

CANADA
MINISTÈRE DES MINES
HON. W.-A. GORDON, MINISTRE; CHARLES CAMSELL, SOUS-MINISTRE

COMMISSION GÉOLOGIQUE
W.-H. COLLINS, DIRECTEUR

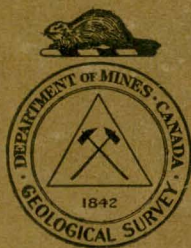
SÉRIE DE LA GÉOLOGIE APPLIQUÉE
N° 7

LA PROSPECTION AU CANADA

PAR

Le Personnel technique de la Commission géologique, Ottawa

(Traduit par le personnel attitré du ministère)



OTTAWA
J.-O. PATENAUDE
IMPRIMEUR DE SA TRÈS EXCELLENTE MAJESTÉ LE ROI
1934

Prix: 50 cents.

N° 2340

This document was produced
by scanning the original publication.

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

CANADA
MINISTÈRE DES MINES
HON. W.-A. GORDON, MINISTRE; CHARLES CAMSELL, SOUS-MINISTRE

COMMISSION GÉOLOGIQUE
W.-H. COLLINS, DIRECTEUR

SÉRIE DE LA GÉOLOGIE APPLIQUÉE
N° 7

LA PROSPECTION AU CANADA

PAR

Le Personnel technique de la Commission géologique, Ottawa

(Traduit par le personnel attiré du ministère)



OTTAWA
J.-O. PATENAUDE
IMPRIMEUR DE SA TRÈS EXCELLENTE MAJESTÉ LE ROI
1934

N° 2340

TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
PRÉFACE: W.-H. COLLINS.....	vii
CHAPITRE I	
ÉLÉMENTS DE GÉOLOGIE ET DE MINÉRALOGIE: G.-A. YOUNG.....	1
Minéraux.....	1
Roches.....	8
Tectonique.....	23
Stratigraphie.....	26
CHAPITRE II	
FORMATION ET DESTRUCTION DES GÎTES MINÉRAUX.....	30
Origine et classification: H.-C. Cooke.....	30
Glaciation: W.-A. Johnston.....	49
Agents d'érosion autres que les glaciers: W.-E. Cockfield.....	65
CHAPITRE III	
TYPES DE GÎTES MINÉRAUX.....	71
Gîtes d'origine en majeure partie ignée.....	71
Filons: W.-F. James.....	71
Gîtes de remplacement: V. Dolmage.....	79
Gîtes d'influence métamorphique: M.-E. Wilson.....	83
Gîtes minéraux des pegmatites: J.-F. Wright.....	87
Gîtes associés aux roches basiques et ultra-basiques: J.-B. Mawdsley....	91
Pierres précieuses et minéraux rares de valeur marchande: E. Poitevin... 100	100
Gîtes d'origine surtout sédimentaire.....	111
Placers: W.-A. Johnston.....	111
Houille: B.-R. MacKay.....	117
Gaz naturel et pétrole: G.-S. Hume.....	127
Sables bitumineux: G.-S. Hume.....	135
Dépôts salins: W.-A. Bell.....	137
Calcaires et substances connexes: E.-M. Kindle.....	143
Fer: T.-L. Tanton.....	150
Manganèse: T.-L. Tanton.....	156
Argiles, sables et dépôts connexes: W.-A. Johnston.....	158
Matériaux de construction: F.-A. Kerr.....	163
CHAPITRE IV	
ESQUISSE DE LA GÉOLOGIE DU CANADA: F.-J. ALCOCK.....	171
CHAPITRE V	
PHÉNOMÈNES PHYSIQUES DES GÎTES DE MINÉRAUX.....	202
Méthodes de prospection magnétique et électrique: J.-B. Mawdsley et T.-L. Tanton.....	202
Gravitation: G.-S. Hume.....	228
Ondes sismiques: G.-S. Hume.....	231
Radioactivité: H.-V. Ellsworth.....	232

TABLE DES MATIÈRES—*Suite*

CHAPITRE VI		PAGES
OPÉRATIONS SUR LE TERRAIN.....		244
Matériel de prospection: C.-E. Cairnes et W.-J. James.....		244
Arpentage pratique: G. Hanson.....		256
Instruments d'arpentage: J.-R. Marshall.....		276
Développement des propriétés minières: E.-R. Faribault et J.-F. Walker.....		285
Cartes et rapports géologiques: C.-E. Cairnes.....		294
Règlements miniers: W. Malcolm.....		305

INDEX.....		307

Illustrations

Planche I. Vallée érodée en U par les glaces, prolongement nord de la rivière Klondike (Yukon).....	56
II. Filons de quartz dans des couches alternes de quartzite friable et de matière argilitique plus plastique près de Cutler (Ontario).....	73
III. Minerai de la mine Sullivan, composé de galène (blanche), de blende et de pyrrhotine, montrant le remplacement d'une roche sédimentaire rubanée par des sulfures, avec conservation de la structure rubanée primitive de la roche.....	80
IV. Remplacement du chloritoschiste par le quartz (blanc), niveau principal, mines Britannia, Colombie britannique.....	81
V. A. Dyke de pegmatite près du lac Falcon, sud-est du Manitoba.....	89
B. Dyke de pegmatite dont les bords sont à grain fin et le centre à gros grain. Vue prise près de Minaki (Ontario).....	89
VI. Extraction d'une colonne de houille de 10½ pieds, Couche Phalen, Réserve houillère n° 5, Cap-Breton (N.-E.).....	126
VII. Carrière de la Stanstead Granite Company, Graniteville (Québec)....	165
VIII. Aspect caractéristique du Bouclier canadien.....	173
IX. Traits topographiques caractéristiques des basses terres du Saint-Laurent; vallée de Bonnechère près de Renfrew (Ontario).....	182
X. Havre Franklin's Snug, pointe Kater, littoral Arctique.....	184
XI. Pointe Peninsula, Chester (N.-E.).....	187
XII. Winnipeg à vol d'oiseau.....	193
XIII. Lac O'Hara, montagnes Rocheuses.....	196
XIV. Traits topographiques de la Chaîne Côtière, canal Portland (C.B.)....	197
XV. Vue à l'ouest à travers la vallée de North-Thompson, près de Vinsulla (C.B.).....	199
XVI. Magnétomètre Thalen-Tiberg.....	208
XVIII. Balance de torsion.....	229
XVIII. A. Le portage d'un canot.....	245
B. Chevaux de bât traversant à gué une rivière.....	245
XIX. A. (1) Manière de porter un havresac; (2) Transport de fardeaux à dos de chiens; (3) Voile protecteur contre les moustiques.....	247
B. Transport par attelage de chiens.....	247
XX. A. Boussole ordinaire dans son boîtier.....	277
B. Boussole à prisme, ouverte.....	277
C. Boussole à prisme, fermée.....	277
XXI. A. Théodolite-boussole de poche Brunton, fermé.....	278
B. Théodolite-boussole de poche Brunton, ouvert.....	278
XXII. Niveau à main Abney.....	281
XXIII. Planchette avec alidades à lunette et à pinnules.....	282

TABLE DES MATIÈRES—Fin

	Illustrations—Fin	PAGES
Figure 1.	Stries en tête de clou.....	62
2.	Taille des gemmes et minéraux rares de valeur économique.....	104
3.	Limites de la glaciation au Yukon.....	115
4.	Transformations chimiques successives dans l'évolution de la houille...	118
5.	Structures simples et compliquées produites par le plissement et la dislocation.....	122
6.	Anticlinal simple asymétrique avec deux strates pétrolifères.....	130
7.	Structure en voûte illustrée en vue plane par les contours structuraux et par les coupes verticales à travers les axes majeurs.....	130
8.	Un monoclinal faillé.....	131
9.	Dépôts lenticulaires.....	131
10.	Phases dans l'érosion d'un batholithe avec destruction des gîtes minéraux.	177
11.	Passage d'un courant naturel autour d'un massif de minerai sulfureux...	212
12.	Voie du courant à partir de la terre par les électrodes et le potentiomètre..	213
13.	Région renfermant un massif minéralisé conducteur, présentant le passage du courant et les lignes équipotentiellles quand on se sert d'électrodes à pointes.....	216
14.	Région renfermant un massif minéralisé conducteur présentant le passage du courant et des lignes équipotentiellles quand on se sert d'électrodes parallèles à prises de terre.....	217
15.	Champ électromagnétique autour d'un passage de courant.....	221
16.	"Arpentage pratique": G. Hanson.....	258
17.	"Arpentage pratique": G. Hanson.....	261
18.	"Arpentage pratique": G. Hanson.....	264
19.	"Arpentage pratique": G. Hanson.....	268
20.	"Arpentage pratique": G. Hanson.....	270
21.	"Arpentage pratique": G. Hanson.....	274
22.	"Développement des propriétés": E.-R. Faribault et J.-F. Walker.....	287
23.	"Développement des propriétés": E.-R. Faribault et J.-F. Walker.....	289
24.	"Cartes et rapports géologiques": C.-E. Cairnes.....	296
25.	"Cartes et rapports géologiques": C.-E. Cairnes.....	300

PRÉFACE

L'industrie minière occupe le second ou le troisième rang parmi les industries fondamentales du Canada. Par la valeur de ses matières premières, elle se place presque sur le même pied que l'exploitation forestière et n'est qu'environ le sixième de l'agriculture. On ne peut cependant établir équitablement l'importance de ces industries au point de vue national en se fondant sur ce terme de comparaison. Leurs produits sont tous indispensables il est vrai, mais ceux des mines jouent un rôle plus important et beaucoup plus complexe dans la fabrication, le transport et le commerce que les produits forestiers ou agricoles. Ainsi, le talc et le mica, qui sont des minéraux fort simples en fonction de l'industrie, possèdent une infinité d'usages. De même les minéraux les plus facilement convertibles, comme le fer, le plomb et le nickel, trouvent un nombre incalculable d'applications industrielles complexes et variées, sans parler de l'extraction, de l'usinage et de l'affinage exigés pour transformer le minéral en produit ouvrable. Le coût du minerai de fer importé de Wabana (Terre-Neuve), en Nouvelle-Ecosse, s'est chiffré pour une année à \$1,000,000, mais on estime que la valeur de cette matière première une fois ouvrée, fut de \$27,500,000. Et malgré que l'agriculture ait été la première industrie du pays et qu'elle ait été, avec la traite des fourrures, l'initiatrice du peuplement du Canada, elle est aujourd'hui supplantée dans ce domaine par l'exploitation minière et forestière du fait que la civilisation s'oriente présentement vers le nord, dans des régions en grande partie impropres à l'agriculture. Le bûcheron et le mineur marquent aujourd'hui la voie au cultivateur dans les régions reculées. Les terres arables forment environ un sixième de la superficie du Canada et sont déjà en grande partie peuplées ou en voie de colonisation. Environ 40 pour cent du territoire canadien est recouvert de forêts et les bois utiles se prolongent jusqu'à environ la latitude de 55 degrés dans l'est du Canada et jusqu'au cercle polaire dans l'ouest. Par contre, les minéraux sont répandus d'un bout à l'autre du pays, en une extraordinaire variété, et constituent la principale base de l'existence de toute population et de toute industrie qui s'établissent dans la partie nord du pays.

Il est une impression générale que l'un des désavantages de l'exploitation minière est l'épuisement des minéraux et les pertes qui s'en suivent pour les exploitants. La chose est vraie si l'on ne considère qu'un gisement en particulier, mais pour l'industrie minière prise dans son ensemble, c'est une demi-vérité qui porte à faux. L'épaisseur de l'écorce terrestre est toujours la même et il est impossible de concevoir qu'un peuple puisse exister sans aucune ressource en minéraux. Jusqu'à aujourd'hui l'exploitation minière s'est bornée aux aires minéralisées les plus riches et les plus faciles d'accès. Au fur et à mesure que ces régions seront épuisées, l'attention se reportera sur d'autres moins riches. D'ailleurs c'est déjà le cas pour certains minéraux. Il y a vingt ans, par exemple, le minerai de fer de la région du lac Supérieur, dont la teneur métallique était de moins de 55 pour cent, était considéré comme à peine vendable. Aujourd'hui on tire parti de minerai qui contient de 45

à 50 pour cent de fer et on pourra vraisemblablement dans l'avenir récupérer le fer de minerai titrant de 15 à 20 pour cent et même de la diabase et des autres roches basiques, si le besoin l'exige. On a beaucoup ergoté sur l'épuisement à brève échéance des ressources mondiales de pétrole, mais c'est déjà un fait acquis qu'on pourra se procurer le pétrole par la distillation du charbon et des schistes lorsque la nécessité s'en fera sentir. Bref, l'industrie minière canadienne est établie au Canada en permanence, tout comme l'agriculture et l'exploitation forestière.

L'exploitation minière présente par rapport aux autres industries fondamentales du pays, une différence marquée. L'agriculteur, l'exploitant forestier, le pêcheur, le chasseur et l'exploitant des forces hydro-électriques, retirent leur produits directement de la terre, car le sol, les forêts, le poisson, les animaux et les chutes d'eau abondent et sont de possession facile. Par contre, à quelques exceptions près, les gîtes miniers sont toujours enfouis, et exigent de l'homme une grande habileté et une grande persévérance. Ainsi dans la vallée Turner, près de Calgary, on pompe de grandes quantités de gaz, de gazoline naturelle et de pétrole de plus d'un mille sous terre, bien qu'il n'y ait aucun indice de leur existence à la surface. Le massif de cuivre aurifère Horne, dans la région de Rouyn (Québec), était complètement enfoui sous le mort-terrain et recouvert d'une épaisse végétation. Au dire d'un fonctionnaire de la Mond Nickel Company, le prolongement Froot de cette compagnie, dans le district de Sudbury, fut découvert grâce à une exploration scientifique à l'aiguille magnétique et à la sonde diamantée. La recherche des gîtes minéralisés présente tellement de difficultés que le mineur n'ose pas l'entreprendre lui-même. Sa tâche est de mettre en valeur les gîtes après qu'ils ont été réperés, et c'est là une besogne ardue qui exige un long entraînement. La recherche des dépôts minéralisés est laisser à un autre spécialiste, le prospecteur.

Sans le prospecteur, l'industrie minière canadienne se résumerait à bien peu de choses, et sans son continuel secours elle aurait tôt fait faillite. L'essor de la production minière qui se maintient depuis vingt-cinq ans paraît devoir se continuer dans l'avenir à condition que la prospection soit habilement orientée et se poursuive sans relâche. Il est d'une souveraine importance que les prospecteurs soient encouragés dans leur travail et pourvus de tous les renseignements qui peuvent leur être utiles. Il est heureusement permis d'affirmer que dans ces domaines le prospecteur est assez efficacement servi.

Il n'y a pas si longtemps, on avait coutume de répéter au pays: "Il y a de l'or là où on en trouve", en laissant sous-entendre que la recherche méthodique était subordonnée au hasard. Il y avait beaucoup de vrai dans ce dicton. Tout gîte est évidemment apparenté aux roches dans lesquelles il se présente, mais ces rapports sont si complexes et si difficiles à différencier et les amas minéralisés eux-mêmes sont si petits, qu'on ne peut faire appel à la géologie, qu'étape par étape, pour les localiser. En 1903, des cheminots qui étaient à construire la voie du Temiskaming and Northern Ontario, mirent accidentellement à découvert une veine d'argent. Le forgeron, un nommé Larose, avait fondu le minerai dans sa forge avant que sa valeur ne fût connue. Mais les prospecteurs et les géologues du Service des Mines d'Ontario ne furent pas lents à établir le rapport des veines de

cobalt-argent avec la diabase des environs. La découverte de veines analogues à Elk-Lake, Gowganda, dans le canton de South-Lorrain, au cours des années qui suivirent, fut le résultat d'une exploration méthodique, un exemple tangible de géologie appliquée. Cette expérience du prospecteur canadien s'est révélée encore plus nettement à Porcupine et à Kirkland-Lake, à Rouyn, à Sudbury, dans le nord du Manitoba, dans les champs de gaz et de pétrole de l'Alberta, à divers endroits de la Colombie britannique et même dans les provinces plus densément peuplées de la Nouvelle-Ecosse et du Nouveau-Brunswick.

Le prospecteur a fait son éducation par lui-même, avec l'aide des différents services du fédéral et des gouvernements provinciaux. Les cartes et les rapports de ces services ont été pour lui les manuels où il a puisé sa science extra-scolaire de la géologie, de la minéralogie et de la paléontologie. Mais les rapports et les cartes ne conviennent pas à inculquer les premières notions que doit posséder le prospecteur. Ils servent surtout à compléter l'éducation et à documenter ceux qui connaissent déjà la géologie. Ils supposent une connaissance méthodique des sujets traités et dépassent parfois la compréhension de ceux qui n'ont pas fréquenté le collège. De toute évidence, ils ne répondent pas pleinement à leur but, à moins que le prospecteur à qui ils sont avant tout destinés, ne puisse s'y orienter à l'aide d'un manuel plus simple.

C'est un peu dans le but de fournir cette clef aux centaines de rapports et cartes qu'elle a publiés, au cours de ses quatre-vingt-cinq ans d'existence, que la Commission géologique fait paraître aujourd'hui "La Prospection au Canada".

On y a incorporé les fruits de l'expérience et du savoir de tout un groupe de géologues de la Commission géologique qui se sont spécialisés dans les diverses branches de la géologie. Mieux que quiconque ils ont pu acquérir des renseignements personnels sur une vaste étendue du Canada. Tout en possédant certains avantages, une si nombreuse collaboration a aussi donné lieu à certaines difficultés quant à l'uniformité du travail. Le présent mémoire est en somme une série d'articles sur la géologie appliquée plutôt qu'un exposé méthodique de manuel. On a tenté de présenter aussi simplement que possible des renseignements qui s'appliquent surtout au Canada et qui faciliteront la tâche importante du prospecteur.

Le Dr W.-G. Miller, décédé, géologue du gouvernement d'Ontario, a publié un excellent manuel pour le prospecteur canadien, intitulé: "Minerals and How to Know Them". Plus récemment, le Dr W.-L. Goodwin, qui a consacré plusieurs années à l'enseignement de la géologie et de la minéralogie aux prospecteurs, a fait paraître "Le Manuel du Prospecteur". Ces deux ouvrages traitent le sujet sous des formes essentiellement différentes de "La Prospection au Canada". Ce qu'ils ont en commun est présenté sous une toute autre façon, de sorte que tous trois peuvent trouver place dans la même bibliothèque. Le présent ouvrage n'a d'autre but que de compléter les deux précédents.

W.-H. COLLINS.

La prospection au Canada

CHAPITRE I

ÉLÉMENTS DE GÉOLOGIE ET DE MINÉRALOGIE

G.-A. Young

MINÉRAUX

La nature des gîtes minéraux utilisables, leur taille, leur forme et leur répartition se rattachent au mode de formation des roches et aux modifications qu'elles ont éprouvées par suite du dynamisme. La science géologique a pour but de déterminer l'origine des roches et leurs changements subséquents. Il existe une infinité de roches (et de minerais), mais toutes se composent de minéraux, ou, dans certains cas, de verre minéral.

Il y a plusieurs types de minerais; on en connaît environ mille. Chacun a sa propre composition et affecte généralement une forme cristalline. On peut définir les minéraux comme étant des substances inorganiques qui se présentent à l'état naturel et qui forment les sols et les roches solides. Les matières animales ou végétales qui s'y trouvent sont les seules parties qui ne soient pas minérales. La houille n'est pas un minéral, mais simplement une matière végétale fossilifiée. D'autre part, le graphite, bien que provenant de la houille dans certains cas, est toujours considéré comme un minéral.

Tous les minéraux, sauf le mercure et l'eau, sont solides. Chaque fragment minéral, quel qu'en soit le type, possède, dans certaines limites, la même composition chimique qu'un autre de la même espèce. La composition chimique détermine, soit directement soit indirectement, les diverses autres propriétés que possède un minéral, sa densité, son système cristallin, sa dureté et sa constante optique. Ces caractères, ainsi que d'autres, sont toujours constants, même si la taille des cristaux varie, comme c'est parfois le cas, de plusieurs pieds de longueur à des dimensions ultra-microscopiques. L'apparence des minéraux varie considérablement. Quelques-uns se laissent rayer par l'ongle, d'autres sont plus durs que l'acier. Plusieurs sont opaques, noirs, gris, ou diversement colorés et possèdent un éclat de métal poli. D'autres sont opaques, mats et terreux. Presque tous sont transparents, ou, au moins translucides; ils sont blancs ou de diverses nuances et une même espèce peut, dans des spécimens différents ou dans le même spécimen, présenter des couleurs variées. Une même espèce peut former presque toute une veine ou un gros massif de roche. Dans d'autres cas, deux espèces ou davantage peuvent coexister chacune en individus distincts ou se pénétrant, ou enchâssées l'une dans l'autre. Les grains isolés peuvent être irréguliers, arrondis ou cristallins.

Des analyses chimiques ont démontré que les minéraux, comme toute autre matière, se composent d'une ou plusieurs substances connues sous le nom d'éléments chimiques, ou, plus simplement, d'éléments. On a reconnu quelque quatre-vingt-trois ou quatre-vingt-quatre de ces éléments. La chimie enseigne que pour tout élément il existe une masse qui est la plus petite qui puisse entrer dans les réactions chimiques. Ces très petits corps sont connus sous le nom d'*atomes*. Le poids de l'atome d'un même élément est, pour toutes fins possibles, toujours le même, et diffère du poids d'un atome de tout autre élément. On connaît le poids relatif des atomes de tous les éléments. La composition de la plupart des minéraux peut être représentée par une simple formule chimique qui exprime le nombre proportionnel d'atomes de chaque élément chimique qui s'y trouve. Ainsi la pyrite est représentée par la formule FeS_2 dans laquelle Fe est le symbole de l'élément fer et S celui du soufre. La formule signifie que la pyrite se compose de fer et de soufre combinés en proportion d'un atome de fer pour deux atomes de soufre. Connaissant le poids relatif des atomes de fer et de soufre (ils sont comme 55.84 est à 32.06), il est facile d'établir approximativement la composition de la pyrite à 46.5 pour cent de fer et 53.5 pour cent de soufre.

La composition respective des espèces minérales, telle que déterminée par les analyses chimiques, ne concorde pas toujours avec la composition théorique déduite de la formule chimique. Les écarts entre la composition réelle et la composition théorique sont dus, dans certains cas, à des enchevêtrements intimes de deux ou plusieurs minéraux, ou à des particules d'un minéral enchâssées dans un autre, ce qui empêche d'obtenir des matières pures pour l'analyse. Dans d'autres cas, deux ou plusieurs éléments intimement alliés peuvent jouer le même rôle dans la structure chimique de l'espèce minérale et, par conséquent, se présenter en proportions variables. Dans presque tous les cas, l'analyse chimique révèle la présence de diverses substances qui ne sont pas des éléments essentiels, mais qui, néanmoins, sont uniformément répartis par toute la masse et qui y sont intimement incorporées. Dans certains cas, la proportion de ces éléments étrangers est excessivement faible, mais ils communiquent parfois leur couleur minérale; dans d'autres cas, la quantité peut être si considérable que d'en altérer sensiblement les propriétés.

La plupart des minéraux se forment de gaz, de vapeurs, ou de solutions liquides ou par leur influence. Les minéraux se forment parfois entièrement de substances présentes dans les vapeurs ou les solutions; dans d'autres ils sont causés par l'action mutuelle des gaz, des vapeurs ou des solutions avec les minéraux. Les minéraux se forment selon les lois chimiques et physiques déterminées. La pression, la température, la présence de certaines substances, qui ne font pas partie intégrante, le degré de concentration et la proportion de ces substances dans les solutions, sont quelques-uns des agents qui déterminent la formation et la croissance des minéraux.

Aucun minéral n'est stable dans toutes les conditions naturelles qui peuvent l'affecter. Par exemple, tels minéraux qui se forment à des profondeurs considérables et, par suite de l'érosion ou d'autres causes, viennent reposer à la surface de la terre ou tout près, y sont soumis à des agents qui tendent à les détruire. De même, des minéraux qui se forment à la surface

ou tout près, et qui plus tard sont profondément enfouis, tendent à se transformer en d'autres minéraux. En effet, il est plausible que dans certaines conditions, des minéraux et des agrégats de minéraux puissent se changer en des nouvelles formes en l'absence de toute quantité appréciable de gaz, de vapeurs, ou de solutions.

