos forment un enduit noir luisant à l'intérieur du tube.

### *Béryllium*

Le béryl, principal minéral du béryllium, ne se prête pas aux essais simples et, s'il est de couleur pâle, peut être difficile à distinguer du quartz. L'essai qui se fonde sur les différents poids spécifiques du béryl et du quartz ou du feldspath peut être utile dans certains cas. Cet essai consiste à laisser tomber dans un tube contenant du bromoforme ou du tétra-bromure d'acétylène, de petits fragments de grosseur uniforme de béryl et de quartz ou de feldspath, puis à verser sur le dessus un peu de benzène ; on laisse ensuite reposer dans le tube pendant plusieurs heures. Il se forme ainsi une colonne où flottent les fragments de béryl, à un niveau inférieur à celui du quartz ou du feldspath. Comme le benzène s'évapore graduellement, il se peut qu'on doive le remplacer pour les essais ultérieurs.

Un autre essai a été mis au point par M. A. H. Debnam pour le béryl et les autres minéraux de béryllium qui sont attaqués par le fluorure d'ammonium. Cet essai doit être fait au réactif « berillon » qui, semble-t-il, ne peut être obtenu qu'en Angleterre. Les fragments de minéraux sont frittés pendant 2 minutes avec du fluorure d'ammonium dans un creuset de silice de 25 millilitres, après quoi on augmente la chaleur pour chasser l'excès de fluorure. Lorsqu'on fait l'essai avec un seul fragment, on ajoute les substances suivantes, directement dans le creuset : 5 gouttes d'acide nitrique normal à 0.2 p. 100, 1 goutte de réactif « berillon » à 0.5 p. 100 (dissoute dans l'eau) et 2 p. 100 d'hydroxyde de sodium, goutte à goutte. Si le fragment de minéral contient du béryllium, la solution prendra une couleur très prononcée de bleu après l'addition d'environ 8 à 10 gouttes d'hydroxyde de sodium. Toutefois, si la couleur demeure rouge-violet, le fragment ne contient pas de béryllium. Lorsqu'on traite plusieurs fragments à la fois, il faut les placer à au moins 1 centimètre les uns des autres sur un papier buvard et verser sur chacun, consécutivement, 2 gouttes d'acide nitrique normale à 0.2 p. 100, 1 goutte de réactif « berillon » à 0.5 p. 100 et 2 à 3 gouttes d'hydroxyde de sodium à 2 p. 100, de manière que le liquide imprègne le papier après chaque goutte. Si le minéral contient du béryllium, le papier prendra une forte coloration bleue, sinon il deviendra rouge-violet foncé.

### *Bismuth*

Si l'on chauffe une petite quantité de minéral à forte teneur de bismuth sur du charbon de bois, avec trois fois autant de carbonate de sodium anhydre, des globules friables de bismuth se forment et un enduit jaune apparaît sur le charbon de bois ; l'enduit devient blanc à mesure qu'il s'éloigne de l'échantillon.

### *Carbonates*

Certains minéraux et roches de carbonate dont, notamment, la calcite et le calcaire, font effervescence au contact de l'acide chlorhydrique. D'autres, comme la dolomite, ne font effervescence que lorsqu'ils sont réduits en poudre ; il arrive que la poudre doive être chauffée dans l'acide.

### *Caesium*

L'essai décrit ci-après, pour la pollucite, principal minéral du caesium, a été mis au point par le ministère des Mines et Ressources naturelles du Manitoba.

### *Matériel et réactifs requis*

Une bouteille de 2 on. en polyéthylène transparent avec compte-gouttes intégré en polyéthylène et capsule à vis en polyéthylène ou polystyrène.

Une bouteille de 2 on. en polyéthylène brun, ayant mêmes accessoires. (On peut se servir d'une bouteille transparente à condition de la peindre ou de la recouvrir afin d'empêcher la lumière d'y pénétrer).

#### *Réactif n° 1 (dans la bouteille transparente)*

Acide fluorhydrique concentré.

#### *Réactif n° 2 (dans la bouteille brune)*

Préparer une solution saturée de 5 grammes d'iode de potassium (KI) réactif en ajoutant de l'eau distillée, une goutte à la fois, aux 5 grammes de KI dans un petit béccher, jusqu'à dissolution. Ajouter 1 gramme d'oxyde de bismuth ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) et faire bouillir légèrement pendant quelques minutes. Ne pas attendre que tout le  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  soit dissout. Ajouter ce mélange, en petites quantités, à 25 millilitres d'acide acétique glacé contenus dans un petit béccher, en remuant pour dissoudre. Verser la solution dans la bouteille de polyéthylène brun et remplacer le compte-gouttes et la capsule.

### *Méthode*

Verser au compte-gouttes, une goutte du réactif n° 1 sur la roche ou le minéral, puis une goutte du réactif n° 2.

Un précipité rouge clair se formera sur la pollucite. Le quartz, le feldspath et les autres ne présentent que des plaques de couleur ambre, ce qui les distingue facilement de la pollucite.

### *Nota*

L'acide fluorhydrique est dangereux et doit être manipulé avec extrêmement de précaution. On peut faire préparer le réactif n° 2 si l'on ne dispose pas des récipients à mesurer.

### *Chrome*

Les minéraux qui contiennent du chrome produisent une perle jaune ou rouge lorsqu'on les chauffe avec du borax à la flamme oxydante, et une perle verte, à la flamme réductrice.

### *Cobalt*

Ce minéral, dissout dans une forte solution d'acide nitrique, produit une solution rouge qui tourne au brun si l'on ajoute de l'ammoniaque en quantité considérable (versée avec soin). La solution redevient rouge si on la laisse reposer. Des perles bleues se forment lorsqu'on chauffe le minéral avec du borax à la flamme réductrice ou oxydante.

### *Cuivre*

Les solutions prennent une teinte bleue ou verte dans l'acide nitrique ou chlorhydrique, et deviennent bleu foncé si l'on ajoute une quantité considérable d'ammoniaque. Les perles résultant de la fusion avec du borax dans une flamme oxydante sont vertes lorsqu'elles sont chaudes, et bleues lorsqu'elles sont froides.

### *Or*

D'après un vieux dicton qui ment rarement : quand on n'est pas sûr qu'un minéral soit de l'or, ce n'en est pas.

Les minéraux avec lesquels il peut être confondu sont le mica jaune, qu'on reconnaît à sa tendance à s'écailler et à sa légèreté, et les minéraux sulfureux comme la pyrite, l'arsénopyrite et la chalcoppyrite qui dégagent des vapeurs de soufre lorsqu'on les chauffe ; ils sont friables et peuvent être pulvérisés en une poudre foncée. Si un échantillon contient beaucoup d'or, il sera très lourd ; en le rayant, on s'apercevra qu'il est mou. Si des fragments s'en détachent ou si l'on obtient des grains au lavage à la batée, on peut facilement établir leur degré de fusibilité et de malléabilité, ainsi que leur résistance aux acides ordinaires et leur facilité d'amalgamation au mercure.

Il peut arriver que des minéraux sulfureux contiennent des grains d'or si petits qu'on ne peut les voir même avec une bonne loupe. Ces grains sont généralement en trop petite quantité pour être décelés au chalumeau ou par d'autres essais. On peut détecter l'or dans des quantités plus considérables de minéraux sulfureux broyés ou obtenir des concentrés par lavage à la batée (par exemple, un quart de livre ou davantage), en les grillant jusqu'à ce qu'ils deviennent rouges, pendant quatre ou cinq heures, sur une pelle ou tout autre contenant. On peut réduire le temps de grillage en ajoutant une quantité égale de chlorure de potassium. Les résidus sont ensuite pulvérisés, criblés et lavés à la batée pour concentrer l'or qui s'y trouve.

#### *Fer*

Les minéraux qui contiennent du fer sont si nombreux qu'on ne peut pas toujours reconnaître les minéraux ferri-fères possibles par de simples essais chimiques. On trouvera cependant ci-après les principaux essais simples qui peuvent être faits. On peut, par exemple, rendre magnétiques des minéraux ferri-fères non habituellement magnétiques, en les chauffant à la flamme réductrice et en les laissant refroidir. Cet essai est plus délicat si l'on ajoute un peu de carbonate de sodium à l'échantillon pour le chauffer sur du charbon de bois. On obtiendra un précipité rouge brunâtre en dissolvant un minéral ferri-fère dans de l'acide chlorhydrique, en le faisant bouillir avec quelques gouttes d'acide nitrique, ou en le dissolvant dans l'acide nitrique, pourvu qu'on ajoute suffisamment d'ammoniaque.

#### *Plomb*

Les fragments d'un minéral à forte teneur en plomb se dissoudront dans de l'acide nitrique dilué, et l'on obtiendra un précipité blanc si l'on ajoute à cette solution de l'acide sulfurique ou chlorhydrique. Des globules mous et malléables, ressemblant à de la cendrée, se formeront si l'on place dans une cavité pratiquée dans un morceau de charbon de bois, un mélange constitué d'une partie de minéral plombifère, une partie de charbon de bois pulvérisé et trois parties de carbonate de sodium qu'on fait fondre à la flamme réductrice ; il se formera un sublimé jaune à proximité de l'échantillon, qui tourne au blanc à mesure qu'on s'en éloigne.

#### *Lithium*

Les minéraux du type lithium donnent à une flamme suffisamment chaude une couleur cramoisie caractéristique. Cette couleur est généralement masquée par un jaune éclatant résultant de la présence du sodium, mais cette dernière couleur peut être filtrée à travers un verre de didyme, nuance 1.7. On peut se procurer des lunettes fabriquées avec ce verre chez les marchands de fournitures de sécurité. On peut juger de la chaleur de la flamme par le degré de fusibilité

du minéral. Les chalumeaux bon marché au propane ou les chalumeaux automatiques, à essence, sont efficaces pour les essais sur l'amblygonite, la triphylitelithiophilite et sur la plupart des spodumènes, mais il est préférable d'utiliser la flamme plus ardente d'un chalumeau acétylénique pour les essais effectués sur la pétalite et sur les mélanges dilués de spodumène à grains fins et de minéraux.

On peut soumettre l'amblygonite à un essai de coloration en procédant de la façon suivante : on chauffe l'échantillon jusqu'au point d'ébullition, ou presque, en l'agitant de temps en temps, pendant 5 minutes, dans une solution constituée de 5 grammes de molybdate d'ammonium, 100 cc d'eau froide et 35 millilitres de HNO<sub>3</sub> concentré. On décante ensuite la solution et on lave l'échantillon à l'eau. Une pellicule jaune de phosphomolybdate d'ammonium adhère alors à la surface de l'amblygonite et devient plus apparente lorsque l'échantillon a refroidi. On peut probablement faire préparer cette solution par un pharmacien, si l'on ne dispose pas des récipients à mesurer.

#### *Magnésium*

Les fragments de certains minéraux magnésiens de couleur claire prennent une teinte rose pâle lorsqu'on les humecte de nitrate de cobalt et qu'on les tient à l'intérieur d'une flamme.

#### *Manganèse*

Les perles produites avec du carbonate de sodium sous l'action d'une flamme oxydante sont vertes ; celles qu'on produit avec du borax sont pourpres ou noires si on emploie beaucoup de minéral. La solution de manganèse est violette dans du métapériodate de sodium.

#### *Mercure*

Si l'on chauffe une matière contenant du mercure, les vapeurs qui s'en dégagent peuvent être identifiées à l'aide d'un écran spécial et d'une lampe à l'ultraviolet. Si l'on chauffe quelques grains de cinabre en tube clos, un sublimé noir se forme à l'intérieur du tube et est généralement accompagné de petits globules de mercure. On doit éviter, en effectuant l'un ou l'autre essai, de respirer les vapeurs ; il est préférable de faire l'essai au grand air, particulièrement l'essai de fluorescence qui peut être fait sur un feu extérieur et à l'aide d'une pelle.

#### *Molybdène*

De minces lamelles de molybdénite chauffées à haute température dans un tube ouvert produisent un sublimé à l'intérieur du tube. Ce sublimé est jaune à l'état chaud, mais blanchit au refroidissement.

#### *Nickel*

Les minéraux à forte teneur de nickel produisent une solution vert pomme lorsqu'on les dissout dans l'acide nitrique. On peut procéder à des essais plus compliqués avec la diméthylglyoxime. On obtiendra un précipité écarlate en ajoutant quelques gouttes de ce dernier réactif et une grande quantité d'ammoniaque dans une solution de minéral de nickel et d'acide. Si l'on soupçonne la présence de fer, il faut ajouter de l'acide tartrique avant l'ammoniaque. Si le minéral est pauvre en nickel, des « aiguilles » rouges se formeront lorsque la solution aura refroidi. De plus, si l'on fait fondre un peu de minéral de nickel avec du borax à la

flamme oxydante, on obtiendra une perle violette à l'état chaud, tournant au brun rougeâtre en refroidissant.

#### *Niobium*

Lorsqu'on le chauffe à la flamme oxydante, le sel d'une perle phosphoreuse contenant du niobium est jaune pâle lorsqu'il est chaud, et presque incolore lorsqu'il est froid. Chauffé à la flamme réductrice, il est brun à l'état chaud et brun-rouge à l'état froid. Dans des manuels spécialisés, on explique certains essais chimiques qui sont trop élaborés pour qu'on en donne une description ici.

#### *Argent*

On peut soumettre l'argent à l'essai suivant : dissoudre un peu du minéral dans une solution d'acide nitrique concentré dilué avec de l'eau. On obtient un précipité blanc qui devient plus foncé lorsqu'on l'expose à la lumière, si on ajoute à la solution quelques gouttes d'acide chlorhydrique ou quelques grains de sel de table.

#### *Strontium*

Un fragment de strontium produit une flamme cramoisie qui ressemble beaucoup à celle qu'on obtient avec le lithium, si on le tient dans la flamme après l'avoir humecté d'acide chlorhydrique.

#### *Minéraux sulfureux*

Voir les remarques concernant l'or.

#### *Tellure*

Les tellures produisent une solution d'un violet rougeâtre lorsqu'on les chauffe légèrement dans de l'acide sulfurique concentré. Cette couleur disparaît pour faire place à un précipité noir grisâtre si l'on ajoute de l'eau à la solution refroidie. Une couleur semblable, produite par le manganèse, ne disparaît pas après la dilution avec de l'eau.

#### *Thorium*

L'iodate de potassium forme un précipité blanc dans une solution fortement acide.

#### *Étain*

Si l'on place un morceau de cassitérite dans de l'acide chlorhydrique dilué avec une partie d'eau et quelques grains de zinc, il se couvre d'une pellicule d'étain gris mat. On peut utiliser, pour les échantillons à grain fin, une petite casserole ou un plateau de zinc ou de fer galvanisé; il n'est pas nécessaire, dans ce cas, d'ajouter de zinc pour que la pellicule apparaisse sur le métal. Cette pellicule reluit lorsqu'on la frotte avec un chiffon ou avec un papier doux.

#### *Titane*

Si l'on fait fondre un minéral contenant plus de 3 p. 100 de titane avec du borax ou du carbonate de sodium, si on le

dissout dans l'acide chlorhydrique et si l'on fait bouillir cette solution après y avoir ajouté un peu d'étain, on obtient une couleur violette. Un autre essai plus délicat consiste à faire bouillir le minéral dans un peu d'acide sulfurique concentré et une égale quantité d'eau, jusqu'à ce que la solution devienne limpide. Si l'on dilue ensuite cette solution avec de l'eau et qu'on y ajoute du peroxyde d'hydrogène, la solution prend une couleur jaune ou ambre, selon la quantité de titane qu'elle contient.

#### *Tungstène*

Le minéral de tungstène produit un résidu jaune lorsqu'on le fait bouillir dans de l'acide chlorhydrique. Si l'on ajoute de l'étain et si l'on poursuit l'ébullition, on obtient une teinte de bleu qui tourne ensuite au brun. Un autre essai consiste à laisser tomber une goutte d'eau sur un morceau d'aluminium, à recouvrir cette goutte de tungstène réduit en poudre fine et d'une goutte d'acide chlorhydrique; on obtient une couleur bleue après quelques minutes. Le sel d'une perle phosphoreuse contenant du tungstène est incolore lorsqu'on le soumet à la flamme oxydante, vert lorsqu'il est chauffé à la flamme réductrice et bleu lorsqu'il est froid.

#### *Uranium*

L'essai de fluorescence décrit ci-après est utile pour distinguer des autres minéraux radioactifs les minéraux qui renferment des quantités importantes d'uranium: faire fondre ensemble un peu du minéral pulvérisé et une perle de sodium ou de fluorure de lithium. Si l'échantillon contient une quantité importante d'uranium, la perle sera fluorescente sous la lumière d'une lampe à l'ultraviolet. Ces fluorures sont très toxiques. On obtient une solution jaune en chauffant dans un acide commun un minéral qui contient beaucoup d'uranium. Le sel d'une perle phosphoreuse uranifère est jaune lorsqu'il est chauffé à la flamme oxydante, et vert jaunâtre lorsqu'il est froid; il se forme une perle verte au contact d'une flamme réductrice.

#### *Vanadium*

Si l'on dissout un minéral de vanadium dans un acide (cela exige généralement le chauffage dans un acide concentré), et qu'on ajoute quelques gouttes de peroxyde d'hydrogène après avoir dilué la solution avec de l'eau celle-ci devient brun rougeâtre.

#### *Zinc*

Si l'on chauffe un gros fragment de minéral zincifère près de l'extrémité d'une flamme bleue, la flamme se colore de raies d'un vert bleuté très vif. Les minéraux zincifères de couleur claire qui ne brûlent pas deviennent verts ou bleus lorsqu'on les réduit en poudre, qu'on les humecte de nitrate de cobalt et qu'on les chauffe à la chaleur intense. Il est généralement difficile d'effectuer ces essais de façon satisfaisante sur des échantillons de sphalérite.

## APPENDICE VII

### Adresses

Les adresses qui suivent seront peut-être utiles à certains lecteurs. Ce sont celles qui étaient utilisées au moment de la rédaction du présent ouvrage. Ces adresses peuvent avoir changé depuis, mais il est probable que les demandes de renseignements seront acheminées, au besoin, au destinataire.

#### *Ministères provinciaux des Mines*

Alberta : Department of Mines and Minerals, Petroleum Plaza, South Tower, 9915-108<sup>e</sup> rue, Edmonton (Alb.). T5K 2C9

Colombie-Britannique : Department of Mines and Petroleum Resources, Victoria (C.-B.).

Manitoba : Mines Branch, Resources and Environmental Management, 989 Century St., C.P. 9, Winnipeg (Man.). R3H 0W4

Nouveau-Brunswick : Department of Natural Resources, C.P. 6000, Fredericton (N.-B.). E3B 5H1

Terre-Neuve : Department of Mines and Energy, 95 Bonaventure Ave., St-Jean (T.-N.). A1C 5T7

Nouvelle-Écosse : Department of Mines, 1649 Hollis St., Halifax (N.-É.). B3J 2X1

Ontario : Ministry of Natural Resources, Division of Mines, Whitney Block, Toronto (Ont.). M7A 1W3

Île-du-Prince-Édouard : Deputy Provincial Secretary, Provincial Government Offices, Charlottetown (Î.-P.-É.).

Québec : Direction des Ressources minérales, Division des Mines, Québec (Québec). G1A 1P2

Saskatchewan : Department of Mineral Resources, Administration Bldg., Albert St., Regina (Sask.). S4S 0B1

#### *Territoires du Nord-Ouest et Yukon*

Northern Natural Resources and Environment Branch, 400 Ouest, ave. Laurier, Ottawa (Ont.). K1A 0H4

Géologue résident affecté au Yukon  
Immeuble fédéral, Federal Building, Room 211, Whitehorse (T.Y.).

Géologue résident affecté aux Territoires du Nord-Ouest, Bellance Bldg., Box 1500, Yellowknife (T.N.-O.). X0E 1H0

#### *Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources*

Publications géologiques, identification des minéraux :  
M. le Directeur, Commission géologique du Canada  
601, rue Booth, Ottawa (Ont.). K1A 0E8

Cartes topographiques : M. le Directeur, Direction des levés et de la cartographie, 615, rue Booth, Ottawa (Ont.). K1A 0E9

Photographies aériennes : M. le Directeur, Direction des levés et de la cartographie  
615, rue Booth, Ottawa (Ont.); K1A 0E9  
pour la Photothèque nationale de l'air.

Revue sur les métaux et les minéraux, etc. :  
M. le Directeur, Direction des Ressources minérales,  
Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources,  
Ottawa (Ont.).

Bureau de Québec : Ministère de l'Énergie,  
des Mines et des Ressources, 2136, Chemin Ste-Foy,  
Québec 10 (Québec).

#### *Bureaux secondaires, Commission géologique du Canada*

Institute of Sedimentary and Petroleum Geology:  
3303, 33rd St. N.W.

Calgary (Alb.). T2L 2A7

Atlantic Geoscience Centre,  
Bedford Institute of Oceanography  
C.P. 1006

Dartmouth, (N.-É.). B2Y 4A2

Bureau de la Colombie-Britannique:  
6th Floor, Sun Bldg., 100 West Pender St.,  
Vancouver 3 (C.-B.). V6B 1R8

#### *Index canadien des données géoscientifiques\**

Industries des sciences de l'information  
1755 Woodward Drive, Ottawa 5 (Ont.).

#### *Commission de contrôle de l'énergie atomique*

M. le Secrétaire, Commission de contrôle de  
l'énergie atomique, C.P. 1046, Ottawa 4 (Ont.). K1P 5S9

#### *Entrée au Canada*

Division canadienne de l'Immigration  
Ministère de la Main-d'œuvre et de l'Immigration  
305, rue Rideau  
Ottawa (Ont.). K1A 0J9

#### *Douanes*

Division des Douanes et de l'Accise  
Revenu Canada  
Édifice Connaught Ottawa (Ont.). K1A 0L5

#### *Chambres des mines*

British Columbia and Yukon Chamber of Mines,  
840 West Hastings St., Vancouver (C.B.).

Alberta and Northwest Chamber of Mines,  
10009-105 Street, Edmonton (Alb.).

#### *Tourisme*

Office du tourisme du gouvernement canadien,  
Ministère de l'Industrie et du Commerce, Ottawa (Ont.).

#### *Adresses de certains périodiques mentionnés dans les listes d'ouvrages*

*Bulletin and Transactions, Canadian Institute of Mining and Metallurgy,*  
906-1117, ouest, rue Ste-Catherine,  
Montréal 2 (Québec).

\*L'Index canadien des données géoscientifiques est un répertoire coordonné par ordinateur qui retrace les sources de données géologiques du Canada. La première édition (1970-1971) comprend environ 20,000 titres de documents provenant surtout de la Commission géologique du Canada, mais aussi des titres d'ouvrages publiés par la Direction des ressources minérales, ministère des Richesses naturelles du Québec, et par l'Ontario Department of Energy and Resources Management.



*Canadian Journal of Earth Sciences*,  
Administration, Conseil national de recherches du  
Canada,  
Ottawa 7 (Ont.)

*Canadian Mining Journal*, Gardenvale (Québec).

*Economic Geology*: Business Editor  
Economic Geology Publishing Company,  
Box 26, Blacksburg, Virginia 24060, U.S.A.

*Engineering and Mining Journal*,  
330 West, 42nd St., New York 10036 (N.Y.), U.S.A.

*Geophysics*, P.O. Box 3098, Tulsa 18 (Oklahoma) 74101,  
U.S.A.

*Mining Engineering*, 345E, 47th St.,  
New York 10017, (N.Y.) U.S.A.

*Mining in Canada*, 1450 Don Mills Road,  
Don Mills (Ont.).

*Northern Miner*, 77 River Street, Toronto 2 (Ont.).

*Proceedings*, Geological Association of Canada,  
Department of Earth Sciences,  
University of Waterloo, Waterloo (Ont.).  
*Western Miner*, 1200 West Pender Street,  
Vancouver 1 (C.-B.).

#### *Fournitures de laboratoire*

Noms et adresses de quelques fournisseurs:

Canadian Laboratory Supplies, Limited,  
8655, Delmeade, Montréal (Québec).  
80 Jutland, Toronto (Ont.).

535 Marjorie St., Winnipeg (Man.).  
10989, 124th St., Edmonton (Alb.).

Central Scientific Company of Canada, Limited,  
2200 South Sheridan Way, Toronto (Ont.).  
14920 Stony Plain Rd., Edmonton (Alb.).

Fisher Scientific Company Limited,  
8505, Devonshire, Montréal (Québec).  
184 Rainside, Toronto (Ont.).  
14730, 115A Ave., Edmonton (Alb.).

## GLOSSAIRE

Nous définissons quelques-uns des termes et expressions que nous avons utilisés. Il ne s'agissait pas, dans le cadre de cet ouvrage, de reprendre les définitions apparaissant déjà dans les glossaires et manuels courants. Par ailleurs, nombre d'autres termes sont signalés dans l'index. Nous ne donnons pas les noms de roches ou de minéraux, les plus connus étant décrits dans les appendices 4 et 5.

**Acide.** Composé chimique hydrogéné, dont la dissolution dans l'eau fournit des ions. Le terme acide s'applique aussi aux roches ignées qui contiennent plus de 66 p. 100 de bioxyde de silicium, mais les mots *felsique*, *silicieux*, ou *salique* conviennent mieux.

**Affleurement.** Roche ou partie d'un gîte minéral à fleur de terre.

**Alcali.** Nom générique s'appliquant à un groupe de métaux compris dans le Groupe I du tableau périodique des éléments (Appendice II), et comprenant le lithium, le sodium et le potassium.

**Alluvions.** Fragments libres de roche, de rocs, de galets, et particules plus petites arrachées à un gîte minéral.

**Altération superficielle.** Modification physique ou chimique du sol ou du sous-sol, due à l'action atmosphérique de la pluie, du gel, du vent ou du soleil.

**Amas.** Masses de roches plutoniques mesurant moins de 40 milles carrés. Ces masses peuvent être séparées ou former la partie supérieure d'un batholite.

**Analogue.** Qui présente des similitudes et des différences.

**Analyse.** Division (résolution), d'une substance ou d'un concept en ses éléments constituants.

**Analyse-essai.** Analyse quantitative chimique ou autre pour déterminer les quantités d'un ou de plusieurs métaux présents dans un échantillon prélevé dans un gîte minéral.

**Anomalie.** Anomalie locale dans l'uniformité de la composition ou structure géologique d'une région et qu'on peut distinguer à l'œil nu, à l'aide de cartes géologiques ou de levés géophysiques ou géochimiques effectués sur une grande superficie.

**Anticlinal.** Pli où les couches de roches sont convexes vers le haut.

**Amygdales.** Charge minérale dans les vacuoles (cavités gazeuses), des roches volcaniques.

**Apex.** (Sommet) Partie la plus élevée d'un gîte minéral, autre qu'un gîte horizontal.

**Argile de frottement.** Matériau ressemblant à du mastic, logé dans une fracture faillée; formé de roche pulvérisée humide produite par les mouvements le long de la faille.

**Axe.** Ligne imaginaire traversant un cristal, un pli ou un gîte minéral, autour de laquelle il est symétrique ou presque.

**Base.** Composé qui se combine avec l'aide pour former un sel; substance qui dégage de l'oxygène et de l'hydrogène quand on la dissout dans l'eau. Le terme basique s'applique aux roches ignées qui sont pauvres en silice et riches en minéraux contenant du fer et du magnésium, bien que les termes « mafique » ou « fémique » conviennent mieux.

**Batholite.** Masse de roches plutoniques ayant une superficie d'au moins 40 milles carrés, dont les côtés s'inclinent légèrement vers l'extérieur en s'élargissant vers le bas.

**Biogéochimie.** Branche de la géochimie qui traite des matières biologiques et des résultats des recherches biochimiques. La prospection biogéochimique consiste surtout à échantillonner et à analyser la végétation.

**Bonanza.** Partie d'un gîte minéral qui est particulièrement riche, ou mine dont l'exploitation est très rentable.

**Bouclier.** Plate-forme régionale de l'écorce terrestre, géologiquement ancienne et qui est demeurée relativement stable pendant une longue période.