La plupart des minéraux sont des produits de l'activité ignée ou dérivent de minéraux ainsi formés. Les volcans sont les prototypes de l'activité ignée. Ils émettent des gaz, des vapeurs, des solutions, et de la roche en fusion qui, toutefois, n'est qu'une variété de solution. Aux époques reculées, des amas de roches éruptives en fusion ont pénétré jusqu'à la périphérie de la terre et se sont refroidies et solidifiées avant d'atteindre la surface. En maints endroits les roches qui recouvraient ces gîtes éruptifs ont disparu par érosion et les roches endogènes autrefois profondément enfouies sont maintenant à découvert. Ces gîtes éruptifs étaient aussi accompagnés de gaz, de vapeurs et de solutions. Les roches ignées fondant sont devenues des solutions de minéraux. Si la matière en fusion s'est refroidie rapidement, elle s'est solidifiée en partie, ou entièrement, sous forme de verre, mais si cette substance en fusion s'est refroidie lentement, elle s'est solidifiée en agrégats de minéraux dont les variétés et l'ordre de formation dépendent de la composition de la matière en fusion et des conditions dans lesquelles elle s'est solidifiée. Les gaz, les vapeurs et les solutions aqueuses qui accompagnèrent les intrusions abyssales, et, dans une certaine mesure, ceux qui accompagnèrent l'éruption passèrent dans les roches hypabyssales. Ils ont pu s'échapper par des fissures ou des zones de fléchissement, ou se répandre dans les roches. Au cours de leurs migrations, alors qu'elles étaient sujettes à des conditions variables, les vapeurs et les solutions ont en partie ou entièrement précipité sous forme de minéraux qui ont rempli les cavités et les fissures, ou les vapeurs et les solutions ont réagi sur les minéraux des roches qu'il traversaient et ont donné naissance à de nouveaux minéraux. Il est arrivé que la composition minérale des roches envahies par les vapeurs et les solutions a été complètement modifiée, qu'une nouvelle substance est venue s'ajouter, que l'ancienne a disparu et que les changements sont intervenus sans former de cavités.

Divers agents agissent sur les minéraux à la surface de la terre ou tout près de celle-ci. Tous les minéraux sont solubles dans l'eau, bien que d'ordinaire très légèrement, et leur solubilité est augmentée par les substances entraînées par les eaux de ruissellement. L'oxygène et l'acide carbonique de l'air attaquent les minéraux. De diverses façons et à des degrés variables, les minéraux qui composent les roches éruptives ou qui se sont formées en association avec elles, se sont dissous ou altérés en d'autres minéraux. Les matières qui entrent en solution sont parfois emportées par les eaux de ruissellement pour être déposées ailleurs, ou bien, si les eaux pénètrent dans les roches, elles y sont déposées sous forme de nouveaux minéraux. Les changements qui se produisent de cette façon au sein des minéraux formant les roches endogènes tendent à les désagréger. Les substances désagrégées, avec les produits d'érosion, sont la matière qui compose les roches sédimentaires et il est évident que presque tous les minéraux se sont formés, soit dans les roches ignées, soit avec elles, ou sont dérivés de substances analogues.

Les minéraux sont classés suivant leur composition chimique, car leur composition détermine toutes leurs autres propriétés. Les principaux types de minéraux sont exposés brièvement plus bas.

ÉLÉMENTS NATIFS

Cette catégorie comprend les minéraux qui se composent d'un seul élément. Ce sont: le diamant et le graphite, chacun étant composé de carbone; le platine, l'or, l'argent et le cuivre.

SULFURES, SÉLÉNIURES, TELLURURES, ARSÉNIURES, ET ANTIMONIURES

Les minéraux de cette catégorie sont des combinaisons d'éléments connus sous les noms de métaux et de métalloïdes, avec les éléments, soufre, sélénium, tellure, arsenic, ou antimoine. Ce sont: la molybdénite (molybdène et soufre); la galène (plomb et soufre); la chalcosine (cuivre et soufre); la chalcopyrite et la bornite (cuivre, fer et soufre); la sphalérite ou blende (zinc et soufre); la pyrite et la pyrrhotine (fer et soufre); l'arsénopyrite ou mispickel (fer, arsenic et soufre).

SULFOSELS

Les minéraux de cette catégorie sont des combinaisons de soufre avec des métaux; ils sont séparés des sulfures pour des raisons théoriques. La chalcopyrite et la bornite peuvent être considérées comme des sulfosels; la tétrahédrite ou cuivre gris (cuivre, antimoine et soufre) est un sulfosel.

HALOGÈNES

Les halogènes sont des composés dans lesquels le chlore, le brome, l'iode ou le fluor sont des éléments constitutifs importants. Ce sont: l'halite ou sel gemme (sodium et chlore); la fluorine (calcium et fluor).

OXYDES

Les oxydes sont des combinaisons d'un ou de plusieurs éléments avec l'oxygène. Ce sont: le quartz (silicium et oxygène); corindon (aluminium et oxygène); l'hématite et la magnétite (fer et oxygène); la limonite (fer, oxygène et eau).

CARBONATES

Les carbonates sont des combinaisons d'oxydes et d'acide carbonique (carbone et oxygène). Ce sont: la calcite (carbonate de calcium); la magnésite (carbonate de magnésium); la sidérite (carbonate de fer); la cérusite (carbonate de plomb).

SILICATES

Environ le quart des espèces minérales connues est constitué par des silicates. Ce sont des composés de silicium et d'oxygène, avec un ou plusieurs éléments et, dans quelques cas, l'eau. Ce sont: les feldspaths,

dont il existe plusieurs variétés qui sont toutes des silicates, avec de l'aluminium et diverses quantités de sodium, de potassium et de calcium; les familles du pyroxène et de la hornblende dont les éléments sont des silicates avec, pour la plupart, du calcium, du magnésium et du fer, avec ou sans aluminium; la famille des grenats; l'olivine, l'épidote, les micas, la chlorite et le talc.

AUTRES TYPES

Diverses autres catégories, parmi lesquelles on peut mentionner les suivantes: les phosphates auxquels appartiennent les apatites (composés de phosphore, de chaux, de fluor, de chlore et d'oxygène); les sulfates, par exemple la barytine (barium, soufre et oxygène) et le gypse (calcium, soufre, oxygène et eau); les tungstates qui comprennent la scheelite (calcium, tungstène et oxygène) et les hydrocarbures qui, strictement, ne sont pas des minéraux; les prototypes sont la houille et le pétrole.

La composition chimique détermine les caractères optiques du minéral et la plupart, sinon tous ses caractères physiques. Il en est ainsi parce que les minéraux étant des substances chimiques définies, se solidifient par conséquent avec une structure cristalline, laquelle donne lieu aux divers caractères optiques et physiques d'un minéral. La structure cristalline varie d'un minéral à l'autre, parce qu'elle dépend du nombre et de la texture des éléments chimiques qui forment l'unité cristalline, éléments qui expriment la composition chimique du minéral. Ainsi, chaque espèce possède, en outre de sa composition chimique, diverses propriétés qui la distinguent des autres minéraux. Dans certains cas, c'est seulement par ces propriétés qu'on peut identifier les espèces minérales, car le même composé chimique se solidifie parfois avec forme cristalline différente (c'est-à-dire, qu'il forme une ou plusieurs espèces minérales), selon la température et les autres conditions au moment de la cristallisation.

La texture cristalline manque, ou paraît manquer, à quelques espèces minérales; elle existe dans toutes les autres. Elle peut ou peut ne pas se manifester dans la conformation extérieure des individus d'un minéral; si elle se manifeste, le minéral est dit *cristallin*; si elle ne se manifeste pas, le minéral est dit *massif*. Bien que certains minéraux se présentent presque toujours sous forme massive, l'état cristallin ou massif est avant tout le résultat des conditions dans lesquelles les individus minéraux se sont formés et développés. Par exemple, la solidification d'une solution aqueuse ou ignée peut se produire de façon que les cristaux naissants entravent leur formation mutuelle et soient forcés de prendre des formes extérieures irrégulières qui n'ont aucun rapport avec la structure cristalline du minéral. Si le minéral est libre d'affecter l'état cristallin en se développant, les individus qui en résultent sont bornés par des surfaces planes et unies qu'on appelle les faces. Ces faces sont symétriques. Le nombre en est limité, et, dans le cas d'une même espèce, les arêtes entre un couple de faces sont les mêmes dans chaque cristal qui possède ces faces. Les faces de tout cristal sont jointes à trois, parfois à quatre axes, dont l'un s'appelle l'axe vertical et les deux ou trois autres reposent à angle droit ou sont obtus sur l'axe vertical. Le nombre de ces axes, leur longueur, et les angles qu'ils forment

l'un avec l'autre sont des traits caractéristiques constants pour chaque espèce. Pour toutes les espèces d'un groupe donné, les axes cristallographiques ont la même longueur et forment les mêmes angles; par conséquent, les coupes similaires de faces cristallines forment le même angle l'un avec l'autre sur toutes et chacune des espèces de ce groupe. Mais pour toutes les espèces la longueur relative des axes cristallographiques et les angles qu'ils forment l'un avec l'autre, bien que toujours les mêmes pour une espèce, diffère pour des espèces différentes et, par conséquent, les angles entre les couples similaires de faces diffèrent dans différentes espèces.

Comme il a été expliqué plus haut, tous les minéraux, à quelques exceptions près, sont toujours cristallins, bien que les individus ne possèdent pas toujours des faces cristallines, mais passent pour être massifs et se présentent en formes arrondies ou plus irrégulières soit seuls soit en agrégats. Chaque fragment minéral, à l'état cristallin ou massif, possède la même constitution chimique et, par conséquent, les mêmes propriétés physiques, puisqu'elles dépendent de la composition chimique. On trouvera ci-après la description de quelques propriétés physiques.

CLIVAGE ET FRACTURE

Les cristaux et les grains tendent à se séparer suivant des plans à surfaces lisses, parallèles à une ou plusieurs directions positivement rattachées au système cristallin et à la texture interne de l'espèce minérale. Cette propriété constitue le clivage. Le nombre des plans de clivage, leur imperfection, et la facilité ou la difficulté relative avec laquelle ils se réalisent, varient d'une espèce minérale à l'autre. Si le clivage n'est pas trop développé, les spécimens se brisent quelquefois dans d'autres directions que les plans de clivage. Les surfaces des cassures ainsi produites sont inégales, mais en général, possèdent des caractères propres à certains groupes de minéraux. Ces cassures peuvent être courbes (conchoïdales), hachées, fibreuses, etc.

TÉNACITÉ

Les minéraux peuvent être fragiles (si par martelage ou coupage ils se brisent en grains); sectiles (s'ils peuvent être coupés avec un couteau sans se désagréger); malléables (si les fragments peuvent en être aplatis au marteau); flexibles (si le minéral peut être plié et conserve sa courbure); élastiques (si le minéral une fois plié reprend sa position originelle), etc.

DURETÉ

Par dureté on entend la facilité ou la difficulté avec laquelle un minéral peut être rayé. Certains minéraux sont tellement tendres qu'ils se laissent rayer par l'ongle, d'autres par une lame de couteau, d'autres enfin sont plus durs que l'acier.

DENSITÉ

La densité d'un minéral est le rapport du poids de son unité de volume au poids d'un égal volume d'eau. Si le poids spécifique est 2, cela signifie

que le poids du minéral sera deux fois celui d'un égal volume d'eau. La densité est assez constante pour chaque minéral. Elle varie de moins 1 pour la glace à environ 19 pour l'or et davantage pour certains minéraux rares.

PROPRIÉTÉS OPTIQUES

En lames minces, la plupart des minéraux réfléchissent la lumière et en modifient la vitesse, la direction et les vibrations. La nature et le degré de ces modifications sont déterminables et constituent les propriétés optiques des minéraux. Elles varient avec les différentes espèces et dans bien des cas constituent une méthode très précise de différencier les espèces minérales entre elles.

TRANSPARENCE

On dit qu'un minéral est transparent quand on peut distinguer à travers celui-ci les contours d'un objet; translucide quand il laisse passer la lumière, mais qu'on ne peut distinguer à travers les contours d'un objet; et opaque, si aucune lumière ne passe même à travers le bord mince d'un éclat.

COULEUR, TRAIT ET ÉCLAT

Plusieurs minéraux sont blancs ou noirs lorsque purs, ou possèdent une nuance ou une teinte particulière; d'autres, qui peuvent contenir deux ou trois éléments chimiques en quantités assez variables, décèlent une certaine gamme de couleurs. La couleur de la plupart des minéraux varie considérablement à cause des impuretés qu'ils renferment; elle est aussi modifiée par le degré de transparence, la nature de la surface extérieure, etc. La couleur de la poudre fine d'un minéral est une propriété plus uniforme qu'on appelle le trait. L'éclat est le nom donné à la qualité de la lumière réfléchie. On dit qu'un minéral possède un éclat métallique quand il est opaque et reflète la lumière à la façon du métal poli. Tous les autres éclats sont non-métalliques; s'ils ressemblent à ceux de surfaces de verre fracturé, on les appelle vitreux, ou bien ils sont résineux, perlé, etc.

AUTRES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Certains minéraux (ceux qui sont très solubles dans l'eau), ont un goût perceptible; d'autres, par la friction ou en les humectant, émettent une certaine odeur. Quelques-uns sont phosphorescents ou fluorescents. D'autres sont magnétiques et sont attirés par l'aimant; plusieurs de ceux-ci se comportent eux-mêmes comme des aimants dans certaines conditions.

Tous les caractères énumérés plus haut servent à distinguer les minéraux les uns des autres. Avec beaucoup d'expérience on peut reconnaître la plupart des minéraux au simple examen, mais à moins d'en faire l'analyse chimique et la détermination optique, il y a toujours danger de confusion, car même les minéraux les plus fréquents présentent, dans certaines conditions, une certaine analogie avec d'autres espèces minérales. La plupart du temps une simple analyse exécutée avec des appareils et des réactifs

peu coûteux et facilement transportables, permettent d'identifier positivement les spécimens. Les appareils, les réactifs et la technique analytique sont décrits dans divers manuels, dont "Manual of Determinative Mineralogy", par Brush et Penfield (John Wiley et Sons, New-York, E.-U.). Des tableaux destinés à faciliter la détermination des minéraux par leurs caractères généraux, sans analyse, sont donnés dans "Tables for the Determination of Minerals", par E.-H. Kraus et W.-F. Hunt (McGraw-Hill Book Co., New-York, E.-U.). Des tableaux moins complets sont donnés dans "Introduction to the Study of Minerals and Rocks", par A.-F. Rogers (McGraw-Hill Book Co., New-York, E.-U.), qui traite de la minéralogie sous tous ses aspects et donne la description de 175 minéraux usuels. Une description de presque toutes les espèces connues se trouve dans "A Text-book of Mineralogy", par E.-S. Dana, édition revue par W.-E. Ford (John Wiley et Sons, New-York, E.-U.).

L'étude des minéraux doit se fonder sur l'étude des spécimens. On peut obtenir du Directeur de la Commission géologique, à Ottawa, des échantillons de quelques-uns des minéraux usuels compris dans la "Collection à l'usage du Prospecteur". Si l'identification est douteuse et qu'il soit important que le spécimen soit positivement identifié, on peut en faire parvenir un fragment accompagné d'une note sur son mode de gisement et le lieu de provenance, au Directeur de la Commission géologique, à Ottawa, qui fournira les renseignements désirés. Le Bureau de la Colombie britannique de la Commission géologique, 510 Edifice Winch, Vancouver (C.B.), fournit aussi ces renseignements pour les minéraux recueillis en Colombie britannique, ainsi que le minéralogiste provincial à Victoria (C.B.). Pour les minéraux découverts en Ontario, on n'a qu'à s'adresser au Bureau des Mines d'Ontario, à Toronto (Ontario) et pour ceux de la province de Québec, au Directeur du Service des Mines, à Québec, qui maintient quatre laboratoires d'analyse.

ROCHES

Les variétés de roches sont fort nombreuses. Comme il a été dit précédemment, elles se composent toutes de minéraux (ou en quelques cas, de verre minéral), quelques-unes surtout d'un seul minéral, mais la plupart d'un ou de plusieurs minéraux. Les grains minéraux dans les roches ont des contours cristallins parfaits ou imparfaits, arrondis ou irréguliers. Ils peuvent être imperceptibles ou atteindre plusieurs pouces de longueur. Ils se pénètrent ou s'enclavent, ou paraissent soudés ou cimentés ensemble comme si, à une certaine époque, ils avaient formé un assemblage hétéroclite. Les matériaux non-consolidés, tels que le gravier, le sable, l'argile et l'humus sont des roches, vu que se sont des agrégats de minéraux. Cependant le terme roche ne s'applique en fait qu'aux agrégats minéraux cohérents qui supportent l'humus, etc., et qui constituent la partie solide de la terre. On ne considère pas comme roches toutes les agrégations minérales. Les filons et les divers agrégats minéraux par accident ne constituent pas des roches, car ce terme est réservé aux massifs qui forment une partie essentielle de la terre, et, qui, pris individuellement, possèdent une composition chimique et minéralogique constante.

On classe les roches en roches sédimentaires et ignées, suivant leur origine. Ces deux catégories sont souvent altérées et si elles ont été considérablement modifiées on les désigne sous le nom de roches métamorphiques.

ROCHES SÉDIMENTAIRES; MODE D'ORIGINE

Les roches sédimentaires, ou sédiments comme on les désigne généralement, sont en grande partie des produits de l'intempérisme et de l'érosion de la roche de fond des continents.

Les substances en suspension dans l'eau et dans l'atmosphère attaquent plusieurs des minéraux qui composent les roches. Les minéraux sont ou en partie ou entièrement dissous dans l'eau, ou, dans d'autres cas, se transforment en d'autres minéraux. Les roches s'altèrent sous l'influence des agents atmosphériques et s'effritent. Elles sont aussi détruites par différents éléments mécaniques, tels que l'érosion des particules de roche entraînées par les cours d'eau, les vents et les glaciers. De l'intempérisme et de l'érosion mécanique, il résulte que les roches se brisent en fragments, produisant les argiles, les sables et les matières plus grossières qui, dans la majeure partie des régions, masquent la roche de fond massive.

Les vents, les glaciers et les cours d'eau, surtout les cours rapides, non seulement usent les roches, mais entraînent aussi les matières ainsi arrachées et qui deviennent de plus en plus fines. L'érosion est l'ensemble de ce processus. Ses effets sont plus marqués dans les régions montagneuses, là où les pics et les vallées ont été taillés par l'érosion dans ce qu'on suppose avoir été des districts élevés, mais probablement sans autres caractères particuliers. Une longue érosion tend à réduire toute région au niveau d'une plaine à pente douce et il existe une foule d'indices qui révèlent que des systèmes montagneux ont été complètement rasés de cette façon dans le passé.

Les produits d'érosion sont charriés par les cours d'eau, et d'autres manières à partir de niveaux élevés à des niveaux plus bas. Au point où le courant est moins rapide, se dépose la charge de "détritus" ou débris de roche, en partie ou entièrement. La charge charriée est parfois en grande partie abandonnée dans les lacs, le long des vallées, ou dans les plaines, et forme d'épaisses accumulations de boue, de sable, de gravier et de cailloux sur les bords des continents. Ainsi le sable et la boue, qui sont emportés dans les Grands lacs, s'y déposent, et l'eau du Saint-Laurent, là où elle laisse le lac Ontario, est claire. Mais par suite de conditions changeantes ces dépôts peuvent être de nouveau soumis à l'érosion et, finalement, ces détritits sont charriés à la mer, où ils s'accumulent sur le littoral et se confondent avec les débris produits par les vagues et les courants agissant sur les roches et les sols du littoral.

Si les étendues de terre ferme étaient stables elles finiraient, par une longue érosion, par n'être plus que des régions basses faisant à peine saillie hors de la mer et de simples lignes de faite à l'intérieur des terres. Les roches qui composaient les plateaux et les montagnes auraient été érodées et les boues et les sables qui en eussent résulté se fussent accumulés dans les mers avoisinantes en dépôts épais et de grande étendue. Mais les étendues de terre ferme ne sont pas stables. Il est certain qu'à de

longs intervalles, de vastes régions ont été soulevées à des centaines ou à des milliers de pieds et que d'autres ont été soumises à de grands efforts; c'est ainsi que les régions montagneuses se sont formées. Les forces opposées de l'érosion et du soulèvement semblent avoir été contrebalancées dans le passé, car des périodes d'érosion ont alterné avec des périodes de soulèvement et d'orogénèse, et les amas continentaux, bien que leurs contours et leurs caractères superficiels aient constamment changé, existent depuis fort longtemps. La continuation des continents est due surtout au fait que les débris de la terre ont été en grande partie déposés sur des étendues de continents qui n'ont été que temporairement submergées.

Les embouchures inondées des vallées de rivières, les forêts submergées et d'autres traits caractéristiques le long du littoral indiquent que certaines parties de la côte se sont abaissées à peu près au niveau de la mer. Les côtes élevées sur certaines étendues du littoral révèlent que ces parties se sont élevées à peu près au niveau de la mer. Aux points reculés dans la vallée du Saint-Laurent dans l'est du Canada, on retrouve des fossiles marins dans les argiles et les sables meubles qui démontrent qu'à une époque assez récente, la mer rejoignait presque le lac Ontario. A des époques plus éloignées, les mers doivent s'être étendues sur de vastes parties du continent, car dans presque toutes les régions on rencontre des boues durcies, des sables et d'autres roches qui renferment des restes fossiles d'animaux marins; par conséquent, ils doivent s'être accumulés le long du littoral et au fond des mers. Les matières composant ces roches marines sont dans certains cas des produits d'érosion d'anciennes étendues de terre ferme; dans d'autres cas, les roches sont des calcaires en grande partie composés de débris d'organismes marins.

Les mers qui recouvraient autrefois de grandes parties des continents et dont l'emprise est indiquée par les roches marines formant maintenant le sous-sol de la terre ferme, doivent avoir été des nappes assez peu profondes. Il est impossible que les argiles et les sables aient été charriés bien loin vers la mer et les restes d'animaux qu'ils renferment, ainsi que les calcaires, sont des types qui habitaient des eaux peu profondes. En maints endroits les caractères de la surface sur laquelle reposent les roches marines et qui doit avoir été le lit d'une ancienne mer peuvent être examinés ou déduits. Presque invariablement, cette surface est légèrement onduleuse ou prend l'allure d'une plaine et elle a sans doute été produite par l'érosion prolongée d'une étendue plus ancienne. Parfois les roches formant cette surface primitive sont aussi des roches marines. Il est donc évident que les mers s'avancèrent sur ces étendues de terre ferme et s'en retirèrent alternativement. Ces ingressions et régressions ne furent que passagères. Ces mers furent toutes peu profondes, mais quelques-unes renfermaient des calcaires et des détritiques provenant des terres qui les bordaient et qui s'accumulèrent en dépôts de plusieurs mille pieds. Toutefois, elles n'avaient pas toutes la même profondeur. Par contre, les eaux restèrent peu profondes et le lit s'affaissa graduellement à mesure que les sables, les boues et les calcaires s'y déposaient.

Les avances et les retraits subséquents des anciennes mers peuvent en certains cas avoir été causés en partie, ou exclusivement par le changement du niveau de l'océan, mais dans d'autres cas, par des mouvements de la

masse terrestre. De tels mouvements ont affecté certaines parties du Canada à des époques relativement récentes, car en divers endroits on peut suivre les plages d'anciens grands lacs qui au lieu d'être horizontales comme elles ont dû l'être au moment de leur formation sont inclinées et bombées, indiquant que certaines parties du pays ont été soulevées par rapport à d'autres. Ces mouvements de redressement et de bombement, affectant de grandes étendues des continents, et dans certains cas, accompagnant des mouvements plus prononcés comme il sera dit plus loin, expliquent les avances et les retraits alternatifs des anciennes mers.

Les étendues de terre ferme reposent aujourd'hui sur des roches marines et sont associées en bien des endroits à d'autres roches à peu près semblables, mais qui se sont formées sur la terre ferme et, par conséquent, sont connues sous le nom de roches continentales. On a donné, peut-être un peu librement, aux roches marines et continentales le nom de *sédiments*; en effet, il est permis de croire que la plupart d'entre elles furent abandonnées par des masses d'eau courante ou tranquille. Les roches sédimentaires dans bien des endroits sont accompagnées de roches tout à fait différentes et on les nomme *roches ignées*, parce que l'on sait ou suppose qu'elles ont passé par la fusion. Les roches ignées se divisent en deux grandes catégories: les roches *volcaniques* ou *extrusives*, qui ont surgi de profondeurs considérables et se sont solidifiées à la surface de la terre ou tout près; les roches *plutonienne*s ou *intrusives*, qui se sont refroidies et se sont consolidées à des profondeurs considérables. Il n'existe cependant pas de démarcation bien tranchée entre les roches volcaniques et les roches plutoniennes, car elles s'apparentent par leur origine.