**Brèche.** Fragments anguleux consolidés de minéraux ou de roches. Les brèches peuvent former des gîtes étendus de roches ou des zones étroites et de forme irrégulière en colonnes ou le long des failles.

**Carbonate.** Sel d'acide carbonique. Les roches carbonatées comprennent le calcaire et la dolomie.

**Carbonatite.** Roche carbonatée intrusive associée aux roches ignées alcalines et habituellement de forme circulaire ou annulaire. On n'a pu établir avec certitude si les minéraux carbonatés sont d'origine magmatique ou s'ils découlent de la redistribution du carbonate dans les couches sédimentaires.

**Chapeaux de fer.** Partie supérieure de certains gîtes minéraux, de couleur rouille, composée en grande partie d'oxydes de fer découlant de l'altération des minéraux ferrifères près de la surface de la terre. Les chapeaux de fer sont généralement cellulaires ou poreux. On établit parfois une distinction entre les *chapeaux de fer*, qui contiennent 20 p. 100 de plus de sulfures et les *calottes* qui en contiennent moins.

**Cheminée.** Voir *colonne*.

**Cheminement.** Prospection ou jalonnement à l'aide de lignes systématiques le long desquelles on détermine les positions.

**Colonne.** Gîte minéral ayant deux dimensions relativement courtes et une relativement longue.

**Colonne minéralisée.** Grande et riche accumulation de minéral constituant le minerai d'un gîte par ailleurs maigre.

**Combustibles minéraux.** Houille, pétrole et gaz naturel.

**Compteurs à scintillations.** Détecteur de radioactivité dans lequel les rayons produisent des scintillations (éclats), lumineuses lorsqu'ils traversent certains composés cristallins, la quantité de lumière étant mesurée par une cellule photoélectrique.

**Compteur Geiger.** Instrument servant à détecter ou à mesurer la radioactivité à l'aide d'un tube d'ionisation.

**Concordant.** Gîte minéral qui s'étend parallèlement à la stratification ou à la disposition de sa roche favorable encaissante.

**Contact.** Surface ou ligne d'intersection de deux roches ou d'un gîte minéral et de sa roche favorable.

**Contact métamorphique.** Terme désignant certaines roches et les gîtes minéraux formés à haute température autour de contacts ignés. Voir aussi *pyrométasomatique*.

**Coulée.** Masse de lave de forme tabulaire qui est un magma qui s'est épanché lentement à la surface de la terre. On appelle aussi familièrement coulée, les roches volcaniques formées par la lave consolidée.

**Déclinaison.** Angle représentant l'écart entre la direction vers laquelle l'aiguille magnétique pointe (c.-à-d. le nord magnétique), et le nord vrai ou géographique.

**Découverte.** Enlèvement de la mousse, de la surcharge ou de la roche par tranches horizontales plutôt qu'en tranchées.

**Dépôt alluvial.** Dépôt de sable, de gravier ou d'autres matières transportées et déposées par les eaux courantes. Équivaut à « gisement alluvionnaire de minerai ».

**Dépôts non consolidés.** Matière inconsistante non convertie en roche solide. Comprend les matières désagrégées en place, les placers et les dépôts d'argile, de sable et de gravier.

**Détecteur de radioactivité.** Instrument servant à la détection ou à la mesure de la radioactivité.

**Différenciation.** Séparation des éléments d'un magma.

**Diffusion.** Dispersion uniforme d'un fluide ou d'ions dans les solutions, les pores des roches ou les interstices des atomes de minéraux cristallins.

**Direction.** Direction ou orientation d'une couche, d'une fracture, d'une faille, d'une veine ou autres accidents, mesurée par rapport à l'horizontale.

**Discordance.** Discontinuité de couches de roches résultant d'une période d'érosion entre les phases de sédimentation des deux roches.

**Disposition.** Terme générique indiquant la disposition des roches (couche, dyke, etc.). Ce terme sert aussi à décrire la direction d'une fracture ou d'une faille. On détermine le gisement par la direction structurale et l'inclinaison.

**Dyke.** Masse de roche ignée de forme tabulaire (voir *tabulaire*) remplissant une fracture dans la roche massive ou traversant des roches litées.

**Dynamométamorphisme.** Métamorphisme résultant exclusivement ou en grande partie de la déformation des roches sous l'influence des plis et des failles. L'écrasement et le laminage des roches à basse température entraînent des modifications structurales importantes, et les roches subissent une recristallisation marquée sous l'action de températures plus élevées.

**Électromagnétique.** Se rapporte aux interactions entre l'électricité et le magnétisme.

**Éluvions.** Minéraux détritiques concentrés par l'eau de pluie et la gravité, à proximité et en contrebas d'un affleurement.

**Empirique.** Données obtenues par l'expérience ou l'observation sans indiquer nécessairement les causes fondamentales.

**Épigène.** Nom donné à un groupe de roches formées en surface ou près de la surface de la terre (contraire d'*hypogène* qui désigne les roches formées en profondeur).

**Épithermal.** Terme s'appliquant aux gîtes hydrothermaux formés à température relativement basse et à faible profondeur.

**Érosion.** Ensemble des divers processus de fragmentation, de dissolution et de transport des roches de l'écorce terrestre d'un produit à un autre. Ce terme englobe les processus d'altération superficielle, de dissolution, de corrosion et de transport.

**Esker.** Ride de gravier et de sable stratifiés, formée par des courants d'eau de fonte dans les crevasses de la glace ou sous pression, dans des tunnels de glace.

**Évaporite.** Sel minéral résultant de l'évaporation de l'eau de mer ou des lacs ou étangs salins.

**Faciès.** Dans le cas des roches, une partie d'un groupe de roches d'aspect et de composition différents des autres parties.

**Faille.** Cassure ou cisaillement des roches entraînant un déplacement visible des deux parties de la masse.

**Felsique.** Terme générique désignant les roches ignées à grains fins riches en feldspath.

**Fendue.** Ouverture presque horizontale, assez grande pour que des hommes puissent s'y introduire, creusée pour explorer un gîte minéral ou servant d'entrée à une mine. Les profanes l'appellent couramment tunnel, mais un tunnel est ouvert aux deux extrémités.

**Ferreux.** Qui contient du fer.

**Filet.** Petit filon étroit se présentant individuellement ou prolongeant un filon plus grand.

**Filon.** Terme générique désignant les gîtes métallifères et certains gîtes non métallifères à l'état solide, consolidé (roche dure). Le terme désignait autrefois les « veinules », les « filons métallifères » ou autres gîtes tabulaires, mais il englobe aujourd'hui tous les gîtes métallifères qu'il distingue des gîtes consolidés, tels les placers.

**Filon-couche.** Masse tabulaire de roches plutoniques qui se sont insinuées parallèlement aux plans de stratification sans déformer les couches. Certains auteurs réservent ce terme aux masses horizontales, mais l'auteur du présent manuel l'emploie pour désigner à la fois les masses horizontales et inclinées.

**Filons en gradins.** Groupe de filons courts et parallèles remplissant des fractures, en forme de barreaux d'échelle. Ils peuvent traverser un dyke ou une couche particulière, ou s'étendre perpendiculairement entre deux fractures ou failles principales parallèles.

**Filon stratifié.** Filon composé de plusieurs veines étroites à peu près parallèles, séparées par des roches.

**Fissure.** À peu près équivalent à *fracture*.

**Fissure filonienne.** Filon bien défini occupant une fissure.

**Fluide.** Au sens général, le terme « fluide » s'applique à la fois aux liquides et aux gaz. Il a aussi d'autres significations plus précises en chimie.

**Fluorescence.** Émission de lumière par certains minéraux lorsqu'on les expose aux rayons ultraviolets.

**Flux.** Substance ou mélange qui favorise la fusion, utilisé pour récupérer les métaux analysés ou affinés.

**Foliation.** Structure feuilletée résultant de la ségrégation de divers minéraux en couches parallèles. Ce phénomène est caractéristique des schistes et est d'habitude relié au parallélisme des minéraux lamellaires, tels les micas.

**Fonderie.** Usine d'extraction des métaux par la fonte du concentré ou du minerai « tout-venant ».

**Forages.** Terme générique désignant les trous percés dans les terrains de couverture ou dans la roche. Le terme est habituellement appliqué aux trous percés pour obtenir des spécimens ou des échantillons plutôt qu'aux trous de mine pratiqués durant les travaux d'excavation ou de creusement des puits de pétrole ou de gaz.

**Foret au diamant.** Outil servant à percer le roc à l'aide d'un trépan à pointes de diamant. On emploie une couronne à pointes de diamant pour prélever une carotte qui servira aux observations ou à l'échantillonnage.

**Formation détritique.** Grains de minéraux ou de roches résultant de la désintégration de roches ou de gîtes minéraux.

**Fracture.** Fissure ou autre ouverture tabulaire dans les roches, provoquée par compression, tension ou contraction.

**Fumerolles.** Gaz et vapeurs émis par les volcans au voisinage du cratère ou dans les crevasses latérales.

**Gal.** Unité de mesure de l'accélération due à la pesanteur et correspondant à 1 centimètre par seconde.

**Galerie d'avancement.** Couloir souterrain qui suit la ligne de niveau de la couche.

**Gamma.** Unité de mesure usuelle du magnétisme pour les levés géophysiques.

**Gangue.** Minéraux ou roches sans valeur dans un gîte minéral ou de minéral. Comprend les minéraux métallifères sans valeur, mais la plupart des gangues ne sont pas métallifères.

**Géochimie.** Étude de l'abondance des éléments et des isotopes dans la terre, ainsi que de la répartition et de la migration des éléments individuels dans les diverses parties de la terre (l'atmosphère, l'hydrosphère, l'écorce terrestre, etc.), afin de découvrir les principes qui gouvernent cette répartition et cette migration.

**Géode.** Cavité non remplie dans un gîte minéral, causée par la solution ou l'absence de sédimentation.

**Géophysique.** Science qui traite de la physique du globe terrestre, de son atmosphère et de son hydrosphère.

**Géosynclinal.** Vaste fosse de l'écorce terrestre en voie d'affaissement progressif durant une longue période, où s'entassent des sédimentations ou des laves, ou les deux.

**Gîte de couches homogènes.** Gîte minéral concordant ou transgressif dans les roches sédimentaires, volcaniques ou métamorphiques stratifiées, qui ne s'est pas nécessairement formé en même temps que la couche.

**Gîte de cuivre porphyrique.** Type de gisement de cuivre disséminé ; ce terme était à l'origine réservé aux gîtes contenus dans des porphyres, mais on l'emploie beaucoup aujourd'hui pour désigner les gîtes pauvres de cuivre disséminé.

**Gîte de zone de cisaillement.** Gîte minéral formé dans une zone de cisaillement soit par substitution ou par remplissage des fractures.

**Gîte épigénétique.** Terme appliqué aux gîtes minéraux dont l'origine est postérieure à celle des roches encaissantes.

**Gîte industriel.** Gîte minéral, roche ou gisement non consolidé de matériaux employés dans l'industrie, bruts ou semi-façonnés. Sont compris dans cette catégorie la plupart des gisements non métallifères, les roches utilisées en construction, la pierre concassée et les gîtes commerciaux d'argile, de sable et de gravier.

**Gîte métallifère.** Gîte minéral immédiatement exploitable.

**Gîte minéral.** Concentration assez importante de minéraux, généralement de valeur marchande, mais pas nécessairement dans tous les cas cités dans cet ouvrage.

**Gîte probable.** Gîte minéral dont les dimensions et la teneur minérale pourraient en justifier l'exploitation.

**Gîte sans affleurement.** Gîte qui n'affleure pas. On a employé le terme « sans affleurement » pour désigner à la fois les gîtes enfouis sous la roche et ceux qui sont recouverts de morts-terrains, mais son emploi est plus courant dans le premier cas et c'est à ce genre de gîte qu'il s'applique dans le présent ouvrage.

**Gîte sédimentaire.** Gîte minéral formé par sédimentation, en même temps que sa couche encaissante.

**Gîte surchargé.** Gîte minéral qui atteint la surface de la roche de fond, mais qui est recouvert par la surcharge.

**Gîte transgressif.** Prospection ou jalonnement à l'aide des lignes systématiques le long desquelles on détermine les positions.

**Granitisation.** Terme employé par différents auteurs dans diverses acceptions, mais se rapportant essentiellement à la transformation de la roche originelle en roches granitiques et roches plutoniques apparentées.

**Halo.** Zone entourant partiellement ou entièrement un gîte minéral.

**Halo de dispersion.** Zone entourant un gîte minéral dans laquelle la transformation est intermédiaire entre celle du gîte et celle de la roche encaissante normale.

**Hertz.** Unité de fréquence équivalent à un cycle par seconde.

**Hydrothermal.** Fluide chaud transportant des éléments dissous et des dépôts formés par ce fluide. Certains géologues restreignent le terme au fluide provenant d'un magma et d'autres y englobent les eaux thermales profondes.

**Hypothèse.** Supposition provisoire servant de base aux travaux de recherche et qui se révèle valable ou fautive par ses conséquences.

**Inclinaison.** En géologie : d'une couche, d'une faille, d'un filon ou de toute autre masse tabulaire par rapport à l'horizontale. En géophysique : angle formé par une direction quelconque et la verticale.

**Indices.** Certains éléments qui accompagnent d'habitude un métal particulier de valeur et qu'on peut déceler plus facilement que le métal lui-même. Indicateurs géochimiques.

**Inférence.** Opération logique par laquelle on formule une proposition ou une opinion en s'appuyant sur d'autres propositions ou observations. Les deux principaux types d'inférences sont l'*induction*, raisonnement qui consiste à établir un ordre général quelconque à partir d'observations particulières et la *déduction*, qui consiste à appliquer des principes ou vérités générales à des cas particuliers.

**Installation de concentration** (ou d'enrichissement). Installation où l'on concentre le minerai en le pulvérisant et en séparant les minéraux de valeur de ceux qui n'en ont pas.

**Installation de traitement mécanique.** Partie d'une installation de traitement du minerai où l'on fait le concassage et le broyage ; comprend aussi, au sens large, l'installation de concentration.

**Intrusive.** Masse de roche plutonique qui a été refoulée dans d'autres roches alors qu'elle était fondue ou en fusion. Par opposition, les roches volcaniques sont « extrusives ».

**Ion.** Atome ou groupe d'atomes portant une charge électrique ; atome ou molécule considéré électriquement.

**Isoradiation.** Ligne reliant les points d'égale radioactivité, établie à l'aide d'un compteur Geiger ou d'autres données radiométriques pour dresser une carte d'isoradiations.

**Isotope.** Groupe de deux ou plusieurs éléments radioactifs occupant la même position dans le tableau périodique et ayant le même numéro atomique et des propriétés chimiques quasi identiques, mais de poids atomique différent.

**Kame.** Colline de forme conique ou crête courte de forme irrégulière, de gravier ou de sable, déposée par les eaux de fonte ou d'un glacier.

**Lampe fluorescente.** Lampe émettant des rayons ultraviolets. On l'appelle aussi lampe « à ultraviolets ».

**Latérite.** Sol résiduel ou gîte minéral constitué d'oxydes insolubles de fer, d'alumine ou d'autres métaux laissés sur place après le lessivage des matières solubles. Typique des climats tropicaux.

**Lave.** Roche liquide, comme celle qui provient d'un volcan ou d'une crevasse de l'écorce terrestre. On emploie parfois ce terme pour désigner les roches volcaniques formées par cette matière.

**Lentille.** Couche, dyke ou filon s'amincissant sur les bords, à la façon d'une lentille.

**Ligne zéro.** Ligne arpentée avec un soin particulier et à laquelle se rapportent les points ou les autres lignes.

**Lithologie.** Composition et texture d'une roche par rapport à son âge ou à sa disposition.

**Mafique.** Terme générique désignant les roches foncées riches en magnésium et en fer. Voir *base*.

**Magma.** Masse rocheuse fondue contenant des gaz et des vapeurs.

**Magnétisme induit.** Aimantation conférée aux grains de certains minéraux par le champ magnétique de la terre.

**Magnétisme rémanent.** Aimantation conservée en permanence par certains minéraux et par les roches qu'ils forment.

**Massif intermédiaire.** Grande unité structurale composée de roches moins déformées, s'étendant entre deux grandes chaînes montagneuses plus déformées.

**Drift.** Blocs, till, gravier, sable ou argile transportés par un glacier et déposés soit directement par la glace flottante ou accompagnant l'eau de fonte du glacier.

**Mésothermal.** Terme s'appliquant aux gîtes hydrothermaux formés à des températures et pressions modérées.

**Métal commun.** Tout métal autre que l'or, l'argent, le mercure et le groupe des platines.

**Métallogénique.** Se rapporte à l'origine et à la répartition des métaux dans l'écorce terrestre.

**Métamorphisme.** Adaptation minéralogique et structurale des masses de roches à des conditions physiques ou chimiques différentes de celles dans lesquelles elles se sont formées.

**Métamorphisme de contact.** Altération, à haute température, des roches voisines d'un gisement de roches plutoniques, à de grandes profondeurs, résultant de la chaleur et de l'émanation de gaz.

**Métamorphisme régional.** Expression générale se rapportant au métamorphisme qui a transformé les roches sur une grande superficie.

**Metasomatisme.** Genre de métamorphisme dans lequel certaines matières sont ajoutées à la roche préexistante et certaines autres emportées par les solutions.

**Métaux précieux.** Or et argent seulement.

**Milieu.** Terme désignant tout ce qui entoure un objet ou un organisme.

**Mine.** Cavité creusée dans le sol pour extraire le minerai, les minéraux, la roche ou le charbon.

**Minerai.** Combinaison d'un ou de plusieurs minéraux formant un gîte immédiatement exploitable ; ce terme s'applique

généralement aux gîtes contenant un ou plusieurs métaux, mais aussi à certains genres de gîtes non métallifères.

**Minerai marginal.** Minerai d'une teneur proche du minimum indispensable à l'exploitation économique.

**Minerai primitif.** Matière minéralisée primitive, inexploitable, à partir de laquelle des minerais supergènes enrichis se sont formés. On emploie aussi ce terme, dans différents contextes, pour désigner des quantités importantes de matières de teneur trop faible pour en justifier l'exploitation immédiate, mais qui pourraient être considérées comme minerai si la situation économique changeait ; les termes minerai sous-marginal ou potentiel de minerai sont moins ambigus.

**Minéral.** Élément ou corps naturel inorganique, dont la structure externe caractéristique reflète la disposition interne des atomes ou des ions.

**Minéral de valeur.** Minéral de valeur contenu dans un minerai. Désigne aussi les minéraux de cette catégorie, peu importe qu'un spécimen particulier soit du minerai ou non.

**Minéral industriel.** Minéral, généralement non métallifère, employé dans l'industrie à l'état naturel ou après un certain traitement, mais pas dans le but d'en extraire un élément.

**Minéralisation.** Processus de transformation d'un métal en minerai. Il est préférable d'éviter ce terme pour désigner les « roches minéralisées ».

**Miroir de faille.** Surface polie ou striée des roches résultant de la friction le long d'une faille.

**Modèle.** Objet ou formule utilisée pour faciliter la compréhension ou l'explication d'un concept ou d'un groupe de données.

**Moraine.** Accumulation de terre, de pierres, et *cetera*, transportée et finalement déposée par un glacier.

**Natif.** Terme désignant un minéral qui se trouve seul, non combiné avec un ou plusieurs autres éléments. L'or se trouve généralement à l'état natif ; l'argent, le cuivre et quelques autres éléments se trouvent parfois à l'état natif.

**Nerf (ou barre).** Grande masse de roches non minéralisées dans un gîte minéral.

**Noble.** Métaux qui ne s'oxydent pas lorsqu'on les chauffe à l'air ou à l'eau ; comme l'or et le groupe des platines.

**Non ferreux.** Métaux qui ne sont pas du fer ou n'en contiennent pas.

**Non métallifère.** Minéraux ou gîtes qui ne contiennent pas de métaux.

**Non métallique.** Minéraux qui ne possèdent pas l'éclat métallique. Dans le contexte statistique, équivalant à « non métallifère ».

**Oolithe.** Corps minéralisé à peu près sphérique, ressemblant à un œuf de poisson et habituellement calcaire.

**Orogène.** Région géologique soumise à l'orogénèse.

**Orogénèse.** Mouvements régionaux de l'écorce terrestre qui ont donné naissance aux plissements, aux failles et au métamorphisme associés à la formation des montagnes.

**Paramètre.** Dans une expression mathématique, constante ou variable distinguant divers cas spécifiques.

**Pegmatite.** Roche cristalline à gros grains, d'origine plutonique ou metasomatique, formant généralement des dykes, des sills ou des petites masses de forme irrégulière.

**Pendage.** Angle fait avec l'horizontale par la pente d'une couche, d'une fracture, d'une faille, d'un filon. . .

**Pente (inclinaison).** Inclinaison d'un gîte tabulaire ou d'une colonne minéralisée mesurée dans son plan. Ainsi, un gîte peut incliner dans une direction et plonger dans une autre.

**Pergélisol.** Surcharge gelée en permanence, l'été comme l'hiver.

**Photogéologie.** Étude, interprétation et illustration de données géologiques illustrées par des photographies, le plus souvent aériennes.

**Placer.** Gîte de minéraux lourds ou résistants, contenus dans du sable ou du gravier, ou gîte de ce genre, consolidé et interstratifié dans des roches comme le grès, la quartzite ou le conglomérat. Employé seul, ce terme désigne d'habitude un gîte non consolidé ; autrement on parle de placer consolidé ou de gîte en placer consolidé.

**Plan axial.** Plan imaginaire traversant la crête et l'axe d'un pli.

**Plateau continental.** Zone submergée, légèrement inclinée, s'étendant à de faibles profondeurs en bordure des continents depuis la rive jusqu'au talus continental où la profondeur atteint 100 brasses ou davantage.

**Plate-forme.** Région formée d'un « soubassement » de roches anciennes recouvertes par des couches plus récentes, plus ou moins horizontales.

**Pli.** Ploiment ou ondulation des couches rocheuses, résultant de la compression, du cisaillement, du déplacement ou du glissement.

**Plongement.** Angle d'inclinaison des axes de certains plis. On appelle plongement l'angle vertical formé par le plan horizontal et la ligne d'élongation maximale d'un gîte minéral.

**Plutonique.** Terme générique employé à l'origine pour désigner les roches ignées cristallisées en profondeur, par opposition aux roches volcaniques ; certains géologues englobent maintenant dans ce terme les roches granitisées, les grandes masses de roches métamorphosées et les complexes granitiques.

**Porphyre.** Roche ignée contenant des cristaux relativement grands appelés phénocristaux, enfermés dans une gangue à texture fine.

**Potentiel.** En général, signifie une virtualité non encore actualisée. En électricité, ce terme désigne le travail de la force à appliquer à un point donné pour amener une unité d'électricité positive depuis une distance infinie jusqu'à ce point, dans des conditions électriques données.

**Précipité.** Substance insoluble obtenue par l'action d'un réactif chimique, qui se sépare d'une solution et tombe au fond du vase.

**Primaire.** Terme qui, dans son sens traditionnel, désignait un minéral ou gîte minéral dans son état originel, non altéré. Dans certains contextes, on l'emploie maintenant pour désigner un minéral ou gîte qui peut avoir été recyclé à partir d'un minéral ou gîte préexistant mais qui est tout à fait différent d'un minéral ou gîte secondaire (supergène).

**Produit ou élément de désintégration.** Élément résultant de la désintégration radioactive (voir *radioactivité*) d'un autre élément.

**Prospection géochimique.** Recherche des gîtes minéraux, particulièrement des gîtes métallifères par l'analyse des roches, du limon des cours d'eau, des sources, des sols, des eaux de surface ou des organismes afin de déceler les concentrations anormales d'éléments.

**Prospection géophysique.** Prospection avancée se fondant sur les mesures des propriétés physiques des roches et des minéraux.

**Puits.** Trou vertical étroit, creusé dans la surcharge ou le roc.

**Pyrométasomatique.** Gîtes formés à la faveur de modifications métasomatiques au contact des roches plutoniques ou au voisinage de celles-ci. Le terme est un peu plus large que « dépôt de métamorphisme de contact ».

**Radioactivité.** Propriété de certains éléments chimiques de se transformer en d'autres éléments avec émission de particules électromagnétiques (particules alpha qui sont des atomes d'hélium à charge positive, ou particules bêta qui sont des électrons), ou de rayons gamma.

**Rayon gamma.** Radiations électromagnétiques émises par les éléments et minéraux radioactifs.

**Relations spatiales.** Relations se rapportant à la distance ou à la position. Dans le cas des gîtes minéraux, cette expression sert à définir leur position par rapport à une masse géologique comme un stock ou un batholite, sans indiquer que le gîte dérive de cette masse.

**Remplissage de brèche.** Minéraux qui remplissent les espaces libres entre les fragments de roche dans une brèche.

**Remplissage de cavité.** Un ou plusieurs minéraux qui remplissent une petite cavité dans la roche. Beaucoup de ces cavités sont formées par la dissolution de roches solubles ou sont des espaces libres « originels » dans les roches volcaniques.

**Réseau de fissures.** Groupe de fissures très rapprochées les unes des autres.

**Résistivité.** Mesure de la résistance d'une substance à un courant électrique spécifique.

**Roche.** Au sens large, toute accumulation naturelle d'un ou de plusieurs minéraux, mais le terme est habituellement réservé aux accumulations dures et massives de minéraux.

**Roche de fond.** Toute roche solide affleurante ou recouverte de matières non consolidées.

**Roche encaissante.** Terme générique désignant la roche ou les roches normales qui entourent un gisement de roches plutoniques ou un gîte minéral. Dans ce dernier cas, le terme équivaut à peu près à « roche favorable ».

**Roche favorable.** Au sens général, roche enveloppant les venues ou gîtes minéraux ou les autres masses relativement petites, tels les dykes ou les sills.

**Roche ignée.** Terme autrefois appliqué aux seules roches endogènes solidifiées ou cristallisées à partir d'une masse fondue ou d'un magma en fusion ou preque et comprenant les roches volcaniques et plutoniques. Les théories modernes de granitisation ont étendu le sens de ce terme.

**Roche métamorphique.** Roche dérivée de roches préexistantes à la suite d'altérations minéralogiques, chimiques et structurales dues à la réaction aux changements marqués de température, de pression et de composition chimique du milieu.

**Roche sédimentaire.** Roche formée par le dépôt de sédiments sous l'eau ou sur la terre ferme.

**Secondaire.** Terme générique s'appliquant aux minéraux formés par altération des minéraux préexistants. S'applique aussi à certains gîtes minéraux ou parties de gîtes qui contiennent des minéraux secondaires. Dans certains contextes, ce mot est synonyme de *supergène*.