ROCHES MÉTAMORPHIQUES

Les roches ignées et les roches sédimentaires ont, çà et là, et sur de grandes étendues, été diversement altérées. Si elles ont été considérablement remaniées, on les appelle roches *métamorphiques*. Dans certains cas les roches ont été si profondément modifiées que leurs caractères primitifs sont difficiles à reconnaître et il est parfois difficile et même impossible d'établir si ces roches étaient à l'origine sédimentaires ou ignées. L'altération, c'est-à-dire le métamorphisme, est attribuable à diverses causes, dont une grande pression, le cisaillement, l'élévation de la température, ou des vapeurs et des solutions qui les ont pénétré. En général le métamorphisme change l'état des grains minéraux qui composent la roche et engendre de nouveaux éléments qui ne s'y trouvaient pas à l'origine, ou du moins en très faible quantité. Ce processus porte le nom général de recristallisation.

ROCHES IGNÉES

Des roches volcaniques sont encore en voie de formation de nos jours. Des montagnes à cône volcanique se retrouvent dans diverses régions. Par un culot central qui se prolonge jusqu'à des profondeurs inconnues s'élèvent des gaz et des vapeurs, et, par moment, de la roche en fusion ou lave qui, s'échappant du cratère, coule sur le flanc de la montagne, se refroidit et finit par se solidifier. Ces laves ont parfois un volume considérable et s'étendent

sur plusieurs milles. Les vapeurs et les gaz qui s'échappent des volcans provoquent parfois une si violente explosion qu'ils détruisent en partie le culot ou entraînent avec eux des particules de roche, en fusion ou massives. Les matières fines ainsi vomies s'accumulent parfois en couches épaisses connues sous le nom de tuf ou cendre volcanique. Des roches semblables sous tous les rapports aux laves et aux tufs rejetés par les volcans modernes, se rencontrent en plusieurs endroits, occupent de vastes régions et atteignent quelquefois plusieurs mille pieds d'épaisseur. Quelques-uns des assemblages rocheux proviennent d'anciens volcans, mais d'autres d'éruptions par des fissures longues et profondes. Certaines accumulations se sont formées en terre ferme, mais d'autres se sont accumulées au fond des mers. En plusieurs régions elles sont interstratifiées avec des sédiments marins et continentaux et révèlent une activité volcanique à différentes époques dans diverses régions depuis la formation du monde.

L'autre catégorie de roches ignées, les roches plutoniennes, se rencontre surtout dans les régions montagneuses ou dans des étendues qui, à ce que l'on suppose, étaient autrefois montagneuses, mais qui ont été érodées presque au niveau d'une plaine. Les roches plutoniennes se présentent parfois en petits massifs prenant la forme de cheminées, comme si elles avaient rempli des fissures qui conduisaient à des niveaux plus élevés, depuis rasés par l'érosion. Elles occupent le plus souvent des régions accidentées, de centaines ou de milliers de pieds carrés. Sur leurs bords elles traversent les roches environnantes, les entourent, y lancent des prolongements en forme de langues, renferment de petits et de gros fragments de ces roches, et se comportent comme si elles avaient autrefois été en fusion. Dans certaines régions intensivement érodées mais encore montagneuses, persistent encore des massifs de roches plutoniennes de plusieurs mille pieds de hauteur; leur prolongement en profondeur est probablement beaucoup plus considérable que la partie exposée au jour.

L'étendue à la surface des massifs de roches plutoniennes est d'ordinaire si grande qu'elle révèle que les principaux amas en fusion peuvent à peine avoir atteint la surface. Des apophyses assez petites peuvent s'être comportées de cette façon, mais les principaux massifs se sont refroidis et consolidés sous une couche de roches à travers laquelle ils ont fait intrusion. Ce fait est confirmé par différentes observations. Très souvent les gros massifs de roches plutoniennes sont bordés d'amas plus petits qui se dirigent probablement vers le bas et rejoignent une partie de la masse mère encore recouverte en ces endroits par un débris du toit qui recouvrait autrefois tout le massif. En maints endroits, d'énormes blocs de la roche de fond habitent l'intérieur du massif de roche plutonienne. C'est là un indice que ce ne sont pas des fragments gigantesques demeurés enfouis, mais que ce sont bien des prolongements en profondeur d'un toit qui a en grande partie disparu par érosion. Les roches plutoniennes se sont élevées à l'état fluide. Dans certaines régions les roches environnantes et en partie sus-jacentes possèdent des structures faisant croire qu'elles ont été déplacées par le massif plutonien, mais il est probable que, dans la plupart, l'amas en fusion a atteint la surface en absorbant graduellement les roches sus-jacentes. Les roches plutoniennes, comme on l'a déjà dit, se rencontrent ordinairement

dans les régions montagneuses ou dans les étendues qui furent autrefois montagneuses. Il semble donc que les forces orogéniques et l'élévation des roches plutoniennes aient eu à l'origine de communs rapports.

Les roches ignées et les roches sédimentaires comprennent tous les types de roches connus. Ces deux groupes diffèrent totalement par leur origine, ainsi que par la plupart de leurs caractères généraux. Les roches sédimentaires, qu'elles se soient déposées dans la mer ou sur la terre ferme, proviennent de débris de roches éruptives ou sédimentaires plus anciennes. Elles sont parfois constituées par des fragments de roches ou de grains minéraux; ce sont les roches clastiques. D'autres sont des dépôts chimiques formés par l'évaporation de solutions telles que l'eau de mer, ou par le mélange de différentes solutions dont la réaction a engendré quelque précipité. D'autres sédiments dérivent d'organismes vivants qui, dans la mer ou sur terre, ont donné naissance à des roches organiques telles que le calcaire. Les roches sédimentaires peuvent se former au fond des mers, dans les estuaires, les ruisseaux, les bassins de lacs, les plaines inondées par des cours d'eau changeant de direction et aussi en talus, au bas des pentes. Elles constituent parfois une couverture purement locale ou s'étendant sur une grande étendue de matières provenant de l'érosion glaciaire ou de l'action des vents (dépôts éoliens). Ce peut être des matières fines ou grossières d'origine volcanique qui ont été transportées par les cours d'eau ou autrement et qui sont mêlées à d'autres matières détritiques.

Les roches sédimentaires, à cause de leur mode de formation, se présentent pour la plupart en couches ou en lits. Là où les sédiments s'accumulent sur le sol ou dans les bassins d'eau douce ou salée, les premières couches remplissent naturellement les trous dans la surface de la roche déjà existante. Au fur et à mesure que les dépôts prennent de l'épaisseur, la surface supérieure prend peu à peu la conformation d'une plaine et les couches successives ressemblent de plus en plus à des nappes, ou couches horizontales, qui s'étendent parfois sur de très grandes distances, ou bien elles affectent la forme d'amas lenticulaires et occupent des étendues qui varient de quelques pouces à plusieurs verges de diamètre. Les dépôts s'accroissent très lentement et pendant leur développement il se produit des changements qui modifient la nature des apports et leur mode de dépôt, de sorte que les groupes successifs de couches, ou les couches alternes ou les parties supérieure et inférieure d'une même couche diffèrent parfois par leur caractère et leur composition. Les variations dans la nature des matières et le taux de l'apport ont été parfois si rapides que des couches sont minces comme des feuilles de papier. On retrouve toutes les transitions depuis des couches minces comme du papier à d'autres atteignant dix pieds ou plus d'épaisseur.

La plupart des sédiments, pendant leur formation, étaient friables, sans beaucoup plus de consistance que la boue, le sable, etc., qui recouvrent aujourd'hui en partie la terre ferme. Des anciens dépôts ont conservé cet état en quelques endroits, mais un grand nombre se sont transformés en massifs de roches dures, qui ne sont plus friables. Ce changement s'est produit de diverses façons. La pression exercée par les matières sus-jacentes a consolidé les couches sous-jacentes et peut-être même les

a soudées en roches massives d'une assez grande dureté. Les roches peuvent être cimentées en masses fermes par l'action des eaux de ruissellement qui introduisent les substances minérales ou par dissolution et apport nouveau qui donnent lieu à de nouvelles combinaisons minérales ou modifient la répartition des éléments de la roche. Les éléments, peut-être sous l'influence de la pression, forment parfois en se réunissant, de nouveaux minéraux. Les sédiments ont été plus profondément modifiés aux endroits où ils ont été soumis aux grands efforts qui se produisent parfois dans la croûte terrestre. Les grains minéraux ont alors été broyés et les galets et les cailloux de jadis ont été aplatis en amas allongés en forme de plaques. Dans les cas de déformation plus intense, où les roches ont été refoulées à de grandes profondeurs et soumises à de grandes pressions et à d'assez hautes températures, plusieurs grains minéraux ont recristallisé avec de nouvelles arêtes ou réagi mutuellement en formant de nouveaux minéraux. Dans un cas d'altération profonde, les éléments des roches ont été transportés suivant une orientation générale, soit par des mouvements mécaniques, soit par une nouvelle dissolution suivie de dépôt subséquent, les roches ont coulé et très souvent leur composition a complètement changé pour, dit-on, recristalliser. Aux environs des gros amas de roches plutoniques, les sédiments peuvent non seulement être soumis à des pressions et à des températures élevées, mais ils sont parfois pénétrés par des solutions et des gaz émanant des massifs ignés, de nouvelles matières viennent s'ajouter et certains anciens éléments disparaissent. La recristallisation peut aller jusqu'au point que les sédiments deviennent grossièrement cristallins; ils ressemblent alors parfois aux roches ignées. Ainsi les sédiments sont diversement altérés ou métamorphisés et tendent à se transformer en schistes ou en gneiss. Les schistes véritables sont des roches qui se divisent facilement suivant des plans de clivage qui sont bordés de minéraux écaillés ou micacés, ou par d'autres de formes allongées et d'aspect fibreux.

Les gneiss sont des roches cristallines rubanées, à bandes alternes formées d'éléments minéraux différents. Les schistes et les gneiss provenant des sédiments ressemblent beaucoup parfois aux schistes et aux gneiss provenant du métamorphisme des roches éruptives.

Les principaux types de sédiments sont peu nombreux, mais se divisent en une infinité de variétés. Les sédiments qui sont partiellement ou presque essentiellement constitués par des galets et des cailloux se nomment conglomérats si ces cailloux et galets sont arrondis; s'ils sont franchement anguleux, les sédiments qui en sont formés prennent le nom de brèches. Les cailloux et les galets forment parfois presque toute la roche, mais ils sont généralement enrobés dans une pâte dont les constituants furent jadis de la boue, du sable ou du gravier. Cette pâte est quelquefois calcaire ou se compose de quelque autre substance. Des conglomérats grossiers aux dépôts de sable et de boue, on retrouve diverses phases de transition. Les roches sablonneuses constituent les grès lorsqu'elles se composent en grande partie de grains de quartz. Si le quartz et le feldspath sont en proportions égales, elles prennent le nom d'arkoses. Par grauwackes on désigne des roches sablonneuses considérablement modifiées, généralement sombres, qui

contiennent beaucoup de feldspath enrobant divers minéraux. Certaines grauwackes sont constituées partiellement ou en majeure parties par des matières tufacées d'origine volcanique. Elles sont aussi formées parfois de roches ignées désagrégées. Les quartzites sont des grès formés en majeure partie de grains de quartz solidement cimentés dans une pâte de quartz. Les grès sont séparés des roches argilacées par toute une gamme de types intermédiaires. Lorsque les roches argilacées n'ont pas trop durci et qu'elles ont à peu près conservé leurs éléments minéraux primitifs, elles portent le nom de schistes. Celles qui sont plus dures et qui se clivent perpendiculairement aux lits constituent les ardoises.

Il existe deux principaux types de sédiments chimiques, classés d'après leur origine: ceux qui proviennent de l'évaporation et ceux qui sont dus au mélange des solutions. Ils se forment dans les nappes d'eau tranquille, soit douce soit salée. Les plus répandus sont ceux qui se forment par l'évaporation de l'eau de mer, par exemple les dépôts de sel, de gypse, etc. On suppose que ces roches se sont formées dans des bassins en forme de lagunes, temporairement encerclés là où l'évaporation excédait l'apport d'eau, les eaux mères devenant de plus en plus concentrées au point d'être sursaturées. Ces sels furent entraînés à la mer, en grande partie, sinon entièrement, par les eaux qui, coulant à travers la terre ferme, ont dissout ces matières à partir des roches.

Les sédiments organiques sont ceux qui se sont formés directement par l'intermédiaire d'organismes vivants. Les calcaires en sont les types les plus importants. Ils se sont peut-être formés dans l'eau douce, mais d'après les notions acquises tous les grands gisements se sont déposés dans les mers. Ce sont en somme des fragments de squelettes calcaires d'animaux marins cimentés en une matière finement pulvérisée. Les calcaires se sont accumulés par endroits en épaisseurs de plusieurs centaines de pieds, ou en couches de diverses épaisseurs alternant avec des couches d'autres sédiments. Certains lits sont presque purs, mais on retrouve tous les intermédiaires entre les calcaires et les autres sédiments. Dans la plupart des cas des agents mécaniques et chimiques ont en grande partie détruit les fragments de coquilles, etc., et ont transformé la matière en un agrégat équi-granulaire de calcite (carbonate de calcium). Les roches composées en grande partie de carbonate de calcium sont des calcaires; si le carbonate de magnésium est un élément constitutif important, les roches sont considérées comme des dolomies. Les calcaires et les dolomies peuvent tous deux prendre l'état cristallin et ils sont alors connus sous le nom de calcaires cristallins ou marbres. Les autres sédiments organiques sont les couches de houille formées de débris végétaux.

En général les roches sédimentaires qui se sont formées dans l'eau tranquille se distinguent par leur grain fin et dans bien des cas par leurs lames minces. Parmi les strates marines les calcaires et les schistes argileux sont les roches caractéristiques, les grès sont moins abondants et les conglomérats sont ordinairement minces. Lorsque les sédiments se sont formés dans l'eau douce, les fossiles pélagiques en sont absents et le calcaire n'y est pas un élément important. S'ils se sont déposés le long des cours d'eau et sur la terre ferme, ils sont d'ordinaire grossiers, les grès et les conglomérats en sont des phases fréquentes, les types différents de roche tendent à

alterner l'un avec l'autre, les couches sont moins régulières que dans les strates marines et le calcaire manque presque toujours. En un mot, les divers assemblages de sédiments présentent très souvent des caractères qui sont l'indice du mode de formation.

Les roches ignées sont classées suivant leur composition, selon qu'elles sont intrusives ou effusives, et, dans une certaine mesure, d'après la forme des massifs ignés. Tant qu'elles sont à l'état de fusion on peut croire que ce sont des solutions des substances qui donnent naissance aux divers minéraux qui cristallisent pendant que la masse se refroidit. Les solutions renferment aussi des vapeurs et des gaz qui sont en grande partie chassés à mesure que la roche se solidifie. Si la matière en fusion se refroidit assez rapidement elle produit une substance vitreuse, comme certaines laves et aux bords de certains massifs intrusifs. Mais d'ordinaire le refroidissement se produit très lentement et à mesure que la température s'abaisse, et que la pression varie dans certains cas, la masse en fusion obéissant à des lois physiques et chimiques ne peut plus contenir d'éléments en solution. Ces derniers commencent donc à cristalliser. Ce processus se continue tant que le reste de la roche fluide continue d'être saturée d'éléments chimiques minéralisateurs. Mais lorsqu'il se produit un changement de conditions, d'autres composés ne peuvent plus être maintenus en solution et, à leur tour, ils commencent à former des cristaux de minéraux différents. A mesure que la cristallisation se poursuit les minéraux formés antérieurement cessent de se constituer et sont parfois partiellement ou entièrement dissous ou remplacés par d'autres minéraux, parce que les premiers minéraux formés ne sont plus stables dans la partie encore fluide de la roche dans les conditions existantes à ce moment-là. Comme résultat de l'application des diverses lois chimiques et physiques, les roches ignées se solidifient finalement sous forme de verre, ou sous forme d'un mélange de verre et de cristaux, ou sous forme d'amas entremêlé de cristaux et de grains irréguliers de différents minéraux. Les variétés qui se forment dépendent naturellement de la composition de la roche en fusion dans laquelle ils croissent et des conditions existantes pendant la période de cristallisation.

Les gros et les petits massifs ignés ont souvent une composition fort différente. Cette variation, qu'elle se manifeste dans un seul amas ou dans des groupes d'amas apparentés, est ordinairement imputée aux procédés de différenciation. Les causes de la différenciation ne sont pas bien connues et leur nombre ne l'est pas davantage. Une opinion qui prévaut généralement et qu'il est impossible de justifier positivement, veut que les roches en fusion soient parvenues d'accumulations en profondeur dont la matière ou magma liquide possédait une composition assez uniforme. Le magma, comme on peut le supposer, soit dans ces accumulations profondes, soit en s'élevant graduellement à des niveaux supérieurs, soit après qu'il eut atteint sa position définitive, s'est différencié. Dans certains cas la différenciation peut avoir été causée par des phénomènes connexes à la cristallisation progressive des matières liquides. A mesure que croissaient les cristaux des premiers minéraux en formation on peut supposer qu'ils ont pu s'enfoncer dans la masse en fusion; mais la partie d'où provenaient les cristaux aurait alors changé elle aussi de composition et la partie où se concentrait l'enfoncement des cristaux aurait également varié de composition. Plusieurs

résultats de la différenciation peuvent s'expliquer par des modes de cristallisation aussi simples ou plus compliqués, combinés probablement avec des mouvements de tout le magma ou avec la translation de certaines parties du même magma à des niveaux plus élevés. Une autre cause de la différenciation est attribuée à l'absorption des roches envahies par les massifs ignés. Quelles que soient les causes de la différenciation, les résultats en sont clairement démontrés. Presque tous les gros massifs ignés décèlent des variations dans leur composition minérale. Les massifs de roches pluto-niennes sont formés dans bien des cas de types de roche tout à fait différents, chacun occupant des étendues considérables où ne se retrouvent pas d'autres types. Dans certains cas ces différents types se fondent l'un dans l'autre; dans d'autres, une variété recoupe l'autre et les intermédiaires font parfois défaut. Pour les roches volcaniques, les résultats plus accentués de la différenciation sont ordinairement indiqués par des différences dans les épanchements successifs de laves. Dans ces cas la différenciation s'est produite avant l'éruption des laves.

L'analyse de toutes les variétés de roche ignée démontre qu'elles se composent essentiellement des neuf éléments chimiques suivants: silicium, aluminium, fer, calcium, magnésium, sodium, potassium, hydrogène et oxygène. Plusieurs autres éléments sont aussi présents et quelques-uns tels que le titane et le baryum, se présentent dans certains cas en assez grandes quantités. Mais, dans l'ensemble, les roches ignées peuvent être considérées comme se composant essentiellement de diverses quantités des neuf éléments spécifiés que l'on considère d'ordinaire, s'ils sont présents en combinaison avec l'oxygène, comme étant respectivement: la silice (SiO_2), l'alumine (Al_2O_3), les oxydes de fer (FeO et Fe_2O_3), la chaux (CaO), la magnésie (MgO), la soude (Na_2O), la potasse (K_2O), et l'eau (H_2O). Bien que les différents oxydes soient en quantités variables dans les diverses roches ignées on a constaté que la composition chimique des différentes roches ignées ne varie qu'entre des limites assez restreintes. Tous les intermédiaires trouvent place entre ces limites, mais en général les roches appartiennent à l'un ou l'autre du nombre restreint de familles, chacune ayant un caractère spécial bien que de composition variable.

La silice forme du quartz quand elle cristallise seule, et c'est l'un des principaux éléments des roches ignées, car la plus grande partie de toute roche ignée est formée de minéraux dans lesquels la silice est un élément important. On donne à ces minéraux le nom de silicates. Leur nombre n'est pas considérable et les espèces ou familles importantes sont les suivantes; le quartz, qui se compose de silice; les feldspaths, qui sont des combinaisons de silice, d'alumine, et, en proportions variables, de chaux, de soude et de potasse; les feldspathoïdes (v.g. néphéline), qui sont en somme des composés de silice, d'alumine, de soude et de potasse; les micas, qui sont caractérisés par la présence de silice, d'alumine, de fer, de potasse et d'eau; les pyroxènes et les amphiboles (hornblendes), caractérisés par la présence de silice, de fer, d'oxydes, de chaux et de magnésie, et les olivines, caractérisées par leur teneur en silice, oxyde de fer et magnésie. Les feldspaths forment plusieurs groupes dont deux surtout sont importants. L'un d'eux comprend l'orthose, à teneur de potasse. L'autre renferme les feldspaths plagioclases qui forment une

longue série allant de la variété fortement sodique à celle qui est riche en chaux, en passant par d'autres contenant de la soude et de la chaux en proportions variables.

Le quartz et les feldspaths sont relativement riches en silice et sont, par conséquent, les principaux constituants des roches à teneur élevée en silice, les roches ignées dites acides (ou saliques). Les micas, les amphiboles, les pyroxènes et les olivines renferment assez peu de silice et, par conséquent, tendent à dominer dans les roches à faible teneur en silice, les roches basiques (ou fémiques). La teneur en silice, soude et potasse (v.g. les alcalis) des feldspaths diminue à mesure que la teneur en chaux augmente et, par conséquent, les feldspaths alcalins (orthose, plagioclase riche en soude, etc.) caractérisent les roches ignées plus acides, tandis que les feldspaths plagioclases riches en chaux sont surtout caractéristiques des roches basiques.

Les constituants les plus abondants des roches ignées déterminent en définitive la composition des roches en général. Pour les fins de la classification les quartz et les feldspaths sont peut-être les plus importants éléments des minéraux. Ils sont de couleur claire et comme ils sont les plus importants constituants des roches ignées, celles-ci sont aussi de couleur claire. Comme les éléments clairs diminuent en quantité, les constituants foncés, les micas, les amphiboles, les pyroxènes et les olivines augmentent et, par conséquent, les roches ignées basiques tendent à être foncées. Les roches ignées ont été divisées en un certain nombre de groupes en se fondant sur leur composition. Chaque groupe comprend des variétés de roches plutoniennes qui se sont refroidies lentement en profondeur et, par conséquent, sont assez grossièrement cristallines, et de roches volcaniques qui se sont solidifiées à la surface et, par conséquent, en somme rapidement, et qui, finissent par être finement cristallines ou vitreuses.

Les roches plutoniennes les plus acides forment la famille des granites, dont les éléments se composent essentiellement de quantités considérables de quartz, de plusieurs variétés de feldspaths et d'un ou plusieurs membres du groupe des micas, des amphiboles et des pyroxènes. Le quartz et le feldspath dominant. Dans les soi-disant granites normaux, l'orthose, ou un feldspath apparenté, et le feldspath plagioclase se trouvent en quantité à peu près égale et les feldspaths plagioclases sont des variétés acides relativement faibles en chaux. Les granites dans lesquels l'orthose ou les feldspaths riches en soude dominent les variétés à teneur de chaux sont connus sous le nom de granites alcalins; si les feldspaths plagioclases à teneur de chaux sont en excès la roche est une granodiorite.

Les granites dont la teneur en silice diminue passent aux syénites. Ces roches renferment peu ou point de quartz, sont riches en feldspaths alcalins, relativement pauvres en feldspaths plagioclases, et contiennent une ou plusieurs variétés de mica, d'amphibole et de pyroxène. Certaines variétés renferment des feldspathoïdes (néphéline, leucite, etc.).

Les granites en diminuant leur teneur en silice jusqu'à l'absence totale de quartz ou qu'il ne soit présent qu'en petite quantité, et en augmentant leur proportion de feldspaths plagioclases à teneur de chaux, passent graduellement aux monzonites et aux diorites. Les syénites en changeant leurs proportions de feldspaths passent aussi peu à peu à ces roches.

Les monzonites renferment peu ou point de quartz et se composent de feldspaths alcalins et plagioclases, et d'une ou plusieurs variétés de mica, d'amphibole et de pyroxène. Les feldspaths dominent et les variétés de plagioclases équivalent approximativement ou excèdent les feldspaths alcalins.