## INDEX

- ABATTAGE HYDRAULIQUE**, 278.  
**ABRASIFS**, 227.  
**ACE**, mine, 263.  
**ACIER**, 238, 243; à fleuret, 96.  
**ACIDE chlorhydrique**, 317; rubéanique, 197.  
**ACOUSTIQUES**, barrières, 161; propriétés, 158.  
**AFFAISSEMENT**, 57.  
**AFFINAGE**, 203.  
**AFFLEUREMENTS**, étude systématique des, 142; de couleur rouille, 120; rocheux, 108.  
**A.F.M.A.G.**, méthode, 173.  
**AFFUTAGE DES FLEURETS**, 220.  
**AGGLOMÉRATS VOLCANIQUES**, 39, 240.  
**AIGUILLE D'INCLINAISON**, 114, 118, 124.  
**AIMANT**, 96, 147, 148, 315.  
**ALGUES**, 141.  
**ALLANITE**, 259.  
**ALLARD**, gîtes du lac, 260.  
**ALLUVIONNAIRES**, gîtes, 47, 64.  
**ALLUVIONS**, 273.  
**ALTÉRATION**, 185, 186; de couleur rouge brique, 265; de la roche encaissante, 53, 121, 140, 184; superficielle, 14.  
**ALUMINIUM**, 226.  
**AMALGAMATION**, or et mercure, 286.  
**AMALGAME**, 277, 281.  
**AMBLYGONITE**, 242, 320.  
**AMIANTE**, 82, 83, 152, 227.  
**AMYGDALOÏDE**, 39.  
**ANALYSE**, 202, 210, 211, 220, 222; à qui s'adresser, 222; colorimétrique, 221; d'échantillons, 88; des dépôts glaciaires (till), 143; exacte, 220; géochimique, 183, 196; gravimétrique, 221; organismes gouvernementaux, 222; qualitative, 220; quantitative, 221; spectrographique, 221; thermique différentielle, 140.  
**ANHYDRITE**, 62, 241.  
**ANOMALIES**, 127, 134, 154, 168, 183, 184, 185; décomposition d'une, 191; de structure, 136; disparition des, 191; géochimiques, 183, 184, 185; gravimétriques, 162; radioactives, 165, 168.  
**ANORTHOSITE**, 77, 79.  
**ANTHRACITE**, 67.  
**ANTICLINAUX**, 25, 68.  
**ANTIMOINE**, 194, 229, 318.  
**ANYOX**, C.-B., 235.  
**APATITE**, 79, 252.  
**APEX (sommet)**, 45.  
**APHÉBIEN**, 75.  
**APLITE**, 39.  
**APPALACHES**, orogène des, 80, 81; région des, 82.  
**ARCHÉEN**, 74.  
**ARDOISE**, 42.  
**ARGENT**, 83, 84, 120, 194, 229, 321; natif, 119, 136, 265.  
**ARGILE**, 62, 230.  
**ARGILITE**, 42.  
**ARKOSE**, 39.  
**ARRASTRE**, 286.  
**ARSENIC**, 194, 230, 318.  
**ATHABASCA**, sables bitumineux de l', 80.  
**ATLAS EXPLORATIONS LIMITED**, 183.  
**ATLIN**, région d', 275.  
**ATMOSPHÈRE**, 182.  
**AUDIO FREQUENCY MAGNETICS**, 173.  
**AVEUGLE**, veine ou filon, 45.  
**AXE DU PLI**, 25.  
**AZURITE**, 120, 233.  
  
**BAFFIN**, terre de, 241.  
**BALANCE DE TORSION**, 146.  
**BANCROFT**, région de, 264.  
  
**BANDE ou filon de gravier**, 273.  
**BANQUE DE DONNÉES**, 131.  
**BANQUE DE DONNÉES GÉOLOGIQUES DU CANADA**, 144.  
**BAROMÈTRE ANÉROÏDE**, 212.  
**BARYTINE**, 82, 230.  
**BASTNÉSITE**, 259.  
**BATÉE**, 95, 121, 202, 206, 210, 277.  
**BATHOLITE**, 22; de la chaîne côtière, 82.  
**BATHURST**, N.-B., 235.  
**BEAVERLODGE**, secteur de, 137.  
**Beetz**, Johan, 266.  
**BELCHER**, îles, 78.  
**BENTONITE**, 231.  
**BERLINE**, échantillons de, 209.  
**BERNIC**, lac (Manitoba), 237.  
**BÉRYL**, 78.  
**BÉRYLLIUM**, 59, 78, 187, 231, 319.  
**BÊTA**, rayons, 163.  
**BETHLEHEM STEEL CORPORATION**, 239.  
**BIOSPHÈRE**, 182.  
**BISMUTH**, 232, 319.  
**BLACK DONALD**, mine, 241.  
**BLIND RIVER**, région de, 265.  
**BLUEBELL**, mine, 255.  
**BOBINE EXPLORATRICE**, 177.  
**BOCARD**, 250.  
**BOISAGE**, 284.  
**BOITES DE SLUICE**, 279.  
**BORNITE**, 234, 235.  
**BOSS MOUNTAIN**, mine, 245.  
**BOUCHONS VOLCANIQUES**, 57.  
**BOUCLE**, 173, 177.  
**BOUCLIER CANADIEN**, 73, 237, 251, 254; première découverte d'or, 250.  
**BOUE DE FORAGE**, 210.  
**BOUSOLE**, 96, 103, 147, 148, 212.  
**BOUSOLE D'INCLINAISON**, 146, 147, 149, 206; utilisation de la, 239; relevés à la, 246.  
**BOWETTE ou travers-bancs**, 218.  
**BRANNÉRITE**, 260, 264, 265.  
**BRÈCHE**, remplissage de, 47, 60, 265; volcanique sédimentaire, 39, 60.  
**BRÉCHIFORME**, zone, 24.  
**BRITANNIA**, 235.  
**BRITANNIQUES**, monts, 84.  
**BROCK**, enclave de, 78.  
**BROYAGE**, zone de, 24.  
**BRUCE**, mine, 235.  
**BRUCITE**, 243.  
**BRUNSWICK**, mine, 269.  
**BUCHANS**, mine, 269.  
**BULLDOZERS**, 214, 279.  
  
**CADMIUM**, 232.  
**CALCAIRE**, 40, 79, 232, 252.  
**CALCITE**, 119.  
**CALCIUM**, 232.  
**CAMÉRAS SOUS-MARINES**, 130.  
**CAMP**, 102.  
**CAMPAGNES DE PROSPECTION**, 294.  
**CAMPING**, matériel de, 90.  
**CANADA TUNGSTEN MINING CORPORATION**, 261.  
**CANADIEN PACIFIQUE**, chemin de fer du, 246, 250, 255.  
**CANTONS DE L'Est**, 228, 229, 233, 234, 246, 258.  
**CAPE SMITH**, zone de, 78.  
**CARBONATES**, 319.  
**CARBONATITE**, 57, 60, 249.



- CARIBOO, district de (C.-B.), 272; ruée vers l'or, 275.  
 CARNALLITE, 256.  
 CARNOTITE, 268.  
 CARRIÈRE, 44, 283.  
 CARROTTES de sondage, 126, 186; «rayon x», 216.  
 CARTES, 104; aéromagnétiques, 109, 126, 137, 154, 240, 269; à l'échelle, 106, 108; coupe, 104; de compilation, 108; des claims, 109, 117; des formations superficielles, 108; géochimiques, 197; géologiques, 108, 116, 157; géophysiques, 7, 125; gravimétriques, 163; légendes des, 108; métallogéniques, 109, 115, 137, 144, 241; minéralogique du Canada, 109; minéralogiques, 137; pédologiques, 109; profil, 104; section, 106; signes conventionnels, 108; topographiques, 105, 106.  
 CARTES-INDEX, 109, 110.  
 CASSIAR, mine d'amiante, 228; région de, 275.  
 CASSITÉRITE, 64.  
 CASSURE, 318.  
 CATALOGUES, 110, 115; des publications, 296.  
 CAVITÉ, remplissage de, 47.  
 CENDRES VOLCANIQUES, 24.  
 CÉRIUM, 259.  
 CERTIFICAT DE DYNAMITEUR, 218.  
 CÉSURIUM, 232, 319.  
 CHALCOHITE, 78, 234.  
 CHALCOPYRITE, 61, 233, 234, 235.  
 CHALUMEAU, 315.  
 CHAMBER OF MINES DU YUKON, 87.  
 CHAMOISITE, 239, 240.  
 CHAMPS DE GLACE, 18.  
 CHAPEAUX DE FER, 120, 121, 141.  
 CHARBON, 84; de bois, 315.  
 CHAUDIÈRE, bassin de la rivière, 249, 274.  
 CHAUX, 232.  
 CHEMINÉES, 47, 60.  
 CHEMINEMENT, 211.  
 CHIBOUGAMAU, 77, 234-236.  
 CHLORITE, 121.  
 CHROMATOGRAPHIE SUR PAPIER, 197.  
 CHROME, 51, 232, 319.  
 CHROMITE, 57, 232, 233.  
 CHRYSOTILE, 227, 228.  
 CINABRE, 140, 242.  
 CIRQUES, 19.  
 CISAILLEMENT, 120, 136; zone de, 24, 47, 61, 201, 235, 250.  
 CLAIMS, 118, 288.  
 CLARKE, 185.  
 CLASSIFICATION GÉNÉTIQUE, 55.  
 CLIVAGE, 318.  
 CLOCHES À PLONGEURS, 130.  
 COBALT, 78, 233, 265, 319; efflorescence du, 121; fleur de, 230, 233.  
 COBALT, groupe de, 230; Ontario, 230, 250; série, 75.  
 COKE, 67.  
 COLLECTIONS DE MINÉRAUX ET DE ROCHES, 34, 296.  
 COLLINES DE GRAVIER, 273.  
 COLOMBIE-BRITANNIQUE, 235, 241, 245, 254, 268, 274.  
 COLONNES, 47, 60; minéralisées, 49, 202.  
 COLORATIONS MINÉRALES, 120.  
 COLUMBIUM, 249.  
 COMPLEMENTS DE VIDE, 60.  
 COMINCO, 137, 255, 269.  
 COMMANDITER, 293.  
 COMMISSION DE CONTRÔLE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, 263.  
 COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA, 109, 235, 236, 239, 244, 262, 263, 269, 292, 296.  
 COMPLEXE PLUTONIQUE CÔTIER, 82.  
 COMPOSÉ CHIMIQUE, 32.  
 CONCENTRATION, 201; de métaux, 64, 273.  
 CONCESSIONS, 106, 292.  
 CÔNES d'éboulis, 143, 185, 190; d'éboulis glaciaires, 143; de déjection, 273.  
 CONFIGURATION de dispersion, 189; géochimique, 185.  
 CONGLOMÉRAT, 39, 264.  
 CONSTANTES, 131.  
 CONTACT, 25, 157.  
 CONVENTIONS, 294.  
 CONVOIS MOTOTRACTÉS, 203.  
 COPPER CLIFF, mine de, 246.  
 COPPERMINE, région de, 234-236.  
 COPPER, Mont, 234, 235.  
 CORAIL, récif de, 61, 270.  
 CORDILLIÈRE occidentale, 82; orientale, 83, 84.  
 CORINDON, 227.  
 COUCHE, 19, 30.  
 COUCHES HOMOGÈNES, gîtes de, 54, 136, 234, 235; gîtes de sulfure de, 61, 254.  
 COULÉES, 30; de minerai, 207.  
 COUPE longitudinale, 104; structurale, 108; transversale, 104.  
 COUPS DE GOUGE, 143.  
 COURBES DE NIVEAU, 105.  
 COURANTS SOUTERRAINS, 188.  
 COURS D'EAU, anciens lits des, 275, 276.  
 COURS de prospection, 6, 7, 86, 87, 262; par correspondance, 87.  
 COUSSINS, 39, 77.  
 CREUSAGE DE FOUILLES, 218.  
 CRIBLE LAVEUR, 278, 280.  
 CRISTAUX, forme des, 318.  
 CRYOLUMINESCENCE, 140.  
 CUIVRE, 77, 78, 82, 114, 120, 186, 191, 233, 265, 319; natif, 3, 78, 234, 235.  
 DATATION ISOTOPIQUE, 75, 138.  
 DÉBÂCLE, 97.  
 DÉCLINAISON, 104, 147, 212.  
 DÉCOMPOSITION EN PRODUITS DE FILIATION, 163.  
 DÉCROCHEMENT D'UNE FAILLE (à gauche et à droite), 25.  
 DÉDUCTION, 134.  
 DELTAS, 143, 273.  
 DEMANDE, 204.  
 DÉNOMBREMENT, 143.  
 DENSIMÈTRE, 221.  
 DÉPLACEMENT, moyens de, 90.  
 DÉPÔTS GLACIAIRES (till), 182; analyse des, 143.  
 DÉPÔTS SUPERGÈNES ENRICHIS, 270.  
 DÉSÉQUILIBRE, 222.  
 DÉTECTEURS, 141; choix et entretien, 167.  
 DÉTONATEUR, 218, 219.  
 DÉTRITIQUES, minéraux, 126, 129, 136.  
 DIABASE, 39, 75.  
 DIAGRAPHIE RADIOMÉTRIQUE DE CARROTTES ET DE TROUS, 171.  
 DIAMANT, 64, 251; industriel, 227.  
 DIATOMITE, 237.  
 DILUTION, 223.  
 DIORITE, 37; quartzifère, 37.  
 DIRECTION DU PLAN DE FAILLE, 24, 157.  
 DIRECTION DE L'EXPANSION ÉCONOMIQUE DU NORD, 296.  
 DIRECTION DES LEVÉS ET DE LA CARTOGRAPHIE, 296.  
 DIRECTION DES MINES, 296.  
 DIRECTION DES OBSERVATOIRES (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources), 109.  
 DIRECTION DES RESSOURCES MINÉRALES, 296.  
 DISCORDANCES, 28, 74, 136.  
 DISPERSION D'ÉLÉMENTS, 183.  
 DISSÉMINATION, 245; d'amas, 121, 263; gîtes, 62, 163, 180, 234, 245; gîtes de sulfure, 173.  
 DISTRICT FRONTALIER, 235.  
 DOLOMITE, 40.  
 DÔMES, 68.  
 DONNÉES, 128; asymétriques, 131; emmagasinage des, 131; statistiques, 144.

- DRAGAGE, 274, 275, 276, 278.  
 DRAGLINES, 279.  
 DRAGUES, 129, 280.  
 DROITS MINIERS, 289.  
 DRUMLINS, 143.  
 DURETÉ, 317.  
 DYKES, 23.
- EAST ARM, zone de plissement, 78.  
 EAU DE MER, 19.  
 EAUX SOUTERRAINES, 191.  
 ÉBOULIS, 185.  
 ÉCHANTILLONNAGE, 190, 207; au hasard, 131, 209, 210; des alluvions, 190; des eaux, 191; des roches, 186; du sol, 185, 187; emplacement des points d', 213; esquisse des lieux d', 295; par carrés, 209; par éclats, 209, 210; par saignées, 207, 209.  
 ÉCHANTILLONS, 283; composites, 210; de déblais, 209, 210; de filons, 278; de rejets, 210; de spécimens ou de choix, 209; géochimiques, préparation des, 195; grillage des, 122; incinération des, 196; journal sur les caractéristiques des découvertes, 117; prélevés par les prospecteurs, 210; réduction, 209, 210; révélateurs du caractère, 209; volumineux, 203, 209, 293.  
 ÉCHELLE, 108, 211, 213; modèle d', 131; pour cartes, 104.  
 ÉCLAT, 317.  
 ÉCLOGITE, 42.  
 ÉCOLES TECHNIQUES, 86.  
 EFFET DE MASSE, 165, 168, 171.  
 EFFLORESCENCE, 33, 120.  
 ELDORADO, 78.  
 ELDORADO MINING AND REFINING LIMITED, 171, 262, 266.  
 ÉLECTRIQUES, méthodes, 125, 146, 172.  
 ÉLECTRODES, 173, 175.  
 ÉLECTROMAGNÉTIQUES, méthodes, 173, 177.  
 ÉLECTROSCOPES, 165.  
 ÉLÉMENTS, 32; natifs, 32; présence de faibles quantités (traces), 182, 184, 191; témoins, 187, 188, 193.  
 ELLIOT LAKE, 77, 259, 260, 265, 277.  
 ENCLAVES, 73.  
 ENDAKO, C.-B., 245.  
 ÉNERGIE ATOMIQUE, règlements concernant l', 292.  
 ENREGISTREMENT, 144.  
 ENREGISTREMENT MINIER, bureau de l', 288.  
 ENTONNOIR SOUTERRAIN, 283.  
 ENVIRONNEMENT DES GÎTES, 135, 144, 184, 193.  
 ÉPIGÉNÉTIQUE, 54; gîtes, 184.  
 ÉPROUVETTES, 315.  
 ÉROSION, 14.  
 ESKERS, 143, 190, 273.  
 ESPACEMENT DES CHEMINEMENTS ET DES LIGNES DE VOL, 127.  
 ESSAIS, 126; au chalumeau, 315, 318; chimiques, 315, 318; de contrôle, 222; par voie humide, 221.  
 ESTIMATION de la valeur, 223; du tonnage, 223.  
 ÉTAIN, 59, 136, 237, 321.  
 ÉTAT LIBRE, 48.  
 ÉTUDES complémentaires, 126; personnelles, 87.  
 ÉVALUATION PAR LE PROSPECTEUR, 204.  
 ÉVAPORITES, 50, 62; formation (Prairie), 255.  
 EXCAVATRICES, 214.  
 EXPLOITATION à l'échelle commerciale, 282; des filons, 282, 283; des gîtes, 203; par voie hydraulique, 276; par voie souterraine, 279.  
 EXPLORATION, 6, 204; permis d', 292; souterraine, 214, 217.  
 EXPLOSIFS, 97, 218, 219.  
 EXTRACTION DU MINÉRAI à CIEL OUVERT, 203.
- FACES amont et aval, 143.  
 FACIÈS, 136; métamorphique, 42.  
 FACTEURS MÉTALLIQUES POUR LES LEVÉS PAR POLARISATION PROVOCÉE, 180.
- FAILLES, 24, 81, 120, 158, 203; de chevauchement, 25; de décrochement, 25; de plongée, 25; de poussée, 84; dite inverse, 25; dite normale, 25.  
 FALCONBRIDGE, mine, 246.  
 FELDSPATH, 79, 227, 238.  
 FELSITE, 39.  
 FÉNITE, 42, 60.  
 FER, 77, 79, 82, 238, 320; des marais, 129, 238.  
 FERBERITE, 260.  
 FERRIFÈRE, formation, 30, 62, 84, 149, 150, 240, 241, 269.  
 FILETS ou filonets, 47.  
 FILONS, 47, 202; en échelons, 47; exploitation des, 282, 283; stratifiés, 47.  
 FILONS-COUCHES, 23.  
 FINANCEMENT DES ENTREPRISES DE PROSPECTION, 293.  
 FLANCS, 25.  
 FLEURETS AU CARBURE DE TUNGSTÈNE, 220.  
 FLIN FLON, 78, 234, 236, 269.  
 FLOTTATION, 255.  
 FLUORESCENCE, 125, 139, 140, 317.  
 FLUORIMÉTRIQUES, méthodes, 222.  
 FLUORINE, 82, 140, 237, 258.  
 FLUX, 167.  
 FONDERIE, 203, 283.  
 FORAGE, 218; à la main, 218; au diamant, 210, 215.  
 FORETS à DIAMANT, 97.  
 FOREUSE à diamant, 215; à percussion, 214; de mort-terrain, 217; mécanique portative, 97, 218; rotary, 217.  
 FORMATIONS GRAPHITIQUES, 175.  
 FORMULES CHIMIQUES, 32.  
 FOSSILES, 26.  
 FRACTIONS, 290; de claims, 290.  
 FRACTURES, 24, 120, 136.  
 FRANKLIN, monts, 82, 84.  
 FRONTS OROGÉNIQUES, 77.  
 FUMEROLLES, 51.  
 FUSIBILITÉ, 318.  
 FUTTAGÉ, 240.
- GABBRO, 37.  
 GADOLINIUM, 259.  
 GALÈNE, 254, 255.  
 GALERIE, 206; d'accès ou d'avancement, 44, 203, 214, 217, 218; latérale, 218.  
 GALLIUM, 241.  
 GALVANOMÈTRE, 173.  
 GAMMA, définition, 151, 164.  
 GANGUE, 48.  
 GASPÉ COPPER MINE, 236.  
 GASPÉSIE, 81.  
 GAZ, 80; naturel, 66, 68, 84, 252; suintement de, 70.  
 GEIGER, compteur, 6, 114, 118, 128, 165, 206, 261; compteur (mise au point), 262, 263; tube, 166.  
 GEL, action du, 118, 121, 185, 188.  
 GÉOCHIMIE APPLIQUÉE, 182.  
 GÉOCHIMIQUES, études, 7, 125; méthodes, 7, 124; provinces, 185.  
 GÉOLOGIE, déductions fondées sur la, 134.  
 GÉOLOGIQUES, études quantitatives, 144; hypothèses, 9; méthodes, 124; provinces, 75; raisonnements, 134; rapports, 109, 116, 126; recherches, 109; reconnaissances, 126; successions, 26; théories, 268.  
 GÉOLOGUE-CONSEIL, avis d'un, 207.  
 GÉOLOGUE RÉSIDENT, 117.  
 GÉOPHYSIQUE, 146.  
 GÉOPHYSIQUES, études, 7, 124, 125; instruments, 7; méthodes, 7, 125, 246; prospection, 7; sondages, 69.  
 GÉOSYNCLINAUX, 20, 53, 72, 74, 82, 84, 135.  
 GERMANIUM, 241.  
 GIANT MASCOT, gîte de, 248; mine, 247.  
 GIANT YELLOWKNIFE, gîtes de minerai de, 251.

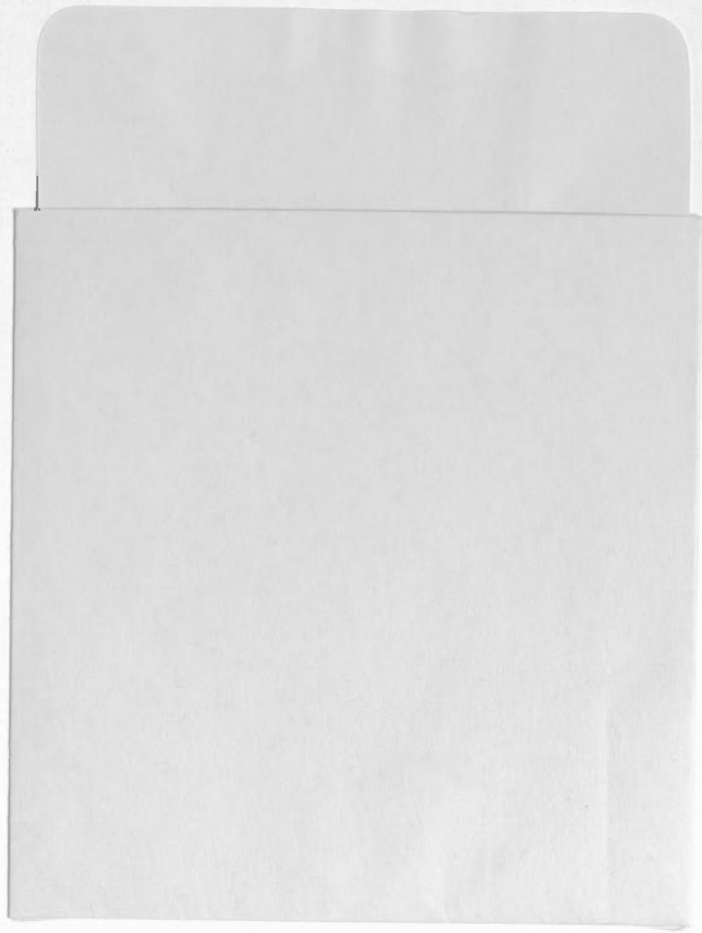
- GISEMENTS à faible teneur, 236, 250; prometteurs, 200; secondaires, 121; sous-marins, 129; tabulaires, 46.
- GÎTES, 135; appréciation des, 134, 146; à très faible teneur, 45; bréchiques, 61; composites, 227; de substitution, 60, 61, 202; en selle, 60; évolution des, 204; ferrifères du Québec et du Labrador, 239; historique des, 127; longueur d'un, 204; massifs, 49; non consolidés, 47; rapport détaillé sur certaines découvertes, 135; recouverts de mort-terrains, 45; sédimentaires, 62; sous terrains de couverture, 186; stratifiés, 202; stratiformes, 45, 50, 61.
- GLACIATION, 64, 72, 85, 185; continentale, 85; des vallées, 85.
- GLACIERS, 18; alpins, 18; de vallées, 18, 85.
- GLISSEMENTS PAR GRAVITÉ, 16.
- GNEISS, 42.
- GOETHITE (limonite), 239.
- GORDON, gîte du lac, 248.
- GORDON LAKE, mine, 247.
- GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX, 288, 295, 297.
- GRAIN DE LA ROCHE DE FOND, 141.
- GRANDE PLAINE, 79.
- GRAND LAC DE L'OURS, 262.
- GRAND LAC DES ESCLAVES, 78.
- GRANDS LACS, basses terres des, 80.
- GRANITE, 36, 251; porphyrique, 36, 37.
- GRANITISATION, 22, 41, 53, 74.
- GRANODIORITE, 37.
- GRANULITE, 42.
- GRAPHITE, 174-176, 180, 241; zone de cisaillement où se trouve du, 179.
- GRAUWACKE, 39.
- GRAVIER, 256; tertiaire, 64.
- GRAVILLONS, 39.
- GRAVIMÈTRE, 162.
- GRAVIMÉTRIQUES, méthodes, 162.
- GRAVITÉ, 125, 146.
- GREISEN, 237.
- GRENAT, 64, 227, 253.
- GRENVILLE, front de, 79; région de, 240; série de, 75.
- GRÈS, 39, 227, 252.
- GROUPE, 30.
- GUNNAR, gîte, 277; mine, 263.
- GYPSE, 62, 80, 82, 140, 242.
- HADRYNIEN, 75.
- HALITE, 256.
- HALOS, 140, 184, 185; de dispersion, 184, 190, 194; de dispersion secondaires, 194; primaires, 184; secondaires, 185, 190.
- HAVRE-SAINT-PIERRE, 260.
- HAZELTON, C.-B., 261.
- HEATH STEEL, gîte de, 270.
- HEDLEY, C.-B., 238.
- HELEN, mine, 250.
- HÉLICOPTÈRES, 7, 100, 171, 172.
- HÉLIKIEN, 75.
- HÉMATITE, 120, 163, 239, 264, 277.
- HILTON, mine, 239.
- HOLLINGER, mine, 250.
- HOLLINGER NORTH SHORE EXPLORATION COMPANY, 239.
- HOMOCLINAUX, 77.
- HORIZONS, 187.
- HOUILLE, 66, 266.
- HUDSON, plate-forme d', 78, 80.
- HURONIEN, 75, 77.
- HUYGEN, principe de, 159.
- HYDROGÉOCHIMIQUES, études, 191.
- HYDROSPHÈRE, 182.
- HYDROTHERMALE, théorie, 54.
- HYPOGÈNE (primaire), 55.
- IDENTIFICATION DES MINÉRAUX, 33, 88, 148, 209, 296, 315.
- ILMÉNITE, 57, 64, 148, 260, 315.
- IMPÔTS, 292.
- INCLINAISON, 147, 178; cercle d', 149.
- INCLUSIONS, 33.
- INDICES, 118-120, 194; indirects, 120.
- INDIUM, 242.
- INDUCTION, 134.
- INFORMATIQUE ou traitement électronique des données, 130, 131, 140, 144.
- INFRAROUGE, exploration à l', 141; photographie à l', 146.
- INUITIENNE, région, 80.
- INTÉRÊT ÉCONOMIQUE DE MÉTAUX, MINÉRAUX ET ROCHES INDUSTRIELLES, 226.
- INTERFACES, 158.
- INTERNATIONAL NICKEL COMPANY OF CANADA LIMITED, 246.
- INTRUSIONS, 23.
- INSPECTION PRÉLIMINAIRE D'UNE DÉCOUVERTE, 123.
- IRON ORE COMPANY OF CANADA, 239.
- ISORADES, 170.
- ISOTOPES, 29, 163, 256; stables, 135, 138.
- JADE, 252, 276.
- JALONNEMENT, 211, 290; dans les parcs provinciaux et nationaux, 289, 292; règlements régissant le, 117.
- JALONS, 289; présence de, 289.
- JOUBIN, F.-R., 7.
- JOURNAUX MINIERS, 226.
- KEEWANIENS, 75.
- KEEWATIN, 77; groupe ou série, 75.
- KENCO EXPLORATION (CANADA) LIMITED, 183.
- KERR-ADDISON, mine, 251.
- KEYSTONE, forage, 275; foreuse, 278.
- KIDD CREEK, 230, 254, 264.
- KILMAR, Québec, 243.
- KIMBERLITE, 252.
- KIRKLAND LAKE, 236, 250, 251.
- KLONDIKE, 249, 269, 272-274.
- KNOB LAKE, 239, 240.
- LABORATOIRES MOBILES, 183.
- LABRADOR, 78; fosse du, 240; gîtes du type dit du «Lac Supérieur», 240.
- LABRADOR MINING AND EXPLORATION COMPANY LIMITED, 239.
- LAC SUPÉRIEUR, 240; bassin du, 77.
- LAMPES à rayons ultra-violet, 6, 139, 194; fluorescentes, 95, 114, 261.
- LANTHANIDES, 259.
- LARGEUR RÉELLE, 204.
- LATÉRITES, 50.
- LATTES, 281.
- LAVES, 24, 50, 82.
- LENTILLES, 47.
- LÉPIDOLITE, 242.
- LESSIVAGE, 186.
- LEVÉS aéromagnétiques, 153, 239; électromagnétiques et magnétiques, 154; géophysiques aériens, 146; radiométriques, 167; radiométriques aériens, 171; radiométriques préliminaires, 168, 170.
- LIAISON CHIMIQUE, 184.
- LIGNE DE BASE, 170, 211.
- LIGNITE, 67, 265, 266.
- LIME, 315.
- LIMONITE, 120, 239.
- LITHIUM, 59, 78, 242, 320.
- LITHOGÈNE, 54.
- LITHOLOGIE, 135.
- LITHOSPHÈRE, 182.
- LITS ENFOUIS, 279.
- LOI D'URGENCE SUR L'AIDE À L'EXPLOITATION DES MINES D'OR, 250.
- LOIS fédérales, 288; régissant la prospection et l'exploitation minière, 288.
- LORRAINE, gîte, 248; mine, 247.