Les diorites contiennent du quartz ou en manquent totalement. Les feldspaths plagioclases excèdent les feldspaths alcalins et on y trouve une quantité considérable de mica, d'amphibole ou de pyroxène. Les diorites se fondent dans les gabbros. Ce sont des roches basiques composées de feldspath plagioclase assez basique et d'une grande quantité de pyroxène ou d'amphibole avec ou sans olivine. Ce que l'on peut considérer des types spéciaux de gabbros sont des roches basiques se composant en grande partie de feldspaths plagioclases basiques, mais accompagnés d'une quantité considérable de feldspaths alcalins, et, dans certains cas, de néphéline.

Les gabbros passent à des roches composées presque entièrement de feldspaths plagioclases et connus sous le nom d'anorthosites. Ils se fondent aussi dans des roches formées surtout de pyroxène et, par conséquent, appelées pyroxénites. Ils passent aussi parfois à des variétés qui se composent en grande partie d'olivine et de pyroxène, désignées sous le nom de péridotites. Les roches volcaniques forment diverses familles correspondant à celles des roches plutoniennes. Les variétés les plus acides, celles qui correspondent aux granites, sont les rhyolites; les trachytes correspondent aux syénites; les andésites aux diorites; et les basaltes aux gabbros. Les roches volcaniques sont surtout des roches à grain fin dont les constituants dans la plupart des cas ne peuvent être déterminés que par des moyens particuliers. Plusieurs roches volcaniques se composent de quelques gros cristaux enchâssés dans une pâte à grain fin; on dit alors qu'elles sont porphyriques. Si ces roches volcaniques porphyriques sont acides on les appelle porphyres, si elles sont basiques ce sont des porphyrites. Différentes variétés sont désignées selon les minéraux dominant qui forment les gros cristaux ou phénocristaux tels que le porphyre quartzifère, le porphyre feldspathique, la porphyrite hornblendique, etc. Les roches plutoniennes, comme leurs contreparties volcaniques, sont porphyriques en certains cas, mais ne sont pas classées comme porphyres; on les appelle granite porphyrique, diorite porphyrique, etc.

Un troisième groupe de roches ignées portant des noms spéciaux sont les roches filoniennes (ou dykes.) Ces roches se présentent de façon caractéristique en longs massifs étroits en forme de nappe, qui semblent avoir rempli des fissures verticales ou fortement inclinées. Les pegmatites sont une variété commune de ces roches filoniennes qui accompagnent les granites. Elles se composent surtout de quartz, de feldspath alcalins, de mica, et très souvent, de minéraux relativement rares comme la tourmaline, etc. Les pegmatites possèdent ordinairement un grain très grossier, quelques-uns des minéraux constitutifs atteignant même parfois plusieurs pieds de longueur ou de diamètre. Un autre groupe de roches filoniennes est connu sous le nom de lamprophyres. Ce sont des roches assez basiques, d'ordinaire foncées; elles sont de divers types selon leur composition minérale et chimique. Les roches plutoniennes et les roches volcaniques peuvent former des dykes, mais elles ne sont pas alors classées comme

roches filoniennes. Ce sont simplement des dykes de granite, de rhyolite, etc., suivant le cas. La diabase est une variété considérablement répandue ayant la composition d'un gabbro ou basalte, mais possédant une texture particulière. Les diabases affectent souvent la forme de dykes ou de massifs presque horizontaux en forme de nappe.

Les massifs de roche ignée se sont élevés et se sont répandus à la surface de la terre, et, par conséquent, sont connus sous le nom de roches effusives, ou bien ils ont envahi d'autres roches et, de ce fait, on les appelle roches intrusives. Les roches effusives sont toujours des variétés des roches volcaniques et parce qu'elles se sont refroidies assez rapidement elles possèdent d'ordinaire un grain fin. Vu que ce sont des roches d'épanchement, elles forment des nappes éruptives, qui, par endroits, sont superposées en grandes épaisseurs. La matière en fusion qui a formé les épanchements était en maints cas chargée de vapeurs qui, à l'échappement, ont produit de petites cavités dans la roche. Ces trous ont, plus tard, été remplis de minéraux et sont connus sous le nom d'amygdales; les roches qui les renferment sont dites amygdaloïdes. Très souvent les parties supérieure et inférieure des épanchements sont à grain plus fin que la partie intérieure qui s'est refroidie plus lentement. Plusieurs épanchements décèlent des structures dues au mouvement de la masse autrefois visqueuse. Les nappes de lave ou épanchements peuvent avoir toutes les épaisseurs, de quelques pieds ou moins, jusqu'à vingt pieds. Des épanchements individuels peuvent se recouvrir en couches dont chacune garde une épaisseur assez uniforme sur de grandes étendues.

Les roches intrusives sont tantôt volcaniques tantôt plutoniennes. Les types volcaniques là où ils se présentent comme roches intrusives forment, en maints cas, des dykes ou filons-couches. Les dykes, comme on l'a déjà dit, sont des massifs étroits, presque verticaux, en forme de nappes, qui se sont évidemment injectés dans des fissures. Les filons-couches sont aussi en forme de nappes, dans certains cas, mais ils sont inclinés sous de faibles angles et se sont injectés le long de plans de fléchissement. Des filons-couches, des dykes et des massifs plus irréguliers de roches volcaniques intrusives se présentent ordinairement là où les laves forment d'épais assemblages, mais on les rencontre aussi dans les sédiments et les roches plutoniennes. Les roches volcaniques, en certains endroits, forment des amas presque circulaires représentant des cheminées volcaniques érodées.

Les massifs de roches plutoniennes qui occupent des étendues de cent milles carrés et davantage se nomment ordinairement batholithes et l'on présume qu'ils pénètrent à des profondeurs considérables. Ils semblent former les parties supérieures d'immenses massifs d'une roche autrefois en fusion qui se soient élevés en absorbant les roches qu'ils ont remplacées. Ils envahissent parfois les bords des strates environnantes. Certains petits massifs de roches plutoniennes sont appelés amas ou culots lorsqu'on présume qu'ils s'étendent à des profondeurs considérables avec profils transversaux à peu près uniformes. Par endroits, les roches plutoniennes forment d'immenses amas en forme de filons-couches ou des laccolithes qui sont des amas intrusifs entourés de sédiments et dont le mur est plan et le toit voûté.

Presque tous les massifs ignés présentent des cassures dues, dans plusieurs cas, au retrait causé par le refroidissement du massif. Dans certains

cas, comme pour les dykes et les filons-couches, les diaclases divisent la roche en colonnes qui vont d'une éponte à l'autre du dyke ou du mur au toit du filon-couche. Dans les massifs de roches plutoniennes, la diaclase s'oriente souvent suivant trois plans, l'un approximativement horizontal, les deux autres verticaux ou à peu près perpendiculaires l'un à l'autre.

Ces roches, comme il a déjà été dit, sont susceptibles de métamorphisme. Toutes les roches sont exposées au changement et, de fait, plusieurs ont considérablement été modifiées. Celles qui furent complètement changées sont dénommées roches métamorphiques; la transformation en est parfois si complète, qu'il est difficile et même impossible souvent de déterminer si elles étaient d'origine sédimentaire ou éruptive.

L'un des principaux agents de métamorphisme est l'intempérisme dû à l'action de l'eau, de l'anhydride carbonique, de l'oxygène et des autres substances présentes à la surface de la terre. Comme les roches sédimentaires proviennent en grande partie de l'intempérisme, elles sont à peu près insensibles et ce sont les roches ignées qui, en général, sont les plus profondément affectées. Par contre, une roche comparativement soluble comme le calcaire, qui est un sédiment, peut être presque totalement détruite par intempérisme. L'intempérisme se limite surtout à cette partie de l'écorce rocheuse qui se trouve au-dessus du niveau de l'eau d'infiltration. Dans cette zone le résultat définitif de l'altération d'une roche ignée peut être une argile; dans les premières phases, les feldspaths deviennent troubles et, selon leur composition, se transforment partiellement en un minéral écailleux de couleur pâle, la séricite, ou en épidote ou en calcite. Les pyroxènes, les hornblendes et les micas se changent en chlorite, en serpentine, en magnétite, etc.

L'intempérisme est une forme de métamorphisme qui détruit les roches; les autres formes de métamorphisme, bien que modifiant la nature des roches, ne tendent pas à les détruire. Les causes des autres formes de métamorphisme sont nombreuses, mais en général ce sont l'effort, les vapeurs, les solutions et la chaleur. L'effort est causé surtout par le poids des matières sus-jacentes ou il est le résultat de l'action de ces forces qui, à des degrés variables, disloquent de grandes épaisseurs de strates, les courbent et les plissent, les broient, les cisailent ou même les forcent à couler comme si elles étaient plastiques. Les solutions qui causent le métamorphisme peuvent être les eaux de ruissellement qui pénètrent, chargées de divers dissolvants et capables d'entraîner ou d'ajouter des matières aux roches traversées et d'engendrer ainsi de nouveaux minéraux. D'autres solutions de même que des vapeurs sont de même origine que les roches ignées intrusives et effusives. Ces solutions et ces vapeurs en s'élevant ou en jaillissant des amas de roches ignées ont traversé les roches sur toutes étendues, parfois jusqu'à plusieurs cents milles carrés. Ces solutions et ces vapeurs n'ont apporté que des modifications aux roches, mais la transformation a pu atteindre tous les degrés comme là où la composition minéralogique et chimique a radicalement changé. Les roches ignées elles-mêmes traversent parfois complètement les roches plus anciennes en produisant une roche hybride qui, du point de vue minéralogique et chimique, forme l'intermédiaire entre la roche ignée et les roches envahies. La chaleur comme agent

de métamorphisme a pu être celle qui se dégage des massifs de roche ignée, ou bien celle qui est produite par l'action des forces mécaniques qui disloquent et plissent les roches, ou encore la chaleur interne de la terre, qui agit d'autant plus intensivement que les roches gisent à une plus grande profondeur. Il est vrai que des blocs de roche contenus dans des roches ignées en fusion ont pu être fondus et que des roches tout au bord d'un amas de roche ignée l'aient été, mais on doute que la chaleur seule ait pu produire beaucoup de changement dans les roches. Par contre, la température plus élevée et la pression plus intense ont accéléré et accru l'influence métamorphique des vapeurs et des solutions.

La céméntation est un terme collectif qui embrasse toute une série de changements causés par métamorphisme. Le phénomène se produit surtout au niveau des eaux d'infiltration et en dessous de celui-ci, et s'étend en profondeur jusqu'à la limite atteinte par les solutions. Il s'accomplit en grande partie par les solutions aqueuses. Les schistes argileux, qui ne sont que des roches de boue consolidées, ne sont probablement pas sujets à la céméntation, vu qu'ils sont en grande partie imperméables. Les sables, par contre, étant des substances poreuses, sont facilement imprégnés et présentent souvent des caractéristiques marquées de céméntation. Les ciments ordinaires sont la calcite et le quartz, mais d'autres minéraux sont en certains cas importants. Les matières agglomérantes proviennent de sources extérieures ou de certaines parties de la roche elle-même qui entrent en solution plutôt que de se déposer.

L'effort peut être simplement la pression statique sur la roche; les changements métamorphiques produits peuvent alors être classés comme dus au métamorphisme statique en contraste avec le métamorphisme dynamique là où la pression comporte un mouvement de la roche. La seule pression, agissant sur les argiles, les durcit en comprimant les grains, en chassant l'eau et en provoquant indirectement ou directement des changements, principalement le développement de petites paillettes de mica incolore. Les argiles sont transformées par ces changements en schistes argileux, et l'on conçoit que par une augmentation de pression par suite de la grande profondeur, les schistes argileux puissent se transformer en ardoises caractérisées par une augmentation de la taille des paillettes de mica, malgré que les ardoises semblent provenir ordinairement du métamorphisme dynamique. D'autres types de roches subissent aussi ces transformations, suivant leur degré de compressibilité.

Les effets du métamorphisme dynamique sont bien illustrés par les roches de boue. Ces roches, lorsqu'elles sont soumises à un grand effort dans des conditions qui entraînent le mouvement de la roche ou son épanchement se changent en ardoises, caractérisées par la disposition parallèle des éléments qui donnent le clivage à la roche. Le changement est accompagné par un développement plus marqué des minéraux aplatis, surtout la muscovite. A mesure que le changement se produit, les micas foncés et même la hornblende se forment. Dans les cas extrêmes la roche subit une autre transformation ou recristallisation, les grains deviennent plus gros, et la roche devient un schiste. Un autre changement aboutit à la formation du gneiss dans lequel les feldspaths et la hornblende proviennent des

micas et de la chlorite. Au cours de l'altération en ardoise ou en schiste, ou en gneiss, il peut se former de gros individus de minéraux tels que le grenat, la staurolite, etc. Ces changements ne dépendent pas nécessairement de la profondeur; ils sont dus au mouvement occasionné par l'effort. Comme les schistes argileux sont une des roches les plus faibles, ils sont surtout sujets au métamorphisme dynamique et en présentent parfois des traces accentuées, tandis que les roches adjacentes plus résistantes en sont exemptes. Les quartzites, quand ils sont transformés par métamorphisme dynamique, recristallisent et décèlent une certaine schistosité, et par la perte de matières passent parfois à des gneiss. Les calcaires se changent en marbres par recristallisation et s'il s'y trouve assez d'impuretés, hornblende, mica, talc, chlorite, etc., ils peuvent se développer avec des arrangements parallèles. Dans certains cas presque tout le carbonate peut être éliminé, comme dans la formation de talcschistes et probablement de certaines roches amphiboles. Les roches ignées peuvent devenir des schistes ou gneiss par suite du métamorphisme dynamique. Les roches basiques tendent à se transformer en schistes chloriteux, hornblendiques ou micacés. Les roches acides ont la même tendance, mais à un degré différent.

Les changements métamorphiques indiqués plus haut peuvent être précédés, accompagnés ou suivis de transformations purement physiques par lesquelles une roche peut être fracturée et broyée, et une telle déformation peut même affecter les grains minéraux d'une roche. Tous ces changements semblent être facilités par des hautes températures et par la présence de solutions susceptibles de réagir avec les éléments constitutifs de la roche.

TECTONIQUE

On a étudié dans les pages précédentes le mode de formation des roches. Celles-ci ont été divisées en deux groupes, les roches ignées et les roches sédimentaires. Les roches ignées ont été définies comme ayant été des amas en fusion qui se sont élevés d'un niveau inférieur, ont envahi des roches déjà existantes et se sont ou refroidis et solidifiés en dessous de la couverture des roches plus anciennes, ou ont recouvert la surface de la terre. On a dit que les sédiments se sont formés de matières dérivées de roches qui existaient antérieurement et que ces matières, soit transportées en solution et précipitées dans la suite, soit charriées sous forme de grains minéraux et de fragments plus gros de roche, ont été pour la plupart déposées en couches presque horizontales sur la terre ferme ou dans les mers. Parmi les roches ignées, celles qui ont recouvert la surface de la terre (les laves), se sont aussi formées en couches et ces couches, avec les lits de matières fragmentaires dues aux éruptions volcaniques (tufs et agglomérats), ont aussi été pour la plupart approximativement horizontales.

Les sédiments et les laves, bien qu'ils aient autrefois formé des amas presque horizontaux de grande étendue et, dans maints cas, de grande puissance, ne sont plus maintenant, dans la plupart des endroits, horizontaux. Les strates de la plupart des districts reposent en ondulations larges et douces ou sont plus abruptement inclinées et sont probablement dislo-

quées et plissées d'une façon compliquée. Les grandes Plaines de l'Ouest du Canada sont pour la plupart tapissées de strates inclinées au taux de quelques pieds au mille. Mais les mêmes couches, à mesure qu'elles approchent des montagnes Rocheuses, deviennent graduellement de plus en plus troublées, jusqu'à ce que dans les montagnes elles gisent dans de grands plis, qu'elles soient redressées, renversées, ou bien rejetées en gros amas les uns sur les autres. Telle est l'attitude générale des roches de maintes régions montagneuses. Quelle que puisse être la cause ou les causes de l'orogénie, il en résulte dans la plupart des cas que de grands segments, de plusieurs mille pieds de puissance, de la partie extérieure de la surface terrestre, ont cédé aux forces agissant dans un plan presque horizontal. Dans certains cas il est évident que les forces étaient de la nature de rejets agissant dans une seule direction générale. Dans d'autres, le résultat est comme si l'étendue orogénique avait été comprise entre des forces opposantes. Dans tous les cas les roches ont l'apparence d'avoir été resserrées dans un espace plus étroit que celui qu'elles occupaient à l'origine.

Les structures exposées dans les régions montagneuses peuvent aussi se voir dans des régions qui, en comparaison, ressemblent presque à une plaine et, par conséquent, on suppose généralement que ces étendues relativement unies étaient autrefois des régions montagneuses qui, depuis, ont été profondément érodées à un plan presque horizontal. Dans plusieurs de ces régions et dans les étendues montagneuses, les roches stratifiées sont recoupées par d'énormes massifs de roches plutoniennes maintenant mis à nu par l'érosion. L'association de gros amas de roches plutoniennes avec les strates plissées et disloquées de régions maintenant ou autrefois montagneuses, a été constatée dans tant de cas qu'il est permis de supposer que l'orogénèse et l'invasion de grandes étendues de roches plutoniennes sont de quelque façon apparentées quant à leur origine. Mais, par contre, des invasions ignées se sont produites dans des régions qui n'ont pas été soumises à l'orogénèse, et les strates orogéniques ne sont pas partout visiblement envahies par des roches ignées.

Les structures mises au jour par les roches stratifiées se composent, en somme, de plis et de dislocations qui peuvent être des failles ou zones de cisaillement et des structures fluidales. Dans les districts montagneux et, çà et là par endroits, la nature des structures peut être nettement visible, mais ailleurs la détermination de la structure dépend ordinairement des observations faites à des affleurements rocheux isolés dispersés sur de grandes étendues. Les attitudes des couches dans les affleurements individuels sont déterminées suivant l'allure et le pendage des roches. L'allure est la direction que suivent les affleurements d'une couche sur un plan horizontal. Le pendage est la direction dans laquelle les strates sont inclinées et l'amplitude de l'inclinaison exprimée en degrés mesurée à partir de l'horizontale. Les strates d'un district peuvent avoir des pendages et des directions presque uniformes selon la nature des structures. Plus souvent la direction varie d'un affleurement à l'autre et le pendage change de direction et d'amplitude; les couches peuvent être renversées, et peuvent avoir tourné à plus de 90 degrés, de sorte que ce qui était la surface supérieure peut

être maintenant la surface inférieure. Dans certains cas les strates sont tellement tordues que la direction et le pendage varient considérablement, même dans les limites d'un petit affleurement.

Un faible pendage et un parallélisme général de la direction caractérisent des étendues où les strates ne furent, en général, que légèrement inclinées ou jetées dans de grands plis modérés. Le changement de direction et de pendage indique l'existence de plis plus marqués. Les contortions et les échancrures des strates dans les affleurements individuels démontrent d'ordinaire seulement un plissement relativement rapproché, mais aussi que les roches se sont mues ou "ont coulé" à la façon d'un amas plastique soumis à un grand effort.

Les changements subis dans l'attitude des strates de chaque côté d'une ligne indiquent que la ligne représente un plan de dislocation, un plan de faille, et que tout le massif sur un côté du plan s'est déplacé par rapport aux roches sur l'autre côté. Le plan de faille peut être à peu près horizontal ou incliné à n'importe quel angle jusqu'à la verticale. Il peut se diriger dans un sens ou suivre une ligne courbe; il peut aussi se séparer pour suivre deux ou plusieurs directions. Dans des régions à strates plissées, une faille peut graduellement se changer en un pli. Si le plan de faille est incliné sous de faibles angles, les strates sur le côté supérieur apparaîtront comme si elles chevauchaient celles en dessous; le chevauchement apparent peut atteindre quelques pieds seulement ou toute distance jusqu'à des milles et peut varier de place en place le long du plan de faille. Si le plan de faille est fortement incliné, les couches sur un côté peuvent sembler s'être affaissées par rapport à celles de l'autre côté, ou s'être déplacées latéralement, ou s'être avancées tant dans la direction verticale que dans l'horizontale. Dans tous les cas l'amplitude du mouvement apparent peut varier d'une place à l'autre et peut s'élever à quelques pouces seulement ou jusqu'à des milliers de pieds. Les zones de cisaillement ou d'écrasement sont, comme les failles, le résultat de mouvements différentiels, mais au lieu de se restreindre à un plan, ces déformations se sont étendues à une zone qui, dans certains cas, est très considérable. Dans de telles zones les strates sont broyées et tordues. Les failles et les zones de cisaillement traversent par endroits des strates qui ne sont guère autrement troublées, ou peuvent recouper des couches considérablement plissées. Très souvent les dislocations et le plissement se produisent en même temps.

Il existe deux variétés principales de plis: les plus saillants, en forme de voûtes ou anticlinaux, et les plis rentrants, en fond de bateau, ou synclinaux. L'amplitude des plis varie de quelques verges ou moins, jusqu'à embrasser des strates de plusieurs milles carrés. Des plis légers relativement larges peuvent se présenter séparément dans une région autrement occupée par des strates plongeant sous de faibles angles dans un seul sens. Des plis plus prononcés se rencontrent d'ordinaire en groupes dans lesquels les synclinaux succèdent aux anticlinaux, généralement dans des régions où les strates furent en somme plissées et disloquées. Certains plis ont la forme de dôme, mais la plupart sont allongés. La crête d'un anticlinal et la charnière synclinale peuvent être relativement larges et étroites. Les strates sur les flancs peuvent plonger sous des angles faibles ou élevés. Un pli peut

être symétrique, ses flancs opposés plongeant au même degré mais dans des directions opposées; ou bien le degré de pendage peut être différent dans les flancs opposés et dans le cas de plis renversés les flancs opposés plongent dans la même direction. Certains plis sont simples, d'autres sont composés et consistent en plis relativement petits superposés à un grand pli. Dans certaines régions le plissement ou la dislocation est compliqué comme s'il s'était produit pendant deux ou plusieurs périodes de plissement.

Les structures présentées par les roches ignées ont déjà été mentionnées. Les laves et les massifs intrusifs en forme de nappes, dits filons-couches, peuvent être plissés et disloqués sensiblement comme les roches sédimentaires. Les plus gros massifs intrusifs, tels que les amas irréguliers et les batholithes, peuvent être disloqués ou cisailés, sans être plissés. La plupart de ces amas intrusifs, et tous les gros massifs, ne se présentent que dans les régions de strates plissées et dérangées. Dans ces cas les contours des massifs intrusifs n'ont aucun rapport évident avec les structures des strates plissées environnantes. Dans d'autres cas, l'attitude des strates avoisinantes peut laisser supposer un rapport entre le plissement qu'elles décèlent et l'invasion du massif de roches ignées. La forme générale visible ou supposée des gros amas intrusifs est ordinairement celle d'un massif s'étendant vers le bas, à côtés presque verticaux ou inclinés vers l'extérieur. Le contour en plan peut être circulaire, ovoïde, allongé ou irrégulier. Le bord peut être légèrement courbe ou irrégulier. Très souvent la surface supérieure semble avoir été très irrégulière, avec de gros amas de la roche de couverture, connus sous le nom de pendants ou enclaves, s'injectant vers le bas dans le massif de roche ignée. Dans certains cas les irrégularités du toit se sont tellement développées que les projections de la masse ignée apparaissent maintenant comme des massifs isolés distants de plusieurs milles des affleurements les plus rapprochés de l'amas principal.

STRATIGRAPHIE

Plusieurs roches sédimentaires renferment des traces ou débris de plantes ou d'animaux qui existaient au moment où les roches qui les contiennent étaient en formation. Dans certains cas une partie considérable de l'organisme s'est conservée, mais plus souvent il est représenté par une empreinte, ou moule. Dans d'autres cas les débris organiques ont été remplacés par de la silice, du carbonate de calcium, ou d'autres matières et conservent les structures internes et même la forme extérieure. Ces traces et vestiges de vie primitive sont des fossiles et révèlent l'état de la flore et de la faune qui existaient au moment de la formation des roches qui les renferment.

On a maintes fois établi, dans des endroits où des strates fossilifères très puissantes sont exposées, que certaines formes de vie, sinon toutes, représentées par les fossiles d'un groupe de couches, diffèrent de celles qui existent dans les strates sous et sus-jacentes. On a aussi observé que le même assemblage de fossiles caractérise parfois un groupe de strates aussi loin qu'elles peuvent être retracées. Il est donc évident que le caractère de

la vie animale et végétale a évolué au cours des longues périodes de formation des épaisses accumulations de sédiments et que ce changement a entraîné la disparition de certaines espèces et l'apparition de nouvelles. Dans certains cas la présence de nouvelles espèces et l'absence d'anciennes formes de vie étaient temporaires et avaient été causées par l'évolution des conditions de la vie, par exemple, lorsque les eaux d'une mer autrefois limpides sont devenues boueuses pour redevenir après encore limpides. Mais on a trouvé que les espèces primitives d'animaux et de plantes disparaissent finalement pour ne jamais reparaitre et que de nouvelles espèces, qui ont constamment surgi, subissent le même sort. Ainsi, dans toutes les strates fossilifères de grande puissance des groupes successifs de couches peuvent être distingués par différents assemblages fossiles; de nouvelles espèces se présentent à divers horizons, quelques-unes se limitant à un seul groupe de couches et d'autres se présentant dans des groupes successifs.

Les strates de divers niveaux d'une coupe quelconque de roches sont non seulement caractérisées par la présence d'une faune ou d'une flore différentes, mais on a trouvé dans tout l'univers que la même faune et flore générale succède partout à une autre du même ordre. On en conclut, que dans le passé, la répartition dans tout l'univers des types de vie les plus récents s'est faite très rapidement en comparaison de la lenteur avec laquelle les sédiments se sont accumulés. Les teneurs en fossiles d'un groupe de couches sont ainsi devenues un moyen d'établir l'âge des couches qui les contenaient par rapport à l'âge des strates fossilifères dans d'autres districts et régions. On a déterminé l'ordre dans lequel les différentes faunes et flores se succèdent l'une à l'autre. Si la faune ou la flore fossile d'une série de couches est essentiellement la même que celle qui renferme les strates d'une autre région, on en conclut que les couches fossilifères de ces deux étendues sont synchroniques. Si les assemblages fossiles diffèrent, alors les âges relatifs des deux séries de couches peuvent être déterminés en considérant l'ordre établi de la succession des formes de vie.

L'ordre connu dans lequel les différentes espèces de plantes et d'animaux se sont présentées et ont disparu, a permis d'établir un calendrier géologique dans lequel l'époque géologique est divisée et subdivisée en périodes, chacune étant caractérisée par les éléments organiques qu'elle contient. Les longueurs en années des divisions de temps dans le calendrier sont inconnues, mais elles sont certainement très inégales. Les fossiles font presque défaut dans les premières roches connues. Ils deviennent soudainement abondants et se composent des mêmes formes dans un groupe de couches connu sous le nom de cambrien. Toutes les strates plus anciennes sont connues sous le nom de groupe précambrien; elles sont essentiellement dépourvues de fossiles, et l'époque de leur formation est connue comme l'ère précambrienne. Cette ère, dans le calendrier géologique, est suivie de l'ère paléozoïque, définie comme étant celle qui commence avec la période cambrienne, époque où se sont accumulées les couches fossilifères cambriennes. Les principales ères géologiques sont données dans le tableau ci-après :

Tableau des ères géologiques

Eres	Période
Quaternaire	Récent Pléistocène
Tertiaire	Pliocène Miocène Oligocène Eocène
Mésozoïque	Crétacé Jura Trias
Paléozoïque	Permien Carbonifère Dévonien Silurien Ordovicien Cambrien
Précambrien	

Les strates des périodes du tableau ci-dessus se subdivisent en groupes dont les noms deviennent les noms d'autres subdivisions de l'époque géologique. Par exemple le cambrien se divise en cambrien inférieur, moyen et supérieur; en outre les strates du cambrien inférieur, moyen ou supérieur d'un district peuvent être divisées en un certain nombre de formations, chacune ayant un nom local, qui devient aussi celui de la période au cours de laquelle cette formation particulière s'est déposée. Il n'existe aucune solution de continuité dans la succession des époques. L'époque précambrienne se termine au moment de l'époque paléozoïque, etc. Dans le cas des strates de chaque district, il y a des solutions de continuité, car la sédimentation ne fut pas continue dans tout l'univers; tandis que les sédiments se formaient dans une région, d'autres endroits subissaient l'érosion.

L'ère précambrienne n'est pas divisée dans le tableau précédent, car aucune nomenclature n'est encore universellement reconnue pour les subdivisions de cette ère. Les termes précambrien primitif et récent sont parfois employés; d'autres équivalents sont aussi usités, le premier nom étant celui de la division primitive: archéozoïque et protérozoïque; laurentien et huronien; archéen et algonquin.

Les âges relatifs des strates fossilifères d'un district peuvent être déterminés par leurs fossiles, mais en leur absence et même lorsqu'il s'en trouve, il faut s'inspirer des rapports qui existent entre les divers assembla-

ges de roches. Pour les roches stratifiées (v.g. les sédiments et les laves), il est évident, si les strates ne sont pas trop bouleversées, que les premières couches formées sont les plus basses et que chaque nouvelle couche est plus récente que celle qu'elle surmonte. Si les couches se succèdent l'une l'autre sans changement d'attitude et sans indication que le processus de sédimentation (ou d'activité volcanique), a été interrompu, on dit que les couches sont en concordance. Mais s'il y a preuve que la sédimentation a été interrompue, les strates de chaque période de sédimentation sont alors en discordance avec les roches sus et sous-jacentes. Il y a différentes discordances. Dans certaines régions, pendant les périodes où il n'y eut pas de nouveau dépôt, les strates déjà formées ne furent que légèrement bouleversées, et si elles furent érodées, ce ne fut qu'à des profondeurs uniformes sur des étendues considérables. Lorsque la sédimentation recommença dans ces régions, les strates plus récentes furent déposées sur les plus anciennes sans séparation bien marquée. Dans ces cas les strates supérieures sont en transgressivité parallèle avec les couches inférieures. Ailleurs, les strates formées antérieurement se sont inclinées aux cours des périodes de non-déposition, et ont peut-être même été envahies par des massifs de roches ignées et érodées. Les couches déposées plus récemment dans ces régions reposent horizontalement sur divers horizons des roches formées antérieurement et aujourd'hui inclinées; les rapports seront ceux d'une discordance angulaire.

L'âge relatif des roches ignées intrusives d'une région s'établit par des observations des bords des amas intrusifs. Si un massif igné semble pénétrer une roche ou en traverser la structure, la roche ignée est probablement plus récente. Une roche ignée est plus récente qu'une roche contiguë, si elle renferme des inclusions de la roche avoisinante ou si elle s'est refroidie subitement sur ses bords et, par conséquent, si elle est vitreuse ou à grain beaucoup plus fin qu'ailleurs. Là où les roches ignées sont contiguës à des sédiments qui sont beaucoup altérés au contact, les sédiments sont probablement plus anciens que le massif de roche ignée. Si ce sont des fragments érodés de roches ignées, ils sont probablement plus récents.

En établissant soigneusement la position des affleurements dans une région, en étudiant les roches elles-mêmes et en tenant compte de leurs structures et de leurs rapports mutuels, on peut ordinairement déterminer l'ordre et les conditions de formation des différents massifs et connaître les conditions dans lesquelles ils ont persisté. En d'autres termes, on peut établir l'histoire géologique d'une région, ou, du moins, l'ordre et le caractère des principaux événements. En retraçant une ou plusieurs formations dans des districts adjacents ou en étudiant les caractères des roches et l'histoire géologique de plusieurs districts, il est ordinairement possible non seulement d'établir l'équivalence ou la non-équivalence d'une ou plusieurs formations, mais, aussi de reconstituer le fil des phénomènes géologiques de plusieurs districts et de vérifier, corriger, ou étudier les données historiques d'un district au moyen de renseignements acquis dans un autre. On peut aussi ordinairement déterminer la date des divers événements aux termes du tableau théorique des formations géologiques.

CHAPITRE II

FORMATION ET DESTRUCTION DES GÎTES MINÉRAUX

Origine et Classification

(H.-C. Cooke)

Un *gîte minéral* est un amas dans lequel sont concentrées certaines substances minérales. Le terme suppose ordinairement que les substances minérales ainsi concentrées sont utiles et peuvent être extraites avec profit, mais ces deux présomptions varient. Les progrès de l'invention et de la découverte créent constamment de nouveaux besoins, de sorte que des gîtes minéraux, autrefois sans valeur, deviennent aujourd'hui très importants. Les applications de nouveaux alliages de l'acier ont élevé la grande valeur des minerais de tungstène antérieurement jetés à la halde et l'invention du manteau à incandescence pour brûleurs à gaz a donné aux minerais de thorium une nouvelle importance. L'exploitation profitable des gîtes miniers dépend de deux facteurs variables; le prix courant du produit et le coût de l'extraction. Plusieurs mines ouvertes au cours de la Grande Guerre, alors que les prix étaient élevés, durent être fermées lorsque cessa cette demande extraordinaire. Par contre, le perfectionnement des méthodes d'extraction, telles que la cyanuration de l'or, ont permis d'exploiter avec profit des gisements miniers autrefois comme étant sans valeur.

Certains gîtes se composent en grande partie d'une seule substance utile, telles les couches de gypse, de houille ou d'hématite. D'autres, comme les gîtes aurifères, contiennent un ou plusieurs éléments utiles, disséminés dans d'autres minéraux de rebut.

Les massifs géologiques qui ne sont pas exploités pour l'extraction d'un minéral ou des minéraux en particulier, mais en vue de la roche elle-même, tels que les dépôts de granite ou d'ardoise à toiture, ne sont pas mentionnés ici comme gisements minéraux, mais comme dépôts de granite ou d'ardoise, selon le cas.

Le *minerai* est cette partie d'un gîte minéral qui peut être exploitée avec profit pour l'extraction d'un ou de plusieurs métaux. Les *minerais de gîtes* sont des minéraux qui renferment des métaux précieux, tandis que les *minerais de gangue* sont des minéraux sans valeur, associés avec les minerais de gîte dans un gîte minéral.

Un *filon* est un amas minéral, plus ou moins tabulaire, intercalé dans une fracture ou un groupe de fractures ou les bordant.

Un *gîte de substitution* est un gîte formé par des solutions minéralisatrices qui, au lieu de remplir les cavités comme dans le cas des filons, ont dissout lentement quelques-uns ou tous les éléments d'un massif de roche et déposé d'autres matières à leur place. Dans plusieurs cas la précipitation a suivi ou accompagné la solution de telle façon que les formes et les textures des premières substances demeurent.

L'eau météorique est celle qui tombe en pluie ou en neige. L'eau juvénile ou magmatique est celle qui se dégage d'un massif de roche en fusion pendant le refroidissement.

COMPOSITION DES ROCHES

La partie extérieure de la terre, désignée communément sous le nom d'"écorce," bien que l'hypothèse d'un intérieur liquide soit maintenant rejetée, se compose de roches ignées et sédimentaires. Ces dernières, toutefois, ne forment qu'une couche assez mince. Clarke¹ estime que les roches ignées forment 95 pour cent d'une couche extérieure de 10 milles d'épaisseur, et les roches sédimentaires 5 pour cent seulement, dont les quatre-cinquièmes sont des schistes. La composition générale de la roche ignée, d'après le même auteur est la suivante:

Teneur moyenne des roches ignées

	%		%
Oxygène	46·42	Soufre	0·080
Silicium	27·59	Chlore	0·097
Aluminium	8·08	Fluor	0·030
Fer	5·08	Baryum	0·081
Magnésium	2·09	Strontium	0·034
Calcium	3·61	Manganèse	0·125
Sodium	2·83	Nickel	0·031
Potassium	2·58	Chrome	0·068
Hydrogène	0·13	Vanadium	0·041
Titane	0·721	Lithium	0·005
Zircon	0·052		
Carbone	0·051	Total	100·000
Phosphore	0·158		

La proportion des autres métaux, comme le platine, l'or, l'argent, le cuivre, le plomb, le zinc, l'antimoine, l'arsenic, l'étain, le mercure, est de moins de 0·01 pour cent.

On constatera que les huit premiers éléments mentionnés dans le tableau précédent constituent 98·28 pour cent des roches ignées, et tous les autres éléments combinés, moins de 2 pour cent. Puisque la proportion de la plupart des éléments de l'écorce terrestre est si faible, il est évident que les procédés naturels de concentration sont très actifs avant qu'un dépôt, si pauvre soit-il, puisse se former. L'étude des procédés naturels par lesquels les minéraux précieux se sont concentrés, ou, comme on l'appelle généralement, la genèse des minerais, est l'une des principales fonctions de la géologie appliquée.

CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES PHÉNOMÈNES DE CONCENTRATION

L'étude des gîtes minéraux dans plusieurs parties du globe a révélé que les phénomènes de concentration sont de deux types généraux, ceux qui se produisent à la surface de la terre ou tout près, et ceux qui agissent à une plus ou moins grande profondeur. Dans certains gîtes les deux ont

(1) Clarke (F.-W.): "Date of Geochemistry," 5e éd., N.S.G.S., Bull. 770, p. 29 (1924).

exercé leur influence. Les principaux agents agissant à la surface sont l'air, l'eau, sous diverses formes, la chaleur et le froid, la vie végétale et animale. Par leur action conjuguée ou séparée, ils désagrègent les roches mécaniquement, brisent les minéraux rocheux en de nouveaux éléments chimiques et charrient les produits d'un point à l'autre. La désagrégation mécanique s'accomplit par le battement des vagues, les eaux de ruissellement et les glaciers, la dilatation de l'eau quand elle gèle dans les fissures et les pores des roches; dans les déserts, par l'abrasion opérée par les grains de sable soufflés par les vents. Par la désagrégation chimique les minéraux sont attaqués par l'eau, par l'oxygène et par le gaz carbonique; les feldspaths se transforment en mélanges de kaolin, de quartz et de carbonates de chaux, de soude et de potasse; les minéraux ferromagnésiens, en chlorite et divers carbonates. Les nouvelles substances, qui sont solubles, sont entraînées en solution. Pendant le transport les matériaux insolubles se séparent suivant leur dimension et leur poids. Ces phénomènes, comme on en trouvera l'explication plus loin, peuvent dans des circonstances appropriées engendrer des massifs minéralisés qui constituent une ressource précieuse pour l'humanité.

Presque toutes les concentrations minérales formées en profondeur se sont consolidées, d'après les notions acquises, par l'action concertée de processus physiques et chimiques ayant accompagné et même découlé du refroidissement lent des amas de roche en fusion, enfouis à de grandes profondeurs. Des gîtes peu nombreux, surtout quelques-uns de soufre, sont formés à la surface par des éruptions volcaniques. Certains matériaux précieux pour l'humanité se forment, par endroits, sous l'influence métamorphique de roches antérieurement formées par la chaleur et la pression dominant en profondeur. Ainsi les calcaires sont convertis en marbres, les grès en quartzites et les schistes en ardoises.

CONCENTRÉS FORMÉS PAR LES AGENTS DE SURFACE

L'action des agents de surface désagrège mécaniquement les roches et décompose chimiquement leurs constituants plus complexes. Les nouvelles substances formées sont les carbonates, les sulfates et les chlorures des éléments métalliques, l'oxyde de fer, le kaolin et d'autres matières formant l'argile; le quartz, la magnétite, le granite, l'or, le platine, la cassitérite, etc., s'ils sont présents, sont peu altérés. La masse décomposée, soumise à l'action de l'eau sous toutes ses formes, se sépare en ses divers composants. Les minéraux solubles, tels les chlorures, les sulfates et les carbonates, sont entraînés en solution à la mer, bien que quelques-uns, surtout les carbonates moins solubles, précipitent quelquefois en formant des filons et d'autres remplissages. Les éléments les moins solubles sont ordinairement charriés par l'eau vive dans les cours d'eau, mais en certains endroits où pour une raison ou pour une autre ce phénomène ne se produit pas, la solution continue d'agir, en lixiviant même les constituants qui sont peu solubles et en laissant les moins solubles jusqu'à ce qu'il reste des massifs raisonnablement purs de ces derniers. On appelle cette précipitation *dépôts résiduels*. Les dépôts de kaolin fournissant les argiles réfractaires et les kaolins anglais dans diverses

parties de l'univers, les gisements de bauxite, employée dans la fabrication de l'aluminium, la plupart des gîtes exploitables de manganèse et les riches minerais de fer du lac Supérieur en sont des exemples.

Les grandes pluies, toutefois, et les petits torrents temporaires entraînent normalement la matière détritique au bas des pentes dans les grands cours d'eau. Il s'y produit là une séparation mécanique. Les plus légères particules restent en suspension, retenues par les remous et les tourbillons du courant et par d'autres forces, tandis que les plus lourdes coulent au fond. Les plus légères de celles-ci sont facilement et rapidement roulées, mais les plus lourdes ne peuvent être déplacées qu'en temps d'inondation. Les plus lourdes particules forcent leur chemin vers le bas à travers les détritiques meubles et se déposent sur la roche de fond. Les matériaux emportés par le courant finissent par arriver à quelque nappe d'eau tranquille, soit un lac soit la mer. Là, l'action des vagues et des courants produits par le vent et la marée continuent le phénomène de séparation. Ceux-ci gardent en suspension la substance plus fine, ou, si elle tombe, la ramassent pendant la tempête suivante, jusqu'à ce que finalement elle vienne reposer loin du rivage dans des nappes assez profondes pour que les vagues ne troublent le fond. Une matière comme le sable fin vient reposer plus près du rivage, à des profondeurs où l'action des vagues et des courants ne peut le transporter; le sable grossier, le gravier et les cailloux, qui ne sont pas transportés à de grandes distances même par l'action très forte des vagues, restent sur les rives ou près d'elles.

Cette brève explication ne touche pas à plusieurs agents d'érosion, mais elle décrit à peu près l'action de l'eau qui sépare les parties insolubles des roches. Le point capital est que, la séparation, bien que purement mécanique, est parfois aussi d'ordre chimique. Les principaux constituants insolubles de la roche complètement décomposée sont le kaolin et les autres matières formant l'argile et le quartz. Les substances qui composent l'argile prennent en général la forme de petites particules, tandis que le quartz est ordinairement en grains plus gros. Ainsi, là où la roche a été décomposée par l'intempérisme, et les constituants complètement dissociés par les procédés ci-dessus, il en est résulté la formation tantôt de couches d'une argile très pure, tantôt de sable très pur. Là où la décomposition par l'air ou la séparation mécanique a été moins intense, les produits de décomposition sont aussi moins purs. Les sables purs ainsi formés trouvent une grande application dans la fabrication des poteries et du verre; avec certains mélanges d'argile, de 10 à 20 pour cent, ils servent comme sables de moulage. Les grès les plus durs et les quartzites sont employés en meules de moulin, pierres à repasser et en meules abrasives. Les argiles, quand elles sont assez pures, servent à la fabrication de la brique, des tuiles, des céramiques et d'autres produits analogues. Une variété particulière d'argile, connue sous le nom de terre à foulon, est considérablement employée dans l'affinage du pétrole et pour la décoloration et la clarification des autres huiles et graisses.

On a mentionné antérieurement le fait que durant le mouvement des matières insolubles vers l'aval, les plus lourdes s'enfonçaient à travers les détritiques meubles du fond et venaient se déposer sur la roche de fond. Ce mode de concentration mécanique est de la plus haute importance du point

de vue économique, car, par endroits, les couches lourdes ainsi formées constituent les dépôts alluvionnaires. Les placers rapportent environ \$70,000,000 annuellement au rendement mondial en or, et les immenses dépôts aurifères du district de Witwatersrand, au Transvaal, les plus grands de l'univers, sont probablement des gîtes alluvionnaires consolidés dans la roche. Des placers diamantifères ont été exploités au Brésil, aux Indes et en Afrique du Sud, et par endroits, des saphirs et des rubis se sont aussi constitués en placers. La majeure partie de l'approvisionnement mondial en étain et en platine provient des placers, de même que presque tout l'approvisionnement de monazite. Au Canada, les principaux dépôts alluvionnaires sont les placers aurifères de la Colombie britannique et du Yukon et les placers de platine de la rivière Tulameen.

Les matières arrachées des roches par les solutions, on l'aura remarqué, sont pour la plupart charriées à la mer, bien qu'une partie puisse en être captée sur son parcours et précipitée en filons et autres remplissages. Les substances entraînées en solution sont les bicarbonates, les sulfates et les chlorures de calcium, de magnésium, de sodium, de potassium et de fer, ainsi qu'un peu de silice. En atteignant la mer ces solutions sont attaquées par une multitude d'organismes qui en extraient la silice ou le carbonate de sodium pour la formation de leurs coquilles ou squelettes. A mesure que ces animaux meurent les parties dures s'accumulent petit à petit au fond de la mer, formant des couches de calcaire qui contiennent ordinairement aussi de la silice. D'autres agents organiques précipitent aussi directement le carbonate de chaux. Une partie de la chaux de ces couches est très souvent remplacée, d'une façon qu'on ne connaît pas encore très bien, par la magnésie encore en solution, de sorte que les couches se composent en dernier lieu de carbonates de chaux et de magnésium, appelés dolomie quand la chaux et la magnésie sont en proportions à peu près égales. Le calcaire, surtout les variétés les plus pures, est probablement l'un des produits naturels les plus employés. Il est utilisé dans la construction, comme fondant dans la fusion, pour l'amélioration de certains sels et à d'autres fins. Calciné, il forme la chaux qui est utilisée dans le mortier et dans la fabrication d'une grande variété de produits commerciaux, tels que le verre et la poterie, la peinture, le papier, le sucre, le savon et l'alcool, le tannage, etc. La craie et la pierre lithographique sont des variétés spéciales de calcaire, la première, un calcaire de faible cohésion, employé pour le polissage, le blanchissage, le marquage, etc., la seconde, une variété compacte, de texture très uniforme dont on se sert pour reproduire les dessins, etc.

Les organismes marins sécrétant de la silice ne sont généralement pas en nombre suffisant pour que la silice de leurs coquilles ou squelettes, forme plus qu'une impureté dans les calcaires ou dans les autres dépôts marins. Par endroits, toutefois, il s'en trouve suffisamment pour former des couches minces ou nodules de chert dans les formations calcaires. Dans les endroits où la silice est très abondante, comme dans les lacs où il s'est déposé de la cendre volcanique siliceuse, une variété d'algues, les diatomées, sont quelquefois si abondantes que leurs petites coquilles siliceuses forment d'épaisses couches. La matière ainsi accumulée est connue sous le nom de terre à diatomées; elle est employée comme poudre de polissage, comme absorbant de divers liquides et comme garniture des tuyaux à vapeur.

Le fer en solution peut, dans des conditions favorables, précipiter et former des couches. Les conditions requises sont une proportion considérable de solutions à teneur ferreuse, introduites dans certaines nappes d'eau confinées, de façon que les sels de fer ne soient pas précipités par la solution. Les étangs et les lacs à l'intérieur des terres, ainsi que les baies renfermées de la mer semblent les plus propices à cette précipitation. Le fer peut provenir des eaux volcaniques ou être constitué par le processus ordinaire de solutions agissant sur les roches riches en fer. La précipitation du fer peut s'opérer par la perte du gaz carbonique des solutions par l'évaporation ou l'absorption par les plantes, par l'absorption du fer par les bactéries ferreuses, par la précipitation par le carbonate de calcium ou d'autres substances en solution, et d'autres façons. Dans la plupart des gisements stratifiés de fer les modes de formation sont problématiques. Le fer peut précipiter comme le carbonate, la sidérite, comme l'hydroxyde, la limonite et les composés analogues, comme l'hématite, ou comme le silicate. Les dépôts pauvres en fer du bouclier précambrien au Canada et du sud du lac Supérieur ont en grande partie précipité sous forme de carbonate et de silicates; le carbonate s'est, en certains cas, transformé dans la suite en hématite ou en magnétite. Des massifs de minerai traitable se sont constitués de ces dépôts primitifs pauvres par le délavage progressif de la silice et des autres impuretés, par les eaux de pluie, laissant les composés de fer sous une forme concentrée.

Durant toute l'histoire géologique, les cours d'eau ont, par conséquent, charrié des matières solubles à la mer, où la plupart des carbonates de calcium et de magnésium ont précipité, en même temps que la silice et le fer, mais en laissant presque tous les sels solubles en solution. L'évaporation constante de la mer, pendant cette longue période, a fourni la vapeur d'eau qui, en se condensant et en tombant en pluie, acquiert bientôt une autre charge de sels solubles qui, à leur tour, atteignent la mer. Ce grand cycle, dont les phases continuent de se répéter, a engendré une concentration graduelle des sels solubles dans l'eau de mer jusqu'à ce qu'aujourd'hui l'eau de mer contienne environ $3\frac{1}{2}$ pour cent de matière solide dissoute. En outre du chlorure de sodium, qui constitue tout près de 78 pour cent de cette matière, les sulfates et chlorures de chaux et de magnésie, le sulfate de soude, et de petites quantités de composés de bromure et de potassium, sont présents, ainsi qu'un peu de carbonate.