- LOUPE, 315.  
 LUSTRE, 33.  
 LYNN LAKE, 78, 246.
- M.A. HANNA COMPANY, 239.  
 MACKENZIE, monts, 82, 84.  
 Mado, Ontario, 258.  
 MAGMATIQUE, ségrégation, 51, 57, 248, 260.  
 MAGMAS, 22, 34, 51-54.  
 MAGNÉSIE, 243.  
 MAGNÉSITE, 243.  
 MAGNÉSIUM, 243, 320.  
 MAGNÉTIQUE, anomalie, 152, 157; attraction, 212; balance, 152; champ, 152, 153, 154, 177; champ (secondaire), 177; déviation, 148, 149; intensité, 125; méridien, 149; méthode, 147; minéraux, 148; orage, 152, 153; profil, 153; propriétés, 147, 154; prospection, 148; relief, 154; susceptibilité, 147.  
 MAGNÉTISME, 146, 147, 318; induit, 147; rémanent, 147.  
 MAGNÉTITE, 57, 120, 147, 148, 154, 163, 179, 206, 239, 274, 281, 315; métasomatique, gîte, 79, 83; métasomatique de contact, gîtes de 240.  
 MAGNÉTOMÈTRE, 125, 146, 147; aéroporté, 153; à faisceau d'électrons, 153; à protons enregistreurs, 152, 153; au sol, 151; découverte des placers au, 277; fluxmètre, 152, 153; optique à absorption, 153.  
 MAGNÉTOTELLURIQUE, méthode, 173, 215.  
 MAKKOVIK, 78.  
 MALACHITE, 120, 233, 234.  
 MALARTIC, 251.  
 MALLÉABILITÉ, 317.  
 MANGANÈSE, 62, 121, 129, 243, 320; écume de, 243.  
 MANGANITE, 243.  
 MANITOU, mine (Québec), 269.  
 MANITOUWADGE, 234, 269.  
 MANTEAU, 21, 50.  
 MARBRE, 42.  
 MARBRIDGE, gîte, 248; mine, 247.  
 MARÉCAGES, 188, 190, 193.  
 MARMITES, 273.  
 MARMOR, 238; gîte de fer de, 80.  
 MARNE, 62, 129.  
 MARTEAU COMPRESSEUR, 218.  
 MASSIFS DE SULFURE, 179.  
 MATAGAMI, 77, 234, 269, 270.  
 MATÉRIEL ET ESSAIS POUR IDENTIFIER LES MINÉRAUX, 315.  
 MATÉRIAUX de construction, 45; glaciaires, 142; de transport glaciaire, 64.  
 MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES AUX PROBLÈMES GÉOLOGIQUES, 144.  
 MÈCHE, 220.  
 MERCURE, 186, 194, 197, 243, 277, 320; détecteurs de, 194; halos de, 194; technique des traces de, 188, 190.  
 MESURE, radon, 165.  
 MÉTALLOÏDES, 32.  
 MÉTAMORPHIQUE DE CONTACT, 60.  
 MÉTAMORPHISME, 41, 55, 57, 74, 138; intensité du, 42; de contact, 42.  
 MÉTASOMATIQUES, gîtes, 54, 60.  
 MÉTASOMATISME, 41.  
 MÉTAUX, 32, 45; communs, 46; communs, gîtes de, 135; précieux, 46.  
 MÉTÉORITES, 244.  
 MEULE, 227.  
 MICA, 79, 121, 245.  
 MICHIPICOTEN, district de, 238.  
 MICROLITE, 249.  
 MIGMATITE, 42, 59.  
 MILLIGAL, définition du, 162.  
 MILLIROËNTGENS, définition des, 167.  
 MINE, trous de, 214, 284.  
 MINÉRAIS, 48, 138, 225; définition des, 225; en puissance, 45, 225; gisement de, 44; marginal, 202; primitif, 45; traitement du, 138, 203.
- MINÉRAL, gîte, 44.  
 MINÉRALISATION secondaire, 138; supergène, 265.  
 MINÉRALOGIE AVANCÉE, 138.  
 MINÉRAUX accessoires, 35, 154; associations de, 120; carbonatés, 119; cartes des gîtes, 109; combustibles, 45, 66; définition des, 32; de valeur, 48; ferromagnésiens, 35; fluorescents, 139; identification des, 33, 88, 148, 209, 296, 315; industriels, 45, 142, 226, 296; lourds, 120, 276, 281; métalliques, 33, 119; primaires, 33; radioactifs, 206, 249, 261, 264; rares, 252; secondaires, 33, 120; stratégiques, 7; sulfurés, 120, 182, 194, 321; sulfurés, massifs de, 251; supergènes, 120, 202.  
 MINEUR LIBRE, certificat de, 289.  
 MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES DU QUÉBEC, 87.  
 MINISTÈRES PROVINCIAUX DES MINES, 109, 110, 297.  
 MINTO, enclave de, 78.  
 MIROIR DE FAILLE, 24.  
 MISE EN VALEUR, 204.  
 MISTASSINI, homoclinal de, 77.  
 MOAK, lac, 247.  
 MOBILITÉ d'un élément (dispersion), 185; des métaux, 185.  
 MODÈLE, 131, 144; conceptuel, 131; de processus déterministe, 131; mathématique, 131.  
 MOLYBDÈNE, 59, 83, 114, 136, 191, 194, 237, 245, 320.  
 MOLYBDÉNITE, 62, 121, 235, 245.  
 MONAZITE, 259, 260, 264, 265.  
 MONITOR, 278.  
 MONTÉRÉGIENNES, collines, 80; intrusions, 57.  
 MORAINES, 20, 85, 143, 190, 273.  
 MOSAÏQUES, 110, 113, 126, 141.  
 MOUNT PLEASANT, gîte de, 237.  
 MOUVEMENT PROPRE (évaluation), 165, 168.  
 MOYENNE arithmétique, 223; pondérée, 223; réduite, 223.  
 MULTIPLES HYPOTHÈSES DE TRAVAIL, 131, 134.  
 MUR, 24.  
 MUSCOVITE, 244.  
 MUSKEGS, 188.  
 MYLONITISATION, 137.  
 MYSTERY, lac, 247.
- NASKAUPI, zone de plissements de, 79.  
 NÉOHÉLIKIEN, 75.  
 NÉPHRITE, 253.  
 NEW CALUMET, mine, 79.  
 NEW JERSEY ZINC LIMITED, 183.  
 NICHOLSON, propriété, 263.  
 NICKEL, 51, 57, 78, 114, 120, 121, 246, 320.  
 NICKEL PLATE, mine, 250.  
 NICOAMEN, C.-B., 275.  
 NIGADOO, gîte de, 270.  
 NIOBIUM, 59, 78, 249, 321.  
 NODULES, 129.  
 NOLANITE, 268.  
 NONACHO, zone de, 78.  
 NON MÉTALLIQUE, 33, 45.  
 NORANDA, région de, 234, 251, 269, 270.  
 NORANDA MINES LIMITED, 236.  
 NORTH RANKIN, gîte, 248; mine, 247.  
 NOTES MARGINALES, 108.  
 NOUVEAU-BRUNSWICK, 233, 237, 254, 268.  
 NOUVELLE-ÉCOSSE, 242; ministère des mines de la, 87; mines d'or de la, 250.
- OFFICES DE TOURISME, 97.  
 OHMS-CENTIMÈTRE, définition, 176.  
 OHMS-MÈTRE, définition, 176.  
 OKA, Québec, 57.  
 OMNECA, région d', 275.  
 ONTARIO, ministère des mines de l', 87, 249.  
 OPÉMISCA, mine d', 235.  
 OPTION, 294.

- OR, 64, 77, 83, 114, 120, 136, 249, 272, 319; à l'état libre, 251, 286.
- ORDINATEURS, 127, 131, 144; numériques, 130; numériques ou analogiques, 131.
- ORIENTATION, études géophysiques ou géochimiques, 126.
- OROGÈNE, 72; hudsonien, 77; kénoréen, 77.
- OROGÉNÈSE, 26, 77; du laramide, 84; taconique, 82.
- OROGÉNIE ACADIENNE, 81.
- ORTHOPHOTOSCOPE, 141.
- OXYDE, 32; de fer, 227.
- PAGGAGE, 278.
- PALÉOHÉLIKIEN, 75.
- PANTOGRAPHE PHOTOMÉCANIQUE, 141.
- PARAGÉNÉTIQUES, études, 138.
- PARCS NATIONAUX, 288.
- PARTICULARITÉS DU TERRAIN, 126.
- PAVAGES, 129.
- PECHBLENDE, 137, 261, 264, 265.
- PEGMATITE, 39, 53, 57, 119, 236, 248, 254, 258, 266; filons de, 245; gîtes de, 51, 79, 202, 231, 238, 249, 284.
- PELLE MÉCANIQUE, 279.
- PELLETISATION, 240.
- PENDAGE, 24.
- PENTE, 157.
- PENTLANDITE, 247.
- PERCEPTION, méthode de, 146.
- PERGÉLISOL, 188, 274.
- PERLES, épreuves de fluorescence sur des, 139.
- PERMÉABILITÉ, 68, 136, 184.
- PERMIS, 288, 289; de jalonnement, 117.
- PETITS GALETS, 185; traînées de, 189.
- PÉTROLE, 66, 68, 80, 84; suintements de, 70.
- PHÉNOCRISTAUX, 34.
- PHLOGOPITE, 245.
- PHOENIX, gîtes de contact de, 235.
- PHOSPHATE, 251.
- PHOSPHORITE, 129.
- PHOTOGÉOLOGIE, 141.
- PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE, 7, 110.
- PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES, 110, 113, 116, 125, 137, 141, 143, 157, 211, 213; commande, 113; examen des, 113; pellicule couleur, 141; trimétragonales, 111; verticales, 111.
- PHOTOGRAPHIES TRIMÉTROGON, 112.
- PHOTOMÈTRE à flamme d'absorption, 221; à flamme d'émission, 221.
- PHOTOMÉTRIE À LA FLAMME, 197.
- PHOTOTHÈQUE NATIONALE DE L'AIR, 113, 117, 141, 296.
- PHYLLITE, 42.
- PIÈGES STRUCTURAUX, 68.
- PIÈRE à affûter, 93; de construction, 251; gemmes, 64; précieuses, 59, 252.
- PIGMENTS, 253.
- PINE POINT, 61, 80, 137, 254, 269, 270.
- PIQUETS, aligner des, 205.
- PLACERS de plage, 274; enfouis, 273, 276; exploitation de, 278; ou gîtes alluvionnaires, 47, 50, 64, 141, 272.
- PLAGES ET TERRASSES SUSPENDUES, 85.
- PLAGIOCLASES, 33.
- PLAINE INTÉRIEURE, 79.
- PLAINES alluviales proglaciaires, 273; côtières, 72.
- PLAN de faille, 24; données géochimiques, 197.
- PLANTES, 192; témoins, 193.
- PLAQUES, 291; de porcelaine, 315.
- PLATE-FORME de l'Arctique, 80; de l'intérieur, 79.
- PLATEAUX CONTINENTAUX, 72, 129.
- PLATINE, 51, 57, 64, 253, 272, 281.
- PLISSEMENTS, 24; zone de, 77; pénokéens, zone de, 77.
- PLOMB, 78, 79, 80, 83, 84, 120, 185, 191, 194, 226, 254, 320.
- PLOMBIFÈRE, terre, 182.
- PLOMB-ZINC, 61, 78, 136.
- PLUTONS, 22-24.
- POCHE (dimensions d'une mine), 201.
- PODZOLS, 188.
- POLARISATION provoquée, 172, 180; spontanée, 174; spontanée, méthode de la, 172, 173.
- POLIR DES COUPES, 138.
- POLYDYMITE, 248.
- POMPE à INCENDIE, 205.
- PONCE, 226.
- PORCUPINE, camp de, 250, 251.
- PORES, 68.
- POROSITÉ, 68, 136.
- PORPHYRE CUIVREUX, gîte de, 62, 194, 235.
- PORPHYRIQUE, roche, 34, 39.
- PORT RADIUM, 78.
- POTASSE, 62, 80, 256.
- POTASSIUM, 171, 256.
- POTEAU de découverte, 291; indicateur, 291.
- POUSSIÈRES, 207.
- PRÉCAUTIONS CONTRE LES INCENDIES, 103.
- PREMIER MÉRIDIEN, 106.
- PRÉVISIONS TOUCHANT LA DEMANDE ET LES PRIX, 226.
- PRODUITS JAUNES à URANIUM, 121.
- PROFIL du sol, 187; sismique, 158; de données géochimiques, 197.
- PROPRIÉTÉ PYRAMID, 269.
- PROSPECTION à plein temps, 6; à temps partiel, 6, 8, 293; biogéochimique, 192, 193; classique ou traditionnelle, 6, 114, 128; géobotanique, 192, 193; géochimique, 125, 182; géologique, 134; géophysique, 125, 128; par méthodes électriques, 125; par saturation, 126; propice, zone de, 134; un passe-temps, 293.
- PROTÉROZOÏQUE, 74, 75.
- PROVINCE de Churchill, 77, 78, 233, 248; de Grenville, 77, 78, 238, 241, 243, 260; de l'Ours, 77, 78; de Nain, 77, 78; des Esclaves, 77, 78, 237, 242; du lac Supérieur, 77, 231, 234, 237, 242, 248; du Sud, 77, 265.
- PROVINCES métallogéniques, 137, 144, 185; minéralogiques, 137; structurales, 77.
- PSILOMÉLANE, 243.
- PUBLICATIONS MINIÈRES, 204, 226.
- PUITTS, 214, 278, 283; borgnes ascendants (montages), 218; borgnes descendants (descenderies), 218; de recherche, 215, 278.
- PYRITE, 120, 126, 248, 255, 258, 277.
- PYROCHLORE, 249, 259.
- PYROLUSITE, 243.
- PYROMÉTASOMATIQUE, gîte, 60.
- PYROPHILLITE, 258.
- PYRRHOTINE, 57, 120, 126, 148, 152, 206, 234, 240, 248, 255, 256, 315.
- QUADRILLAGE, 106; études par, 168, 197.
- QUANTITÉS D'ÉLÉMENTS, 182.
- QUARTZ, 256; exploitation de, 291; stérile, 119.
- QUARTZITE, 42.
- QUÉBEC, 246, 268.
- QUÉBEC LITHIUM, mine, 242.
- RACLOIR, 218.
- RADAR, 141.
- RADIATIONS, détecteur de, 165.
- RADIOACTIVES, méthodes, 163.
- RADIOACTIVITÉ, 125, 146, 206, 261, 262; détecteurs de, 95, 124; détecteurs de (entretien), 168.
- RADIOMÉTRIQUE, essai, 222.
- RADIUM, 163, 256, 265.
- RADON, 164; mesure, 165.
- RAINURES, 143.
- RANKIN INLET, T.N.-O., 78.
- RAPPORTEUR, utilisation d'un, 211, 212, 213.
- RAPPORTS d'analyses, 214; des prospecteurs, 213.
- RAYONNEMENTS durs, 164; mous, 164.
- RAYONS alpha, 163; ultraviolets, 125, 139.