Si une masse d'eau de mer est complètement ou en partie détachée de la mer par soulèvement différentiel ou par la formation d'une barre à l'embouchure d'une baie, et si ce phénomène se produit dans un endroit où le climat est assez sec et que l'évaporation excède la précipitation, il est évident que l'eau de mer concentrera rapidement, au point que les sels solubles ne puissent plus demeurer en solutions mais doivent précipiter en formant des couches sédimentaires. Les résultats de cette évaporation ont été étudiés à fond sur place et au moyen d'expériences de laboratoire. Le sulfate de calcium est la première substance à précipiter; le chlorure de sodium commence à être rejeté quand environ les neuf-dixièmes de l'eau sont évaporés, et finalement, si l'évaporation se poursuit jusqu'à dessiccation presque complète, les chlorures et les sulfates très solubles de magnésium et de potassium, ainsi que le bromure de sodium se déposent. Les dépôts

renfermant toute la série des sels énumérés plus hauts sont rares; de fait, on ne la retrouve que dans les grands dépôts de la région de Stassfurt en Allemagne centrale, qui produisent, en outre du sel, la plus grande partie de l'approvisionnement mondial de sels et de bromure de potassium. Les couches salines sont plus fréquentes, mais en plusieurs endroits l'évaporation, par suite des changements de climat ou de l'invasion de la mer, a cessé après que les couches de sulfate de calcium seules se furent formées.

Le sulfate de calcium, SO_4Ca , forme deux composés, l'anhydrite et le gypse. Le gypse diffère de l'anhydrite en ce qu'il renferme de l'eau de combinaison. L'anhydrite a peu de valeur commerciale, mais le gypse est un métalloïde important. Broyé à l'état naturel il est employé comme engrais, pour retarder la prise du ciment et dans diverses fabrications chimiques. Calciné à 350°F ., une grande partie de l'eau en est chassée, et ce produit, appelé plâtre fin à l'état finement moulu, absorbe l'eau rapidement et forme un nouveau gypse qui donne un stuccage dur à la prise. Au Canada quelques-uns des principaux dépôts de gypse se rencontrent près de Windsor (Nouvelle-Ecosse); Hillsborough (Nouveau-Brunswick); le long du bassin de la rivière Grand, près de Brantford et de Paris (Ontario); et à Gypsumville (Manitoba).

Les nombreux emplois du sel dans l'art culinaire, la mise en conserve et l'industrie ne demandent guère à être spécifiés. Les principaux dépôts canadiens de sel se trouvent près de Goderich et de Windsor (Ontario), où des puits profonds percent de puissantes couches salines d'où le sel est pompé à la surface sous forme de saumure. Presque tout le sel produit au Canada provient de ces puits; on en extrait un peu dans la péninsule de Malagash (Nouvelle-Ecosse), et des couches salines profondes existent près de Hillsborough (Nouveau-Brunswick) et à McMurray (Alberta).

En plusieurs endroits, les cours d'eau, au lieu de se diriger jusqu'à la mer, se déversent dans des bassins où la perte par évaporation égale ou excède la venue. Il est évident que dans ces conditions leurs eaux se concentrent rapidement en formant des lacs salins dans le fond desquels des couches d'éléments solubles finissent par se déposer. Il est aussi certain que les couches ainsi produites sont tout à fait différentes de celles qui se sont formées par l'évaporation de l'eau de mer, car, alors que dans la mer les carbonates, principaux constituants solubles des eaux de rivières, sont en grande partie enlevés par les organismes marins avec concentration des chlorures et des sulfates, cette action ne se produit pas dans les lacs intérieurs. Par conséquent, la nature des dépôts dépend directement de la composition des cours d'eau pénétrant dans les bassins, et comme la charge soluble d'une rivière ordinaire consiste surtout en carbonates, avec des sulfates en second lieu et des chlorures en troisième, on peut s'attendre que les dépôts aient aussi ce caractère. En réalité, toutefois, on constate que par suite de l'étendue restreinte des bassins hydrographiques dans les régions desséchées, jointe à l'absence de précipitation, il se produit de très grandes variations de composition, et le principal élément déterminant paraît être la composition des roches du bassin hydrographique. En conséquence, il est impossible de formuler une théorie générale quant à la composition. C'est ainsi que se sont formées, dans diverses parties de l'univers, les couches de sodium,

de chlorure, de sulfate de sodium, de carbonate de sodium, de sulfate de magnésium, de sulfate de potassium, de chlorure de magnésium, de nitrate de sodium et de borax. Au Canada, les principaux dépôts de ce genre se présentent dans les plaines de l'Ouest, dans la Saskatchewan et l'Alberta orientale, où des dépôts de sulfate de sodium et de magnésium occupent des étangs et des lacs peu profonds. Sur le plateau intérieur de la Colombie britannique, il y a trois localités où se retrouvent des dépôts analogues et un certain nombre d'autres dans lesquels le dépôt principal se compose de carbonate et d'un peu de sulfate de sodium. Ces substances sont en grande partie employées dans les industries du papier, du verre, du tannage, de la teinture et autres.

L'évaporation engendre aussi la formation des croûtes alcalines qui rendent de grandes étendues, dans la partie méridionale des Grandes Plaines, impropres à la culture. L'eau souterraine gagne la surface et dépose en s'évaporant, les sels qu'elle tient en solution. Dans les districts où la précipitation s'opère normalement, ces sels sont entraînés par les cours d'eau et charriés à la mer.

FORMATION DES FILONS

Il a déjà été dit que les eaux de ruissellement déposaient une partie de leur charge dans des fissures ou autres cavités souterraines. Les causes sont ordinairement d'ordre chimique. Une solution qui est acide à la surface, en raison de sa teneur en acides carbonique, sulfurique ou humique, devient neutre ou basique à une plus grande profondeur en réagissant sur les éléments de la roche, et certaines substances solubles en milieu acide sont parfois moins solubles en solution neutre ou basique, et peuvent même précipiter. Les carbonates entrent en solution sous forme de bicarbonates et si l'excédent d'acide carbonique servant à former le bicarbonate disparaît par une réaction intermédiaire avec un élément de la roche, le carbonate précipite. Des solutions provenant de diverses sources et, de ce fait, de composition différente, se rencontrent et se mêlent en précipitant certains constituants, mais il se produit parfois plusieurs autres réactions qu'il serait trop long d'examiner ici. Comme l'action dissolvante des eaux est sélective en principe, car seuls certains constituants sont dissous, et que la précipitation est également sélective, ne rejetant que certaines substances en solution, il est évident que la concentration de certaines substances peut résulter de ces phénomènes. Il est aussi évident que le dépôt marche de pair avec la solution, parce que la précipitation de certains des éléments dissous résulte d'autres constituants attaquant et dissolvant la roche. Ce fait n'implique pas, toutefois, que le volume de la matière précipitée doive être égal à celui qui était en solution; par contre, la quantité précipitée peut être plus grande que celle qui est dissoute, augmentant ainsi le volume ou réduisant l'espace interstitiel; ou bien elle peut être moindre, créant ainsi des cavités.

Quand les cavités remplies de cette façon sont les interstices entre les grains de la roche, ce phénomène s'appelle la cimentation. Les graviers, les sables et les boues non-consolidés sont cimentés de cette manière en couches de conglomérat, de grès et de schiste compacts. Les matières agglomérantes sont, pour la plupart, le carbonate de calcium et la silice, mais,

par places, des sels de fer peuvent être précipités, en formant des sédiments ferrugineux faciles à reconnaître par leur couleur rouge. A quelques endroits à la surface du globe les minéraux agglomérants sont des composés de cuivre ou de plomb qui constituent les minerais pauvres de ces métaux.

Les fissures sont d'ordinaire vite remplies par les dépôts provenant des eaux superficielles en formant des filons. La majorité de ces filons se composent de quartz et de quartzite, les substances qui se trouvent en plus grande quantité dans la solution. Les matières précipitées adhèrent naturellement aux éponges de sorte que la fissure se remplit à partir des bords vers la centre. Comme l'apport n'est jamais considérable pour une même masse d'eau, le remplissage s'opère petit à petit et pendant ce temps la composition des solutions subit parfois certaine modification. En conséquence, la composition de la matière déposée change aussi, et le filon, en coupe transversale, présente une structure en couches ou rubanée connue sous le nom de phénomène d'incrustation. La partie centrale des filons ainsi formés renferme des cavités appelées druses. Les substances d'une valeur économique formant les filons et prenant naissance de cette façon sont la barytine, la célestine et la strontianite, certains dépôts de magnésite et certains minerais de zinc plombifère.

La barytine, ou sulfate de baryum, se présente principalement sous forme de filons ou d'autres remplissages dans les roches sédimentaires, surtout dans les calcaires. La withérite, carbonate de baryum, y est associée par endroits. Les gisements de célestine et de strontianite, un sulfate et un carbonate de strontium respectivement, sont analogues et dans de nombreux filons la barytine et la strontianite cohabitent. La barytine est considérablement utilisée dans la fabrication des peintures, du papier et des pièces pyrotechniques et pour des fins chimiques. Les sels de strontium sont utilisés dans le raffinage du sucre et dans les pièces d'artifice. Au Canada, la plus grande partie de la barytine produite provient du district du lac Ainslie (Nouvelle-Ecosse), mais plusieurs autres provinces renferment des gisements qui pourraient être utilisés. De la célestine existe dans plusieurs localités de l'Ontario, mais son extraction n'est pas régulière.

La magnésite, ou carbonate de magnésium forme parfois des veinules dans la serpentine, mais ces dépôts ont rarement une valeur économique. La majeure partie de la production de magnésite provient de massifs dans lesquels la dolomie ou la serpentine ont été remplacées par la magnésite. Les dépôts du canton de Grenville (Québec), sont des gîtes de remplacement de dolomie ou de calcaire dolomitique. La magnésite est employée dans la production du gaz carbonique, qui se dégage à 800° C., et le produit calciné est en grand usage pour le revêtement basique des fours, dans les industries du papier et du sucre, et pour d'autres fins.

Certains minerais de plomb et de zinc semblent avoir été formés par les eaux météoriques. Ces minerais remplissent d'une façon caractéristique des fissures dans les calcaires, les dolomies, ou les schistes calcaires. Les minéraux dans ces gisements se composent de galène avec plus ou moins de sphalérite et ordinairement un peu de pyrite ou de muscovite. La galène contient assez rarement un peu d'argent. La gangue se compose de calcite ou de dolomie avec un peu de quartz et, par endroits, un peu de barytine.

Le principal gîte de ce type au Canada se trouve près de Galetta (Ontario), et produit de 1,500,000 à 3,500,000 livres de plomb annuellement. La mine Frontenac, près de Kingston et la mine Wright, sur la rive est du lac Timiskaming, sont du même type, mais elles ne produisent pas.

ENRICHISSEMENT SECONDAIRE

Là où les eaux superficielles ont agi sur un gîte déjà constitué, les divers agents d'oxydation, d'hydratation et de solution s'unissent généralement et en modifient profondément la composition dans la zone de mouvement des eaux d'infiltration. La profondeur de la zone ainsi affectée varie parfois de quelques pieds à plusieurs cents pieds et, comme l'action de ces différents agents résulte le plus souvent en une concentration des minerais utiles dans certaines parties de la zone supérieure, on l'appelle enrichissement secondaire.

Les gîtes minéraux, sous ce rapport, peuvent se diviser à peu près en deux catégories: ceux qui contiennent de la pyrite ou de la marcasite et ceux qui en renferment peu ou point. Dans la dernière catégorie les changements produits par l'intempérisme sont simples et analogues à ceux qui se sont produits dans les roches. La sidérite et les autres composés de fer se changent en limonites, les sulfures de la nature de la galène et la sphalérite s'altèrent très lentement en sulfates et carbonates, la calcite est dissoute assez rapidement, le quartz plus lentement et les minéraux de la roche se transforment en kaolin. L'ensemble du phénomène s'opère lentement, et dans des conditions favorables peut avoir pour résultat la formation d'un mince chapeau de quartz, de kaolin et d'oxyde de fer résiduels, avec un certain enrichissement de la matière filonienne sous-jacente par les sels métalliques entraînés dans la solution et précipités de nouveau. D'un autre côté, là où la pyrite ou la marcasite est présente, son oxydation produit de l'acide sulfurique, un solvant puissant, qui attaque la plupart des minéraux et les convertit en sulfates, dont la majeure partie sont facilement solubles. La pyrite elle-même est en partie transformée en sulfate ferrique, qui est aussi un puissant dissolvant de plusieurs minéraux métalliques. Ainsi l'altération et le lessivage de la partie supérieure du gîte de minerai se poursuivent beaucoup plus rapidement et se réalisent beaucoup plus complètement que dans les dépôts où la pyrite fait défaut.

Là où ce processus s'exerce pendant une longue période, il se produit une masse assez confusément stratifiée. Le sommet est un amas cellulaire de silice renfermant une assez grande quantité de limonite, connue sous le nom de "chapeau de fer". Si des minéraux insolubles dans l'acide sulfurique, tels que l'or, la cassitérite ou le wolfram, se trouvent dans le gîte primaire, ils se concentrent dans le chapeau de fer par l'enlèvement des autres constituants, de sorte qu'il peut se produire un minerai riche, mais il est autrement stérile. En dessous du chapeau de fer il existe une zone de minerais oxydés, s'étendant en profondeur jusque là où les eaux chargées d'oxygène sont encore en mouvement, ce qui est ordinairement le niveau moyen de l'eau d'infiltration. Dans cette zone les sulfures primitifs sont en partie ou complètement changés en oxydes et hydroxydes, carbonates, sulfates et chlorures. En dessous de la zone de minerais oxydés et

du niveau de l'eau d'infiltration, se trouve la zone de sulfures secondaires où l'eau superficielle coulant vers le bas, étant devenue neutre ou basique par la réaction avec les minéraux de la roche, précipite sa charge de métaux sous forme de sulfures par le remplacement des sulfures primitifs. Cette zone est souvent la plus riche du gîte. Finalement, la zone de sulfures secondaires passe graduellement dans la zone plus pauvre de sulfures primaires qui constituaient le dépôt à l'origine.

La lenteur du processus d'enrichissement secondaire se révèle par la faible étendue de l'oxydation post-glaciaire. Les dépôts de pyrite du Bouclier canadien profondément érodé par les glaces, dont les parties supérieures furent probablement aplanies, sont maintenant oxydés à tout au plus un ou deux pieds de profondeur, bien que le temps écoulé depuis l'érosion glaciaire soit estimé à de 10,000 à 50,000 ans, et que la pyrite, comme il a déjà été dit, s'oxyde plus rapidement que les autres minéraux filoniens ordinaires.

Dans les districts qui n'ont pas été trop rabotés par les glaces, l'enrichissement secondaire a créé de très riches massifs, mais dont les minerais de plusieurs sont trop pauvres pour être exploités. Au Canada, où l'érosion glaciaire a été très intense, presque partout la glace a enlevé les parties supérieures des roches et des gîtes de minerai, de sorte que le nombre d'exemples d'enrichissement secondaire est très restreint. Les quelques-uns que l'on connait sont situés dans les districts montagneux de la Colombie britannique, dans les localités qui ont échappé à une érosion intense. L'exploitation de dépôts d'enrichissement secondaire a, toutefois, répandu l'idée qu'on est certain de rencontrer des minerais plus riches en profondeur. Même au Canada les prospecteurs partagent cette opinion. Il est évident, toutefois, que les minerais ne sont pas plus riches en profondeur, sauf dans des cas exceptionnels, à moins qu'il ne se soit produit un enrichissement secondaire, ce qui est presque inconnu au Canada. Cependant des millions de dollars ont été dépensés dans le passé à creuser des gîtes pauvres dans l'espoir de rencontrer en profondeur des minerais plus riches. Heureusement qu'une meilleure connaissance des faits a aujourd'hui mis fin à ce gaspillage.

GÎTES D'ORIGINE ORGANIQUE

Certaines couches et gîtes tirent directement leur origine de la vie animale et végétale à la surface du globe. On a déjà traité des calcaires et des terres à diatomées. Les plus importants parmi les autres sont les gîtes de houille, de pétrole et de phosphate. Certains dépôts de fer et quelques-uns de plomb et de zinc doivent aussi en partie leur origine à des organismes vivants.

La houille se compose de matière végétale qui s'est conservée en profondeur et qui a plus ou moins perdu ses constituants gazeux par compression. D'ordinaire la matière végétale morte pourrit et est détruite, mais il n'en est pas ainsi quand elle est recouverte d'eau, comme le démontre l'étude des tourbières. Les conditions de formation d'une couche de houille sont donc: (1) la préservation de la végétation dans les marais ou lacs;

(2) la croissance dans un pays de faible relief, de façon que très peu de sable ou d'argile sont mélangés à la végétation morte; (3) l'enfouissement par des sédiments déposés par l'eau avant que l'érosion puisse enlever la matière accumulée.

W.-H. Emmons a calculé, d'après les taux connus de l'accumulation de la tourbe, qu'il faudrait environ 400 ans à une matière végétale pour former une couche de houille d'un pied d'épaisseur.

L'origine des dépôts de pétrole est encore assez peu connue. On croit généralement que le pétrole provient d'amas d'organismes marins, tant minéraux que végétaux, enfouis pendant l'accumulation des sédiments marins ordinaires. Des matières pétrolifères furent probablement propagées par ces débris après la mort des organismes et furent retenues dans les pores et autres cavités pour former, au moment de l'accumulation de la roche, les schistes bitumineux et les calcaires pétrolifères si nombreux dans les étendues surmontant les roches sédimentaires. Là où la déformation de ces gîtes s'est plus tard produite, une partie du pétrole fut exprimée, probablement distillée en partie par la chaleur engendrée au cours de la déformation, probablement fractionnée par le simple passage à travers les pores des sédiments pour s'accumuler finalement dans les strates poreuses sous-jacentes à certaines couches imperméables et former une "mare" de pétrole.

Le pétrole fut découvert en Amérique en 1859, et depuis cette époque presque tout l'approvisionnement fut tiré des bassins pétrolifères. L'usage toujours croissant du pétrole et de ses produits de distillation, dont l'essence est le principal, ainsi que l'épuisement anticipé des réserves de pétrole dans deux ou trois autres décades, a conduit à la recherche d'autres sources de pétrole. Ces sources, ce sont les schistes bitumineux, dont il existe de vastes dépôts renfermant suffisamment d'huile pour permettre une distillation profitable dès à présent en certains endroits. Ils produisent de 15 à 50 gallons de pétrole par tonne et contiennent des quantités variables de sulfate d'ammonium, un sous-produit utile.

Là où les pétroles ont été soumis à l'évaporation et à l'oxydation, à la surface de la terre ou à une faible profondeur, les éléments volatils ont disparu et il en est résulté un lourd résidu goudronneux. Les variétés solides sont connues sous le nom d'asphalte, et servent au pavage, à la fabrication du papier-lambris, des matériaux à toiture, etc.

Tous les animaux terrestres absorbent l'acide phosphorique dont une partie passe dans leurs os et l'autre est excrétée. Les animaux marins renferment aussi beaucoup de phosphate dans leurs coquilles. Les dépôts de phosphates peuvent donc se former, dans des conditions favorables, tant sur terre que dans la mer.

Les dépôts formés sur terre comprennent: (a) quelques accumulations extraordinaires d'os dans certaines formations connues sous le nom de lits à ossements; (b) les dépôts de guano formés par les oiseaux de mer se rassemblant en très grand nombre sur les côtes des déserts et dans les îles océaniques. Par endroits le guano atteint jusqu'à 100 pieds d'épaisseur. Sa composition moyenne est 10.9 pour cent d'azote, 27.6 pour cent de phosphate et 2 ou 3 pour cent de potasse.

La plupart des sédiments marins contiennent plus ou moins de phosphate par suite du mélange de coquilles phosphatées qu'ils renferment, mais les couches hautement phosphatiques trouvées dans certains districts, comme dans l'Utah et l'Idaho, se seraient formées dans des eaux de moyenne profondeur dans des endroits où des courants opposés ont produits de nombreux et soudains changements de température, tuant ainsi des quantités extraordinaires d'organisme. Dans le Tennessee, la Caroline du Nord et du Sud, et la Floride, il existe de vastes dépôts de calcaire phosphaté. Dans le Tennessee quelques-uns de ces dépôts sont assez riches en phosphate, et peuvent être exploités directement; mais dans presque toute cette région les phosphates exploités sont des dépôts résiduels, desquels le calcaire a été entraîné en solution par les eaux d'infiltration, laissant les phosphates moins solubles concentrés en une strate meuble, poreuse et caillouteuse à une faible profondeur.

On a dernièrement déterminé que les eaux d'infiltration à des profondeurs considérables dans les régions dont le sous-sol est formé de roches pétrolifères, renferment en bien des endroits certaines bactéries en grand nombre, pouvant vivre sans oxygène. Ces bactéries semblent se nourrir d'huile, et un résultat de leurs fonctions vitales est la production de grandes quantités de sulfure d'hydrogène. Le sulfure d'hydrogène précipite facilement les métaux lourds, le plomb, le zinc, le fer, et autres, à partir de leurs solutions, et il est évident que si des solutions contenant ces métaux circulent dans des régions de roches pétrolifères, il se forme des dépôts de sulfures. A la suite de ces découvertes récentes l'attention a été attirée sur le fait que les dépôts de plomb et de zinc de la vallée du Mississippi sont situés près des régions pétrolifères, de sorte qu'il est très possible que ces dépôts doivent leur existence aux réactions décrites plus haut.

GÎTES D'ORIGINE JUVÉNILE

On a démontré que les roches ignées contiennent des éléments métalliques en petite quantité. Ces roches sont appelées ignées parce qu'on sait qu'elles ont passé de leur état de fusion primitif à leur état actuel. Il est généralement admis aujourd'hui qu'au cours de la solidification, dans des conditions favorables, les divers constituants de la roche en fusion, ou magma, tendent à se séparer, de sorte que la composition de la masse, alors qu'elle est finalement durcie en roche, varie considérablement en différents endroits. C'est la différenciation, et ce processus tend à s'exercer dans tous les magmas qui se refroidissent et se solidifient lentement. Le refroidissement lent est la condition essentielle, puisque par refroidissement rapide le magma igné devient visqueux, au point d'empêcher tout mouvement de la matière à l'intérieur. Il ne se produit donc que très peu de différenciation dans les roches ignées qui se sont refroidies rapidement, telles que les épanchements de lave, parce qu'ils furent rejetés à la surface, et les dykes ou autres petits amas intrusifs au contact des roches froides dans lesquelles ils ont pénétré. Les conditions essentielles au refroidissement sont, par conséquent, un gros volume et un enfouissement profond; un gros volume, de

façon que la quantité de chaleur perdue immédiatement en rechauffant les épontes froides soit petite en comparaison de la quantité totale de chaleur engendrée dans la masse; et le profond enfouissement, parce qu'en dessous d'une épaisse couverture de roche la chaleur de la masse ne peut s'échapper que très lentement.

Diverses théories ont été émises touchant la façon dont la différenciation s'est produite. L'une des plus plausibles est la théorie de la différenciation par cristallisation. Un simple exemple du processus nous est fourni par la solidification ou la congélation d'un seau d'eau dans lequel on a fait dissoudre une ou deux poignées de sel ordinaire. Un échantillon de cette solution se composerait, à l'analyse, d'eau, de sel et d'une certaine quantité d'air en solution; et ces éléments constitutifs seraient si intimement mélangés qu'un échantillon prélevé d'une partie quelconque du seau aurait exactement la même composition qu'un autre pris dans une autre partie. La congélation produit des changements remarquables. La première chose qui se sépare de la solution est la glace pure, qui se tient sur les bords où s'élève à la surface du seau; et à mesure que la séparation de la glace se poursuit on voit qu'elle renferme des bulles d'air. Ces bulles se composent de l'air qui était en solution dans l'eau, car l'air n'étant pas soluble dans la glace, la séparation de la glace de la solution force l'air en dehors de la solution à l'état gazeux. Finalement le seau de solution saline est converti en un amas de glace pure contenant des bulles d'air, et au centre il y a une petite quantité de solution saturée de sel encore liquide. Quand la température est assez basse pour congeler cette solution, il se forme un mélange intime de cristaux et de glace, composé de 23.6 pour cent en poids de sel et de 76.4 pour cent de glace.