- RAYONS X, analyse de fluorescence par, 197, 222; identification des minéraux aux, 138.
- RÉACTIFS, 316.
- REBUTS, 48.
- RECHERCHE OPÉRATIONNELLE, 127, 131, 144.
- RECONNAISSANCE de terrains alluvionnaires, 277, 278; par le prospecteur, 117.
- RÉCUPÉRATION, 203, 209; des minéraux alluvionnaires, 280.
- REDEVANCES, 288, 292.
- RÉFLEXION, exploration sismique par, 158.
- RÉFRACTION, exploration sismique par, 158.
- REGAIN D'ACTIVITÉ d'anciens camps miniers et de secteurs déjà exploités, 236.
- RÉGIONS ÉPARGNÉES PAR LA GLACIATION, 85, 274, 275.
- REGISTRAIRE DES MINES, bureaux du, 88.
- REGISTRAIRES MINIERS, 117, 297.
- RÈGLEMENTS, 88; régissant la prospection et l'exploitation, 288.
- RÉGOLITHES, 136.
- REJET horizontal, 25; net, 25; vertical, 25.
- RELATIONS SPATIALES, 51.
- RELIEF, 105.
- REMPLISSAGE, 52.
- RENSEIGNEMENTS, extraction de, 131; sources additionnelles de, 297.
- RÉSERVES INDIENNES, 288, 289, 292.
- RÉSISTIVITÉ, méthode de, 172, 176.
- RESSOURCES NON RENOUVELABLES, 2.
- REVUES ANNUELLES, 226.
- REXPAN, gîte de, 266.
- RICHARDSON, chaînons, 84.
- RICHMOND, golfe, 69.
- RIO ALGOM MINES LIMITED, 266.
- RIVETS, 93.
- RIVIÈRE de la Paix, 275; Saskatchewan-Nord, 275; Tulameen, 276.
- ROCHE-MÈRE, concept de la, 54.
- ROCHES acides, 35; alcalines, 248; basiques, 35; compétentes, 49; cornéenne, 42; de fond, fausse, 273; felsiques, 35; féminiques, 34; ignées, 20, 34-36, 51; industrielles, 226; intrusives de la région de Sudbury, 247; mafiques, 35, 51; métamorphiques, 34, 40; plus anciennes, 74; plutoniques, 21, 22, 36, 37; sédimentaires, 20, 34, 39; siliceuses, 35; ultrafamiques, 37, 49, 51, 257; vertes, 42, 77; vertes, zone de, 115; volcaniques, 21, 39.
- ROSSLAND, 61, 235, 250.
- RUBIS, 64, 252.
- RUTILE, 253, 260.
- SABLE, 256; de plage (abrasifs), 227; noir, 64; pétrolifère, 70.
- SABLIÈRES ou gravières, 44.
- SAINT-LAURENT, basses-terres du, 80.
- SAINT-URBAIN (Québec), 260.
- SALIN, 257.
- SALMO, C.-B., 261.
- SAULT-STE-MARIE, 234, 235, 238.
- SAUTAGE, 206, 218, 219; sous une calotte de boue, 220; sous une calotte de sable, 219, 220.
- SCHEELITE, 119, 139, 140, 261.
- SCHEIDAGE, 283.
- SCHISTE, 39, 42; pétrolifère, 70.
- SCINTILLOMÈTRES, 165, 167.
- SCINTILLOSOPES, 165.
- SÉCRÉTION LATÉRALE, 53, 54.
- SÉDIMENTS continentaux, 20; marins, 20; stratifiés, 62; métamorphiques huroniens, 230; non consolidés, 20.
- SEL, 79, 82, 257.
- SÉLÉNIUM, 257.
- SEMI-MÉTAUX, 32.
- SÉRIE ANIMIKÉENNE, 75.
- SERPENTINE, 42.
- SERVICES GOUVERNEMENTAUX, 295.
- SHUSWAP, complexe de, 82.
- SIBÉRIE, 274.
- SIDÉRITE, 239.
- SIGNES CONVENTIONNELS, 108.
- SILICE, 227, 257.
- SILLON DES ROCHEUSES, 82, 237.
- SILLONS (dans la roche de fond), 161.
- SILTSTONE, 39.
- SISMIQUES, études, 125; méthodes, 158.
- SISMIQUE-RÉFLEXION, méthode de, 161.
- SISMIQUE-RÉFRACTION, méthode de, 158.
- SISMOMÈTRE, 158.
- SKARN, 42, 60, 234, 235.
- SLUICE, 280; à auges longues, 281.
- SNELL, loi de, 159.
- SOLS d'origine glaciaire, 188; résiduels, 85, 187, 188; semi-désertiques, 188; transportés, 188.
- SOLUTIONS SOLIDES, 32.
- SONDAGE, 210, 214, 215; au diamant au travers de la glace, 239.
- SONDES, 168; électroniques, 139; percutantes, 210, 217.
- SOUFRE, 191, 258.
- SOUS-PRODUITS, 227.
- SPATH FLUOR, 258.
- SPÉCIMENS, lieux de prélèvement, 214.
- SPECTRE, 167.
- SPECTROGRAPHE, 220; à émission, 221.
- SPECTROGRAPHIQUES, méthodes, 197.
- SPECTROMÈTRE à rayons gamma, 165, 167, 171, 172, 187; à rayons X, 221.
- SPECTROPHOTOMÈTRE, 221.
- SPECTROPHOTOMÉTRIE D'ABSORPTION, 197.
- SPECTROSCOPE, 220.
- SPECTROSCOPIE, 140, 197; d'émission, 197.
- SPERRYLITE, 254.
- SPHALÉRITE, 234, 254, 255, 269.
- SPODUMÈNE, 140, 242, 320.
- STANNITE, 237.
- STAÉLITE, 258.
- STEEP ROCK LAKE, 239, 240.
- STÉRÉOGRAMMÉTRIE, 141.
- STÉRÉOSCOPE, 111.
- STIBINE, 229.
- STOCKS, 22.
- STOCKWORK, 47, 245.
- STRATES, 30, 158.
- STRATIGRAPHIE, 135.
- STRIES, 143; en tête de clou, 143.
- STRONTIUM, 321.
- STRUCTURES, 36, 57, 136; comment identifier des, 157; favorables, 120.
- SUBAFFLEUREMENT, 45.
- SUBDIVISIONS des terres, 106; légales, 106.
- SUBSTITUTION, gîte de, 52, 138, 243, 254.
- SUDBURY, 77, 246, 247, 250, 254.
- SULFATE de sodium brut, 258; de soude, 258.
- SULFURES, 32, 119, 177, 180; gîtes de, 126, 130, 173; gîtes massifs de, 61, 163, 270; massifs, 177.
- SULLIVAN, mine, 237, 241, 254, 269, 270.
- SUPERGÈNES (secondaires), 33, 35.
- SUTTON, enclave de, 78.
- SYÉNITE, 37; néphélinique, 238.
- SYLVINE, 256.
- SYNCLINAL, 25.
- SYNDICATS, 293.
- SYNGÉNÉTIQUE, 54; gîte, 184.
- SYSTÈME D'ARPENTAGE DES TERRES DU CANADA, 106.
- TALC, 258.
- TALTSON, zone de, 78.
- TALUS, 16.
- TAMIS, 122.

- TAMPON (ou bourre), 121.  
TANTALE, 59, 249.  
TARIÈRE, 205; de sondage, 210.  
TASU, mine, 240.  
TECHNICIENS, 9.  
TECHNIQUES, choix des, 127; combinées, 126; des courants telluriques, 172.  
TECTONIQUE, 26, 136.  
TELLURE, 259, 321.  
TÉMISCAMINGUE, série, 75.  
TENEUR, 202; en métal des roches, 186; limite, 202; minérale géochimique, 186; minérales, valeur des, 125, 170, 186; moyennes, 185.  
TERRAIN DE COUVERTURE, 14.  
TERRASSEMENT, travaux de, 120.  
TERRASSES, 85.  
TERRE-NEUVE, 79, 235, 238, 254, 258.  
TERRES RARES, 259.  
TERRITOIRES DU NORD-OUEST, 250, 254, 268, 269.  
TÉTRAÉDRITE, 234.  
TÉTRAULT, mine, 79.  
THÉORIES D'EXPLORATION, 127.  
THERMOLUMINESCENCE, 140.  
THOMPSON, gîte, 247; mine, 247, 248.  
THOMPSON, Manitoba, 78, 246, 247.  
THORIUM, 59, 171, 187, 259, 260, 321.  
TILL, 19.  
TILLITE, 39.  
TIMMINS, 234, 270.  
TITANE, 79, 260, 321.  
TITANIFÈRE, 260.  
TITRIMÉTRIQUE, méthode, 221.  
TOIT, 24.  
TOUNDRA, 188.  
TRAIL, C.-B., 228, 268.  
TRAINÉE (ou guidon), 121.  
TRAINÉES de blocs, 143; de débris, 143; de minerai, 121, 142; indicatrices, 143.  
TRAIT, 33, 317.  
TRAITEMENT, 203; des données, 131; du minerai, 203.  
TRANCHÉES, 205, 214; creusage de, 118, 215, 218; dans le roc, 206, 214.  
TRANSPORTS aériens, 99, 125; moyens de, 97, 203.  
TRAPP, 39.  
TRAVAUX OBLIGATOIRES, 206, 214, 291.  
TREMBLEMENTS DE TERRE, 146.  
TROUS d'éclatement, 206; de sonde, 126, 215.  
TROUSSES (de prospection), 124; (d'analyse géochimique), 183.  
TUBES CARROTTIERS, prélèvement des, 216.  
TUBES de cuvelage, 217; de verre, 315.  
TUF, 39.  
TUNGSTÈNE, 78, 136, 139, 237, 260, 281, 321.  
TUNNEL, 217; creuser un, 279.  
URANINITE, 260, 264, 265.  
URANIUM, 59, 78, 79, 114, 121, 136, 140, 171, 187, 191, 193, 197, 256, 261, 321; minéraux secondaires d', 121, 139; minéraux supergènes d', 264, 266; méthodes générales de prospection, 168; recommandations visant la prospection, 261-267.  
URANIUM-THORIUM, proportions d', 167.  
URANOPHANE, 264.  
URANOTHORITE, 264, 265.  
USINE DE TRAITEMENT, 203.  
VACUOLES, 39.  
VAL D'OR (Québec), 242, 251.  
VANADIUM, 265, 268, 321.  
VARIATION, 147; diurne, corrections pour la, 163.  
VAUZE, gîte de, 137.  
VÉGÉTATION de sous-bois, 193; échantillonnage, 192, 193; forestière, 193.  
VÉHICULES SUR CHENILLES, 97.  
VEINES, 119.  
VEINULES, 47; de retrait, 47.  
VENTURES LIMITED, 269.  
VENUES considérées radioactives, 263; minérales, 44.  
VERMICULITE, 245.  
VIF ARGENT, 243.  
VOLS DE BROUSSE, 100.  
WABANA, 238.  
WEDGE, gîte de, 270.  
WOLFRAM (tungstène), 260.  
WOLFRAMITE (tungstate de fer et de manganèse), 261.  
WOLVERINE, complexe, 82.  
YELLOWKNIFE, 78, 242, 250; zone aurifère de, 251.  
YELLOWKNIFE-BEAULIEU, région de, 249.  
YTTRIUM, 259.  
YUKON, 235, 237, 241, 275; complexe du, 82.  
ZINC, 77, 78, 79, 80, 82-84, 120, 186, 191, 194, 225, 254, 268, 321.  
ZINC-CUIVRE, 78.  
ZIRCON, 140, 271.  
ZIRCONIUM, 271.  
ZONALITÉ, 138.  
ZONE, sol, 187.  
ZONE D'INTÉRÊT, définition d'une, 44.





GSC/CGC OTTAWA



OOG 01563568





Commission géologique  
du Canada



Ministère de  
l'Énergie, des Mines et des Ressources  
Ottawa