Ainsi le mélange uniforme d'eau, d'air et de sel se sépare par congélation en trois phases de composition entièrement différente. L'une d'elles se compose d'eau presque pure à l'état solide, seulement contaminée par un peu de solution saline enfermée dans les espaces entre les cristaux de glace. La deuxième est un mélange de glace et de sel; et la troisième une phase gazeuse. La glace pure est isolée aux bords et au sommet du seau, le mélange de sel et de glace au centre, tandis que les gaz forment des bulles, çà et là, et, si la glace était soumise à la pression, comme les magmas à l'intérieur de la terre, ils seraient entièrement chassés de la masse.

La solidification, ou congélation, d'un magma est supposée suivre exactement le même cours général, bien que les procédés et les résultats soient plus complexes parce que le magma renferme un grand nombre de constituants au lieu de deux ou trois. En général, certains minéraux commencent à cristalliser pendant que le reste du magma est encore liquide, comme la glace dans l'exemple précité. Si ces minéraux sont plus lourds que le liquide duquel ils se séparent, comme c'est le cas pour la magnétite, la chromite, l'augite, la hornblende et les minéraux basiques en général, ils tendent à s'enfoncer. Ainsi les parties inférieures du magma deviennent graduellement plus riches en minéraux basiques, qui sont en grande partie les silicates de chaux lourds, la magnésie et le fer; tandis que les parties supérieures, à la suite de l'enlèvement de ces minéraux, deviennent progressivement plus riches en d'autres éléments, à savoir, la silice, la soude et la

potasse. Les minéraux qui cristallisent se séparent en amas d'une espèce minérale, en produisant de gros ou de petits agrégats de hornblende, d'augite, de magnétite, de chromite presque pures, etc.; et certains massifs de minerai furent formés de cette façon. Les concentrations de magnétite et d'ilménite dans les anorthosites du Canada, les dépôts de fer chromé des cantons de l'est du Québec, et probablement les minerais sulfurés de Sudbury furent ainsi formés.

Si un tel magma en voie de différenciation n'est pas troublé pendant sa solidification, la roche qui en résulte possède une sorte de stratification. Les parties de la base sont très basiques, composées surtout de minéraux de chaux, de fer et de magnésium, les pyroxènes, les amphiboles et la magnétite, et la roche devient peu à peu plus siliceuse vers le haut, en passant dans un granite très siliceux au sommet. Si, toutefois, un amas de magma en voie de différenciation est soumis de temps en temps à la pression, de façon que des parties soient poussées de force dans la croûte sus-jacente, il en résulte une série de dykes de compositions connexes. Le premier dyke sera le plus basique, vu qu'il fut chassé alors que la différenciation était moins avancée; et les dykes plus récents deviendront peu à peu plus siliceux. Un excellent exemple nous est fourni par le complexe de porphyre intrusif qui forme un gros amas au centre du canton de Beauchastel, au sud-est du lac Abitibi (Québec).¹

Les roches ignées massives ne correspondent pas entièrement, quant à la composition, aux magmas liquides d'où elles ont émané. Les magmas liquides contiennent certains éléments volatils qui disparaissent en grande partie pendant la consolidation. Parmi ceux-ci, l'eau constitue sans doute la plus grande quantité, et le chlore, le fluor, l'hydrogène, le soufre et le gaz carbonique les autres. La preuve de ceci repose sur deux témoignages: l'un, l'étude expérimentale directe des éruptions volcaniques, où aujourd'hui des magmas liquides sont rejetés à la surface; l'autre, l'étude du processus de cristallisation dans les roches ignées intrusives. On sait très bien que le quartz et les feldspaths alcalins, l'orthose et l'albite, ne fondent qu'à de très hautes températures; cependant, les conditions géologiques démontrent qu'ordinairement ce sont les derniers minéraux à cristalliser d'un magma, et qu'ils ont cristallisé à des températures relativement basses. L'expérience a démontré que cette manière d'être contradictoire peut s'expliquer par la présence dans le magma d'eau et autres constituants volatils, qui, comme ce fut le cas, peuvent retenir le quartz et le feldspath en solution à des températures bien inférieures à leur point de fusion à l'état sec.

A mesure, par conséquent, que le magma cristallise, les couches supérieures deviennent de plus en plus siliceuses, et renferment aussi la majeure partie des éléments volatils. Comme ces éléments, tels que le chlore, le fluor, le soufre, etc., s'unissent facilement aux métaux, tous les métaux qui restent après la première cristallisation et le premier enfoncement se concentrent probablement dans ces parties supérieures acides. A mesure que la cristallisation avance, les résidus liquides deviennent de plus en plus aqueux. Le refroidissement d'un gros amas igné s'accompagne toujours de contraction, ce qui a pour résultat la formation de fissures tant dans l'amas

¹ Gunning (H.-C.): "Porphyre à syénite du canton de Boischatel (Beauchastel)", *Com. géol., Can., Bull.* 46 (1927).

même que dans les roches environnantes, et ces fissures se remplissent naturellement de résidus aqueux. Quand le refroidissement se poursuit, la matière aqueuse dépose sa charge de substances dissoutes en formant des filons. Les premières matières à se déposer sont naturellement les plus insolubles, le mélange de quartz et de feldspath qu'on appelle pegmatite; quand la solution est devenue tellement froide que le feldspath a disparu, le quartz est la principale substance précipitée; avec le refroidissement subséquent et l'élimination de la silice, les filons de quartz peuvent passer dans la calcite quartzifère et finalement dans les filons de calcite.

J.-E. Spurr fut un des premiers à constater le fait, sur lequel il appuie fortement, que plusieurs filons de quartz sont les derniers produits de la différenciation d'un magma igné et la description suivante¹ qu'il fit des rapports géologiques dans le district de Fortymile-Creek (Alaska), illustre bien le genre de preuve sur lequel on s'est basé pour tirer les conclusions émises plus haut:

"Le granite hornblendique basique, qui forme les plus gros amas de roche, renferme des quantités subordonnées de biotite. Par une transition très graduelle la hornblende diminue à mesure que la biotite augmente, de sorte que la roche devient un granite à biotite; de plus, dans mains dykes la quantité de biotite devient de moins en moins abondante, donnant lieu à un granite extrêmement siliceux dans lequel la biotite est un élément constitutif peu important comparé au quartz et au feldspath. Avec une diminution subséquente de biotite, les granites se transforment en roches feldspathiques essentiellement quartzifères et alcalines—des alaskites. Dans la série alaskite, le changement se poursuit par une augmentation relative de la proportion de quartz et une diminution du feldspath. Une phase remarquable étudiée est une roche filonienne porphyrique dont la gangue se compose presque entièrement de quartz en petits grains entremêlés donnant, dans un spécimen de manipulation et sous le microscope, l'apparence exacte du quartzite. Cependant, cette roche renferme des cristaux porphyroïdes de feldspath disséminés mais régulièrement distribués. Elle est ainsi non seulement alliée par les liens les plus intimes aux alaskites semblables, légèrement moins siliceuses du même district, mais elle n'est empêchée d'être un filon de quartz type que par ses cristaux porphyroïdes disséminés. De plus, le quartz en surabondance dans ces dykes très siliceux tend à se séparer en paquets, qui peuvent devenir considérables et avoir toutes les caractéristiques d'un quartz filonien ordinaire. Avec la croissance progressive de la silification, le quartz commence à occuper tout d'abord une partie importante du dyke, puis finalement la plus grande partie. Le feldspath est restreint à certains endroits, se présentant parfois irrégulièrement ou s'accumulant près des épontes, pendant que le quartz repose au centre. Enfin, par la disparition du feldspath, le dyke devient un filon de quartz ordinaire.

Dans un même dyke la transition d'une alaskite grossière à un filon de quartz type peut être observée dans toutes ses phases. Ces filons renferment de la pyrite, de la galène argentifère et de l'or libre."

Depuis que Spurr a décrit ces faits, plusieurs autres géologues ont confirmé ses observations et les ont propagées. Ainsi, l'auteur du présent travail a décrit la transformation d'un porphyre à syénite en filons de quartz à Matachewan (Ontario);² le changement de composition filonienne du quartz et de l'albite dans un granite qui permit au filon de se transformer en quartz à l'extérieur du granite, et finalement en carbonate de fer à une distance de 2 à 3 milles du granite;³ et le changement dans un filon d'une

¹ Spurr (J.-E.): *Trans. Am. Inst. Min. Eng.* XXXIII p. 310, 1902.

² Cooke, (C.-C.): *Com. géol., Canada, Mém.* 115, pp. 43-56 (1919).

³ Cooke, (H.-C.): *Com. géol., Canada, Rap. som., partie C*, 1921, pp. 29-30.

composition magnétite-albite-quartz, tout près de la roche intrusive d'où elle tira son origine, par le quartz au quartz, à la calcite et la chalcopryrite avec subordonné de quartz.¹

Là où les constituants volatils du magma ne rencontrent pas de fissures convenables par où s'échapper, ou bien quand la roche encaissante est un calcaire ou quelque autre matière facilement remplaçable, la substitution de la roche encaissante peut se produire, en formant ce qu'on appelle des gîtes de métamorphisme de contact. Des gîtes de substitution se forment aussi en plusieurs endroits où les filons recoupent des roches facilement remplaçables, surtout dans les zones profondes où les solutions chargées d'éléments minéralisateurs sont encore assez chaudes et concentrées.

Dans les gîtes provenant des épanchements aqueux de magmas éruptifs, il y a toujours concordance entre la formation des minéraux et les températures et les profondeurs auxquelles ils ont cristallisé. Bien qu'il ne convienne pas, dans cette esquisse, d'entrer en détail dans le sujet, on peut mentionner que les gîtes, formés à des températures très élevées, tels que ceux par métamorphisme de contact et les filons plus profonds, sont caractérisés par des minéraux comme l'albite, la hornblende, la tourmaline, l'axinite, la sphalérite, l'arsénopyrite, la chalcopryrite, la cassitérite et l'or libre. Les températures auxquelles ces dépôts furent formés varient probablement de 300° à 500° C., sauf dans les dépôts de métamorphisme de contact, où des températures plus élevées dominaient probablement. Des solutions plus froides, à des températures variant entre 175° et 300° C., déposèrent le quartz, le carbonate, la fluorine, la pyrite, la chalcopryrite, l'arsénopyrite, la galène, la sphalérite, la tétrahédrite, la pyrargérite et l'or libre, etc., tandis que les minéraux tels que la magnétite ou ilménite, la spécularite, la tourmaline, le grenat, la hornblende et le feldspath sont absents. Les filons de ce genre produisent une grande partie de la production mondiale d'or, d'argent, de cuivre et de zinc. Les dépôts d'argent de Cobalt (Ontario), en sont un exemple. Enfin, les filons formés par des solutions à des températures encore plus basses, environ 50° à 175° C., varient en teneur minérale de celle des dépôts formés à la surface par les sources thermales à celle de la catégorie précédente. A la surface, les sources thermales forment l'opale, la calcédoine, le quartz, la calcite, la barytine et la fluorine, et ces minéraux apparaissent aussi dans tous les filons formés à basse température en même temps que l'adulaire, l'argent rubis, la tétrahédrite, l'argentite, la stibine, la galène, la blende de zinc, l'or libre, les tellurures aurifères et le cinabre. La pyrite et l'arsénopyrite ne se trouvent qu'en petite quantité, ainsi que les composés du cobalt, du nickel et du molybdène. Ces gîtes sont exploités surtout pour l'or, l'argent et le mercure.

Bien que la plupart des métaux et des minéraux soient considérablement distribués et se présentent dans plusieurs différentes sortes de roches, quelques-uns sont assez limités dans leurs associations. Ainsi l'amiante en quantité industrielle est restreint en grande partie aux serpentines; le fer chromé se rencontre sous forme de produit de différenciation des roches très basiques, telles que la péridotite. On trouve souvent des amas de

¹ Cooke, (H.-C.) Com. géol., Canada, Rap. som., partie C, 1923, pp. 10-17.

pyrite et de pyrrhotine, en bien des endroits renfermant des teneurs en cuivre, nickel ou platine, près des bords des amas de gabbro ou de norite. Le cuivre natif est un élément constitutif de certaines laves basiques. La molybdénite, la cassitérite et plusieurs minéraux rares tirent leur origine des dykes de pegmatite, tandis que d'autres, tels que le mica et le feldspath, ne forment des cristaux assez gros pour l'extraction que dans les dykes de pegmatite. Une connaissance de ces rapports géologiques peut en temps voulu être d'une grande utilité pour le prospecteur, en lui donnant une certaine notion de ce qu'il peut rechercher quand il est en présence de types de roches tels que l'on vient de mentionner.

RAPPORTS ENTRE LES GÎTES MINÉRALISÉS ET LES MONTAGNES

C'est un fait généralement admis que les gîtes minéraux, surtout ceux d'origine juvénile, se présentent presque entièrement dans les districts montagneux, où, comme dans le Bouclier canadien, dans des régions qui furent montagneuses à une certaine époque de l'histoire du globe terrestre. La raison en est que dans ces districts seulement se produisent les grandes intrusions batholithiques, dont le refroidissement donna naissance aux gîtes minéraux; de plus, l'érosion, beaucoup plus active aux grandes altitudes et sur les pentes à pic des montagnes qu'ailleurs, dépouille la couverture rocheuse et met à jour les massifs de minerai. Bien que l'observation indique ainsi, toutefois, un rapport entre l'intrusion éruptive et l'orogénèse, les causes déterminantes de cette relation ne sont encore que matières à conjectures; il est aussi probable qu'il n'y a pas deux géologues qui s'accorderaient à dire quelle hypothèse est la plus plausible. Dans les pages suivantes quelques-unes des plus simples possibilités sont brièvement décrites. Il faudrait un volume complet pour étudier ce sujet à fond.

D'après des données obtenues dans les mines et les trous de sondes, c'est un fait bien connu que la température de la terre augmente vers le centre à un taux moyen d'environ 1° F., pour chaque 80 pieds de profondeur, un taux qui, s'il se continuait vers le centre augmenterait la température de l'intérieur de 66° F., ou tout près de 37° C., pour chaque mille de profondeur, et produirait au centre une température de plus de $140,000^{\circ}$ C. Il est fort peu probable, cependant, que ces températures existent à l'intérieur, vu que le taux du changement de température serait naturellement plus grand près de la surface; mais puisque des laves en fusion proviennent de l'intérieur à la surface, il est évident que les températures intérieures doivent être suffisamment élevées pour fondre la roche, v.g. environ $1,600^{\circ}$ C. La profondeur minimum à laquelle une telle température pourrait être atteinte, au taux de l'augmentation mentionné ci-dessus, est d'environ 44 milles, et vu que le taux diminue probablement vers le centre, la profondeur réelle est vraisemblablement de plus de 44 milles.

La fusion des roches est accompagnée d'une augmentation de volume, et il est, de fait, évident que toute chose s'opposant à cette augmentation tendrait également à empêcher la fusion, et peut-être à l'arrêter complètement. L'immense pression exercée par 45 milles ou plus de roche sus-

jacente s'oppose fortement à la croissance du volume, et avec tellement de succès que la fusion ne se produit réellement pas, mais l'écorce de la terre est aussi solide et rigide que l'acier. Ce fait est connu d'après un certain nombre de preuves, dont la principale est l'étude de la transmission des ondes séismiques par toute la terre. Si, toutefois, il devait se produire quelque chose pour diminuer la pression ou élever la température à un endroit à l'intérieur de l'écorce, la fusion locale pourrait se produire.

La surface du globe terrestre se divise en continents et en océans, la différence entre la hauteur moyenne des continents et la profondeur moyenne des océans étant d'environ 3 milles. Un mesurage fait avec soin de la gravité pendant une période de plusieurs années a démontré que ces différences de niveau, ainsi que d'autres écarts de niveau à la surface de la terre, sont très exactement proportionnelles aux densités moyennes des roches sous-jacentes. En d'autres termes, les divers continents et océans se comportent comme des blocs de différentes sortes de bois flottant sur un liquide, les plus légers flottant plus haut et les plus lourds plus bas. L'érosion est, toutefois, constamment à l'œuvre, découpant la surface des continents et charriant dans l'océan la matière ainsi arrachée, de sorte qu'un certain poids est enlevé des blocs continentaux et ajouté aux blocs océaniques. L'histoire géologique démontre que le résultat correspond exactement à ce qui arriverait dans le cas des blocs de bois; les blocs légers desquels la matière est enlevée s'élèvent un peu dans le liquide, tandis que les blocs auxquels la matière est ajoutée s'enfoncent. En outre de cette action, la terre fait lentement rayonner la chaleur dans l'espace et par ce fait diminue quelque peu de dimension, de sorte que chaque série de blocs tend à se rapprocher légèrement plus près du centre de la terre. Les blocs continentaux et océaniques, contrairement aux blocs de bois, ne flottent pas librement, mais sont serrés plus étroitement ensemble; puis, comme ils ne font pas partie d'un corps à surface plane, mais sont des segments d'une sphère, tout mouvement vers le centre doit avoir pour résultat le développement d'une grande pression latérale qui ne peut être tempérée que par le plissement des bords d'un ou deux blocs adjacents. Ces bords plissotés ou plissés et élevés constituent les chaînes de montagnes.

Une chaîne de montagnes formée de cette façon ou de toute autre façon peut affecter la sous-croûte d'au moins deux manières. La pression venant des côtés peut tendre à élever et à supporter la partie plissotée de la croûte, allégeant ainsi la pression vers le centre sur les roches chauffées en dessous, qui, comme on l'a démontré, les empêchait de fondre. En même temps la friction des mouvements de glissement et d'écrasement produit d'immenses quantités de chaleur nouvelle, qui faciliterait également la fusion. Après la fusion, les pressions latérales feraient remonter la roche fluide sur une certaine distance dans la partie plissotée de la croûte, jusqu'à ce que la pesanteur de la colonne de liquide et de la roche sus-jacente soit égale à la pression latérale. Une fois dans cette position deux facteurs contribueraient à son élévation subséquente. L'érosion à la surface, particulièrement rapide dans les districts montagneux, allégerait la charge sus-jacente et par là permettrait au magma de s'élever, en emportant probablement le toit avec lui; et la cristallisation commençante augmenterait la

proportion des matières volatiles dans les parties encore fluides du magma, augmentant par là d'une façon correspondante la pression qu'il exerçait sur les parois environnantes.

En traitant ce sujet captivant, il est malheureusement nécessaire d'omettre toute discussion des faits d'où émanent les conclusions brièvement mentionnées plus haut afin de rester dans les cadres assignés. Pour un compte rendu plus détaillé du sujet, le lecteur intéressé doit se référer aux divers ouvrages publiés. Tout ce que l'auteur espérait faire ici est d'indiquer certaines des causes possibles du rapport intime entre l'orogénèse, l'intrusion batholithique et la formation des gîtes minéraux d'origine juvénile.

GLACIATION

(*W.-A. Johnston*)

Le dernier grand événement dans l'histoire géologique du Canada est, peut-être, le plus remarquable de tous, et il a influé profondément sur les habitants actuels du Canada, y compris le prospecteur. La partie méridionale de ce continent et plusieurs autres parties de l'univers, ont, pendant une longue période, été exposées à la pluie, à la gelée et à d'autres agents naturels de destruction. Sous leur influence les roches ont carié à plusieurs centaines de pieds de profondeur et, naturellement, les gîtes minéraux ont été affectés de la même façon. Tout le Canada, sauf le centre du Yukon et certaines étendues isolées élevées dans d'autres parties du Canada, était recouvert de nappes de glace pendant la période glaciaire (pléistocène). Ces nappes de glace, de milliers de pieds d'épaisseur et se dirigeant pour la plupart vers le sud, enlevèrent de grandes quantités des anciennes roches superficielles du centre et du nord du Canada, broyèrent cette matière fine, et la répandirent surtout dans le sud du Canada et le nord des Etats-Unis, masquant par de fortes épaisseurs de drift (sable, argile, etc.), les roches de fond dans ces parties du continent, et créant ainsi de grandes étendues de terres arables. Le nord du Canada, surtout le bouclier canadien, fut aplani jusqu'à la roche de fond fraîche et laissée presque dépourvue de couverture d'humus (drift).

On trouve des vestiges de nappes de glace sur les îles de Baffin et d'Ellesmere, dans l'archipel Arctique, et plusieurs centaines de glaciers de montagne et petites calottes glaciaires dans la région montagneuse de l'ouest du Canada ont continué d'exister depuis l'invasion glaciaire. Les glaciers n'existent plus ailleurs au Canada; les conditions climatologiques ont tellement changé depuis l'époque glaciaire que la neige ne s'accumule pas d'année en année pour former des glaciers. Le temps écoulé depuis la disparition des glaciers de la région des Grands lacs est estimé d'après le taux de coupe de la gorge de Niagara à 25,000 ou 30,000 ans. En somme on estime que l'époque glaciaire a duré au delà de 500,000 ans. Ce ne fut pas une période de froid continu, mais elle fut interrompue par une ou plusieurs périodes interglaciaires de climat relativement doux, pendant laquelle la glace disparut en grande partie ou entièrement.

Les nappes de glace s'accumulèrent dans trois centres principaux d'où elles se dirigèrent dans toutes les directions vers l'extérieur. Le principal centre se trouvait dans la partie nord-centrale de Québec à l'est de la baie d'Hudson, d'où la glace s'étendit vers le sud-ouest à travers la région des Grands lacs et vers le sud et le sud-est dans le sud-est de Québec et dans les Provinces maritimes. Cette nappe de glace du Labrador occupait la majeure partie du bassin de la baie d'Hudson, ainsi que la partie septentrionale de Québec et s'étendait au nord à travers le détroit d'Hudson et au nord-est jusqu'à la côte du Labrador, mais elle n'a pas recouvert le haut plateau et les montagnes du nord-est du Labrador. Les parties les plus élevées des monts Shickshock, en Gaspésie, et les étendues des hautes terres de l'Île du Cap-Breton semblent aussi avoir échappé à l'érosion glaciaire. La glace dans la partie inférieure du golfe Saint-Laurent avait au moins 2,500 pieds d'épaisseur, comme le démontrent les limites supérieures de l'action des glaces, et plus loin à l'ouest elle doit avoir été considérablement plus épaisse, car elle passa par-dessus des sommets de montagnes de plus de 5,000 pieds de hauteur, dans les Etats de la Nouvelle-Angleterre.

La nappe de glace du Keewatin s'accumula dans les plaines relativement basses à l'ouest de la baie d'Hudson. Elle s'étendit au sud dans la vallée du Mississippi et atteignit les contreforts des montagnes Rocheuses, mais en général elle ne rejoignit pas tout à fait les glaciers venant des montagnes. Elle s'étendit au delà de l'embouchure du fleuve Mackenzie et atteignit quelques-unes des îles arctiques. Les nappes de glace du Keewatin et du Labrador, à leur point culminant, se fusionnèrent en une immense nappe, dite Laurentide suivant la désignation de G.-M. Dawson, s'étendant des contreforts des montagnes Rocheuses jusqu'au littoral de l'Atlantique. Les centres ou endroits d'épaisseur maximum se déplacèrent vers le sud et le sud-ouest à mesure que les nappes s'agrandissaient; ce déplacement est peut-être responsable en partie du fait remarquable que la glace du Keewatin remonta les collines à travers les Grandes Plaines sur une distance d'au delà de 700 milles. Pendant le maximum de l'étape finale de la glaciation, il existait un centre glaciaire important dans le district de Patricia (Ontario) et dans les parties adjacentes du Manitoba. Il en existait probablement un autre au nord-est des Grands lacs. Le déplacement des centres glaciaires est révélé par la présence en maints endroits de deux ou plusieurs séries de stries glaciaires, de directions entièrement différentes, sur un même affleurement de roche, à des endroits où il n'y a aucun témoignage d'un retrait de la glace pendant l'époque de la formation des séries de stries. Un des résultats de ces déplacements des centres glaciaires fut que la glace, pendant une seule phase d'érosion, transporta des matériaux tantôt dans une direction, tantôt dans une autre. Des centres glaciaires locaux se produisirent probablement à certaines époques pendant le pléistocène dans les parties élevées du sud-est de Québec, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Ecosse, et il peut avoir existé quelques glaciers de montagne ou de vallée dans ces régions avant que les principales nappes de glace en viennent à exister et après qu'elles eurent fondu. Les effets de l'érosion de la nappe glaciaire continentale ne furent pas aussi prononcés dans les Provinces maritimes que dans d'autres parties du Canada, apparemment parce

que l'épaisseur de la glace diminua vers le littoral de l'Atlantique; la glace fut entretenue par la neige apportée par les tempêtes venant du sud et de l'ouest, et à mesure que la glace s'étendait des centres du Labrador et du Keewatin elle interceptait sur sa bordure les vents chargés d'humidité; de là son développement en grande partie vers le sud et l'ouest.

On sait que l'épaisseur de la nappe de glace du Keewatin dans la partie sud-ouest de la Saskatchewan, d'après la limite supérieure de l'érosion dans les collines Cypress, était d'environ 2,000 pieds dans les plaines environnantes. Les parties plus élevées des collines Birch, dans l'Alberta septentrionale, ne furent pas non plus recouvertes de glace. La glace était considérablement plus épaisse vers le nord-est, car elle doit avoir eu une pente de quelques pieds par mille vers le sud-ouest, autrement elle n'aurait pas pu se mettre en mouvement et charrier des matériaux sur de longues distances en montant les collines comme elle l'a fait.

La glaciation en Colombie britannique et au Yukon différait de celle des Grandes Plaines et de l'est du Canada. Un système de Cordillères de glaciers entre les montagnes, de piedmont et de montagnes, existait plutôt qu'une seule grande nappe de glace. Une nappe de glace occupait le plateau et la contrée montagneuse située entre les chaînes Côtières à l'ouest et les montagnes Rocheuses à l'est, et s'étendait sur une petite distance au nord dans le Yukon et au sud en deçà de la frontière internationale. La nappe de glace fut, toutefois, enfermée par les chaînes de montagne, de sorte que, surtout en Colombie britannique, son mouvement fut lent. La glace intérieure était drainée par plusieurs énormes langues de glace s'étendant dans des passes vers la côte du Pacifique et, à un moindre degré, par des glaciers coulant par des passes dans les montagnes Rocheuses pour former des glaciers de piedmont dans la région des contreforts de l'Alberta. La glace remplissait le détroit de Georgie et les fiords de la région côtière et recouvrait les îles de Vancouver et de Reine-Charlotte. La principale nappe de glace n'a pas recouvert les plus hauts pics et ceux-ci s'élevaient au-dessus comme des nunataks (collines rocheuses insulaires entourées d'une nappe de glace). Les montagnes côtières furent sérieusement érodées par les glaciers locaux qui s'étendaient jusqu'au niveau de la mer. Les montagnes Selkirks et Rocheuses à l'est furent aussi en grande partie érodées par les glaciers locaux qui se fusionnèrent dans les principales vallées en formant d'importants courants de glace. Les glaciers de montagne formèrent plusieurs cirques immenses (cavités lacustres à bords escarpés sur les flancs de montagnes) à des niveaux relativement bas; les glaciers existants, ou ceux qui les ont immédiatement précédés, ont formé de nouveaux cirques en plusieurs endroits à des niveaux plus élevés par suite de l'élévation du niveau de la neige.

Les parties montagneuses du sud et de l'est du Yukon furent érodées par les glaces, mais une zone de 50 à 100 milles de largeur le long de la rivière Yukon, en aval des rapides Rink, y compris la région de placers aurifères de Klondyke, ne fut pas atteinte par la glace, et le délavage des graviers ne s'est produit que dans une certaine mesure dans les parties non-érodées. La précipitation dans la vallée du Yukon est faible parce que les montagnes côtières élevées interceptent les vents chargés d'humidité. Des con-

ditions analogues ont probablement prévalu pendant la période glaciaire et elles peuvent être responsables du fait que la région n'a pas été érodée par les glaces, bien qu'elle soit située très au nord.

Les glaciers des Cordillères semblent avoir atteint leur point culminant avant que la calotte glaciaire du Keewatin eût atteint son maximum, car des dépôts formés par la glace des Cordillères sont recouverts, dans le voisinage de Calgary, par des dépôts abandonnés par la calotte de glace du Keewatin. La présence de drift très ancien au sud de la région des Grands lacs indique, toutefois, que la nappe de glace du Labrador existait au commencement de l'époque glaciaire, et qu'elle a été la première à devenir considérable, bien que la glace du Keewatin n'ait atteint les contreforts des montagnes Rocheuses qu'après que les glaciers de montagne eussent commencé à se retirer. Au cours de la phase finale de la glaciation (Wisconsin), les trois calottes de glace existaient déjà, car les drifts de chacune d'elles ne sont que légèrement altérés.

On trouve en divers endroits du Canada, des indices d'au moins une période interglaciaire pendant laquelle les calottes de glace ont en grande partie ou entièrement disparu.

La série de dépôts interglaciaires étudiée le plus en détail se trouve dans la vallée de Don et à Scarborough-Bluffs, près de Toronto. Les dépôts se composent de sables et d'argiles alluvionnaires et renferment plusieurs fossiles, cent vingt espèces d'animaux et quarante-deux espèces de plantes à fleur. Les plantes comprennent trente-quatre variétés d'arbres, dont plusieurs sont caractéristiques d'un climat plus chaud que celui de Toronto de nos jours. Des couches de tourbes interglaciaires se présentent dans les bassins des rivières Moose et Albany dans le nord d'Ontario, dans la région du delta de Fraser et le sud-ouest de l'Alberta. On ignore si tous les dépôts sont du même âge, mais ils le sont probablement, vu qu'une seule série de dépôts interglaciaires a été rencontrée partout au Canada.

LACS GLACIAIRES

Plusieurs grands lacs existaient dans les régions des Grandes Plaines et des Grands Lacs à l'époque de la fusion finale des calottes de glace. Ils furent formés par le barrage du bassin hydrographique du nord-est par la glace qui se retirait. Les lacs inondèrent les vallées au sud, puis s'asséchèrent, soit soudainement soit graduellement, à mesure que la glace fondait et des issues inférieures s'ouvrirent successivement au nord et au nord-est.

Les premiers lacs occupèrent de grandes étendues dans l'Alberta et la Saskatchewan. Quand la calotte de glace eut fondu dans le nord du Manitoba, le lac Agassiz couvrit la majeure partie du sud du Manitoba. Ce lac se déversa pendant longtemps au sud dans le Mississipi et, à sa plus grande superficie, il avait plus de 100,000 milles carrés; les sols riches des prairies du Manitoba sont formés de limon et d'argile glaciaires déposés dans ce lac. Le lac Algonquin occupait les bassins des trois Grands Lacs supérieurs (Supérieur, Michigan et Huron) et s'étendait bien au delà de leurs bords actuels sauf au sud. Ce grand lac avait simultanément ou successivement,

au delà de Chicago, des issues dans le Mississipi, par les rivières Saint-Clair et Niagara, et de la baie Georgienne au bassin du lac Ontario. Une autre étendue lacustre qui lui succéda, ou une phase inférieure connue sous le nom de lac Nipissing, avait son issue au delà du lac Nipissing actuel dans Ontario et dans la vallée de l'Ottawa. Le soulèvement du terrain a ramené l'issue à Niagara. La grande gorge supérieure de la rivière Niagara—cette partie s'étendant sur une distance de $1\frac{1}{2}$ mille des chutes jusqu'aux rapides "Whirlpool"—s'est formée depuis, et on l'estime à environ 4,000 ans d'après le taux de retrait des chutes. L'âge de la gorge de la rivière Niagara, de 7 milles de longueur, n'est pas très bien connu. Le taux de formation de la gorge a varié d'époque en époque selon la rapidité du débit de la rivière et selon d'autres facteurs qu'on ne peut exactement déterminer.

Plusieurs lacs de barrage morainique, qui furent les plus récents, prirent naissance dans le nord d'Ontario et les parties adjacentes de Québec, alors que la calotte de glace fondait au delà du partage des eaux de la baie d'Hudson, mais recouvrait encore des parties du versant de la baie James et la baie James elle-même. Les dépôts de lac glaciaire, connus sous le nom de Zone argileuse, s'étendent à travers la ligne de faite actuelle dans le district du lac Timiskaming dans le nord d'Ontario. La ligne de partage s'est déplacée vers le nord par suite du soulèvement différentiel du terrain. Toutes les lignes de rivages des lacs de barrage morainique s'élèvent progressivement vers le nord, ce qui indique un soulèvement du terrain et que celui-ci fut plus grand dans le nord que dans le sud.

INVASIONS MARINES POST-GLACIAIRES

Au moment de la fusion de la calotte de glace, certaines parties des vallées du Saint-Laurent et de l'Outaouais étaient inférieures au niveau de la mer et étaient inondées d'eaux marines ou saumâtres, de sorte que des sables et argiles marins furent déposés sur une bonne partie de l'est d'Ontario et les terres basses de Québec. Une large zone sur les bords méridional et occidental des baies d'Hudson et James, et s'étendant le long du littoral arctique jusqu'à l'embouchure du fleuve Mackenzie, était aussi submergée jusqu'à une profondeur maximum d'environ 400 pieds. Dans l'Ouest, la côte de la Colombie britannique fut submergée sur plusieurs centaines de pieds. Ces ingressions marines furent d'assez courte durée, mais les dépôts de sable, de limon et d'argile, qui en résultèrent, sont en maints endroits très étendus et épais.

DÉPÔTS GLACIAIRES

Par "drift glaciaire", on entend tous les dépôts qui se sont formés directement ou indirectement par suite de l'action des glaciers. Ce terme comprend les matériaux déposés dans les lacs de barrage morainique et dans les régions recouvertes par la mer, et ceux qui se sont constitués pendant les périodes chaudes interglaciaires, car ceux-ci provinrent, pour la

plupart, de l'érosion des dépôts glaciaires. L'argile à blocs (moraine), est le dépôt le plus considérable des calottes de glace. Elle n'est pas stratifiée et s'est déposée aux bords des nappes de glace, sous forme de moraines, et en dessous de la glace à mesure qu'elle fondait. Les moraines des nappes de glace comprennent en certains points les sables et graviers stratifiés formés par les ruisseaux engendrés par la fonte de la glace. Les surfaces de la moraine sont caractérisées par d'innombrables collines irrégulières et par des petits bassins fermés qui, en beaucoup d'endroits, renferment des étangs. Elles s'étendent en zones étroites ou larges qui ont d'ordinaire un peu de relief au-dessus de la contrée environnante. Les moraines se sont bien développées à maints endroits dans la région des Grandes Plaines, où elles s'étendent au nord-ouest en des zones larges parallèles aux anciennes marges glaciaires, ainsi qu'elles existaient pendant les arrêts dans la fusion générale de la nappe de glace. Les moraines formées par les glaciers de vallée dans la région montagneuse de l'ouest du Canada sont différentes de celles formées par les calottes glaciaires. Elles ont ordinairement un relief accentué et renferment une grande quantité de roche anguleuse avec peu ou point d'argile à blocs. La plupart de la matière a été transportée sur ou près de la surface des glaciers de vallée, tandis que dans le cas des grandes calottes glaciaires, la plupart de la matière a été transportée dans la glace et, par conséquent, a été usée et des parties pulvérisées par le mouvement de la glace. Les moraines des gros glaciers de montagne, toutefois, et des glaciers de piedmont, en maints cas, contiennent de grandes quantités d'argile à blocs.

L'argile à blocs déposée en dessous de la glace en fusion et à sa marge, pendant les époques de fonte rapide du front, est ordinairement appelée moraine de fond ou simplement argile à blocs. Elle forme des "plaines de terrain erratique", dont la surface de quelques-unes est presque aussi nivelée que les lits de lacs. Dans d'autres endroits la surface est onduleuse et caractérisée çà et là par des bassins non asséchés. La partie inférieure de la moraine de fond dans la plupart des endroits est compacte et est constituée par des matériaux provenant de la désagrégation locale. La partie supérieure est plus meuble et peut contenir de nombreux blocs de roches qui ont parcouru de longues distances. La moraine de fond est argileuse dans les régions où il se présente des roches tendres, telles que le schiste et le calcaire que la glace a facilement broyés. Dans d'autres endroits, comme dans une partie du bouclier canadien, où les roches sont dures, le sable à cailloux et le limon sont les principales matières qui composent le drift.

Les blocs erratiques sont des cailloux transportés par la glace. Des exemples caractéristiques sont les couches de roches granitiques et autres répandues sur les Grandes Plaines et qui ont été transportées de la partie nord-ouest du bouclier canadien. Ils se présentent par endroits sous forme de "blocs perchés" ou "pierres branlantes" et furent évidemment mis dans ces étranges positions par la glace qui fondait graduellement autour d'eux. Le bison américain allait se frotter contre plusieurs des gros cailloux dans les prairies, car on remarque autour de ceux-ci des dépressions creusées par les pieds des animaux. Un nombre considérable de cailloux fut transporté

à partir d'affleurements de roche dans certaines localités et ces cailloux forment des "traînées" qui sont répandues dans le sens du mouvement de la glace.

Les dépôts stratifiés de drift glaciaire forment les plaines sablonneuses (plaines d'alluvion), les kames, les cesars et les lits lacustres et marins. Les plaines de lavage superficiel de sable et de gravier sont, dans bien des cas, adjacentes aux moraines sur le bord, loin de l'ancienne marge de glace. Les plaines de sable et de gravier qui forment des terrasses, par endroits, se présentent aussi dans les vallées qui emportaient les eaux d'assèchement de la glace en fusion, ou, dans d'autres endroits, sous forme de deltas en cônes de déjection formés là où des courants entrèrent dans des nappes d'eau tranquille telles que les lacs de barrage morainique ou la mer. Les kames sont des collines irrégulières de drift stratifié, formées près de la marge d'une calotte de glace par les ruisseaux émanant de la glace. Les cesars sont de longues crêtes sinueuses de gravier formées probablement par des ruisseaux dans des tunnels de la glace près de son bord, alors que la glace fondait rapidement. Le lit lacustre et les dépôts marins se distinguent par le caractère uniforme de leur stratification et par le fait qu'ils ne contiennent que çà et là des pierres et des cailloux abandonnés par la glace flottante. Les dépôts de sable et de gravier furent formés le long des rivages des nappes d'eau et le limon et l'argile furent déposés dans l'eau plus profonde. Une forte proportion de la matière déposée dans les lacs de barrage morainique et sous forme de remplissage alluvionnaire dans les vallées était du limon, dont les particules sont de taille intermédiaire entre le sable fin et l'argile. Cette matière est une farine de roche formée à partir des roches qui furent pulvérisées par les glaciers. Elle est très abondante dans les régions montagneuses où beaucoup de roche dure et fraîche fut pulvérisée. Dans des endroits, comme dans le bassin du lac Agassiz dans le Manitoba, où des roches argileuses tendres se rencontrent, les dépôts lacustres renferment une grande quantité d'argile fine en même temps que des quantités plus grandes ou plus petites de limon.

Les dépôts récents de marais et d'étang, sable de dune, et alluvion des ruisseaux actuels sont ordinairement considérés comme étant distincts du drift glaciaire. En plusieurs endroits, toutefois, on ne peut tracer une stricte démarcation entre les dépôts des cours d'eau actuels et ceux qui les ont précédés à la fin de l'époque glaciaire. Il y a aussi des dépôts glaciaires d'âge récent.

EFFETS GÉNÉRAUX DE L'ÉROSION GLACIAIRE

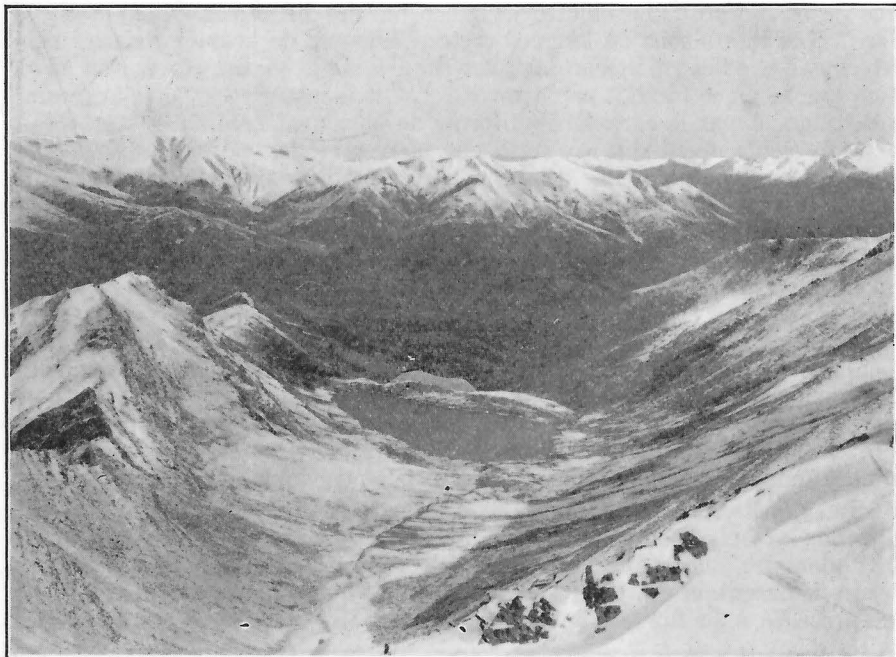
Les calottes de glace et les glaciers de montagne ont, pendant l'époque glaciaire, grandement modifié les traits caractéristiques superficiels et surtout les systèmes hydrographiques du Canada. Le sol, formé par la carie et l'émiettement de la roche de fond et qui recouvrit, il est presque certain, une grande partie du Canada avant l'époque glaciaire, surtout le sud, fut presque entièrement enlevé par la glace. La roche de fond massive fut broyée en bien des endroits et, comme le temps écoulé depuis l'époque gla-

ciaire n'a pas été assez long pour que l'altération soit considérable, on retrouve de la roche de fond fraîche et inaltérée à la surface de grandes régions ou à une faible profondeur.

Dans certains endroits, cependant, la roche de fond est altérée à des profondeurs considérables et il n'est pas facile de déterminer si cette altération s'est produite depuis la disparition de la calotte de glace ou bien si elle est préglaciaire ou interglaciaire et si elle s'est conservée en dépit de l'érosion glaciaire.

L'épaisseur moyenne de roche de fond arrachée par la glace de la surface du bouclier canadien fut probablement moins de 100 pieds, si l'on en juge par la quantité de drift dérivée du bouclier. Par endroits, comme dans

PLANCHE I.



Vallée érodée en U par les glaces, prolongement nord de la rivière Klondyke, Yukon.

le bassin du lac Timiskaming, la gorge du Saguenay, et dans les fiords du littoral du Labrador, là où la glace a coulé dans des vallées assez profondes, l'érosion a été beaucoup plus intense qu'à la surface du bouclier et a eu pour résultat le surcreusement des vallées. Les roches de fond du bouclier ne s'altèrent pas facilement et furent moins érodées par les calottes de glace que les roches paléozoïques de la région des Grands Lacs et de la vallée du Saint-Laurent. Dans ces régions l'épaisseur moyenne du drift glaciaire varie probablement de 100 à 200 pieds. Elle varie considérablement de

places en places; le drift dans la chaîne de collines parallèle à la rive nord du lac Ontario est de 500 à 600 pieds d'épaisseur par endroits, et de lourds dépôts de drift se présentent dans le sud-ouest d'Ontario, tandis que dans l'Ontario nord-central il existe relativement peu de drift. Les roches de fond dans la région des Grandes Plaines ont été facilement érodées et ont fourni une épaisse couverture de drift qui, dans bien des endroits, atteint 200 pieds de puissance.

L'érosion glaciaire dans la région montagneuse de l'Ouest du Canada se produisit sur une plus grande échelle que dans l'Est, car les glaciers confinés aux vallées de montagne et asséchant de grands champs de glace et de neige à leurs sources sont des agents d'érosion beaucoup plus puissants que les calottes glaciaires de grande étendue, parce qu'ils coulent beaucoup plus rapidement. Plusieurs vallées de montagnes furent élargies et approfondies par la glace et possèdent par conséquent, une forme arrondie en U (planche I), en contraste avec les vallées en V creusées par les cours d'eau. Plusieurs bassins lacustres profonds de certaines parties des vallées de montagne et les fiords de la région côtière furent formés en partie, sinon presque entièrement, par l'érosion glaciaire. Le creusement des cirques, ou l'érosion régressive des glaciers de montagne, a sculpté les parties montagneuses plus élevées en de profonds enfoncements à parois presque verticales, lesquels sont en maints cas séparés l'un de l'autre par des murs de roche extrêmement étroits. Un résultat de l'érosion glaciaire très prononcée dans la région des Cordillères fut qu'une grande abondance de drift glaciaire fut fournie au cours d'eau quand la glace était en fusion et de fait plusieurs des vallées de rivière, par exemple le fleuve Fraser, furent remplies de drift jusqu'à des épaisseurs de plusieurs centaines de pieds; quand l'apport de matière eut diminué par suite de la fonte des glaciers, les rivières commencèrent à ronger les dépôts et en maints endroits formèrent des terrasses sur les versants de vallée et creusèrent la roche de fond dans le lit des vallées.

Bien que l'érosion glaciaire ait été très prononcée en maints endroits dans la région des Cordillères, il y existe des endroits, par exemple dans les districts de Barkerville et de Cassiar, où les vallées ne furent que légèrement érodées par la glace. Certaines vallées sont en forme de V et contiennent d'anciens graviers aurifères; d'autres possèdent des bancs rocheux, vestiges d'anciens chenaux alors que les cours d'eau coulaient à des niveaux plus élevés et qui ne furent pas détruits par l'érosion glaciaire.

Aucune autre région de l'univers ne possède autant de lacs que le bouclier canadien et la plupart de ces nappes d'eau, sinon toutes, furent formées par l'action des glaces. Elles occupent des bassins formés par un dépôt inégal de drift glaciaire, par l'érosion de la roche de fond, ou par le barrage des vallées de rivières par les dépôts de drift. Les chutes et les rapides sont nombreux au Canada, et sont aussi le résultat de la glaciation. Peu de rivières au Canada ont eu le temps depuis l'époque glaciaire de régulariser leurs lits et la plupart d'entre elles ne sont que des passe-déversoirs entre les lacs. De grandes régions n'ont presque pas de bassin hydrographique superficiel à cause de leur faible relief et du peu de temps qui s'est écoulé depuis l'époque glaciaire pour permettre aux cours d'eau de se développer.

Les "zones argileuses" du nord d'Ontario, de Québec et du Manitoba sont d'épais dépôts glaciaires et des dépôts de barrage morainique. La surface est onduleuse, car elle reflète, dans une certaine mesure, la surface inégale de la roche de fond sous-jacente, et, par conséquent, est en partie naturellement égouttée. Dans maints endroits, cependant, dans ces régions aussi bien que dans d'autres parties du Canada, la nature de la surface du drift ne révèle peu ou point la forme de la surface de la roche de fond sous-jacente. La topographie des régions profondément recouvertes de drift en est une "façonnée" et elle peut déceler un relief plus grand ou plus faible que la surface de la roche de fond. Les étendues de moindre relief sont celles dans lesquelles les dépôts de lac de barrage morainique ou marin furent déposés car la déposition dans l'eau tend à remplir les dépressions de l'ancienne surface. Les étendues de plus fort relief sont les étendues de moraine où le drift fut empilé en tas irréguliers sur le devant des glaciers.

EFFETS DE L'ÉROSION GLACIAIRE SUR LES GÎTES MINÉRAUX

La roche de fond dans les régions non-érodées par les glaces est cariée et brisée en fragments jusqu'à une profondeur considérable et les parties supérieures des gîtes minéraux sont oxydées. Le produit le plus usuel de l'altération subaérienne dans ces régions est l'argile résiduelle qui diffère des argiles des régions érodées par la glace en ce qu'elle renferme peu ou point de constituants solubles tels que la chaux et le magnésium. L'altération (oxydation et hydratation) des gîtes minéraux produit des minerais résiduels et des zones d'enrichissement et détacha de la roche de fond et des gîtes minéraux, l'or, le platine et les autres minéraux qui après leur séparation furent concentrés en place par les cours d'eau. L'altération des roches riches en aluminium, telles que le granite et la syénite, produit des argiles composés en partie de kaolin (silicate hydraté d'aluminium), la forme d'argile la plus pure. L'altération, probablement combinée avec d'autres procédés, a produit les dépôts connus sous le nom de minerais latéritiques qui comprennent la bauxite (oxyde hydraté d'aluminium), et certaines variétés de fer et d'autres minerais contenant peu ou point de silice libre.

L'érosion des glaciers a entièrement ou en partie enlevé les parties supérieures oxydées des gîtes minéraux des dépôts résiduels tels que les argiles et les placers, qui furent probablement formés en maints endroits au Canada avant l'époque glaciaire. On ne peut guère douter, par exemple, que de riches placers aurifères existaient autrefois dans ou près des champs aurifères de Porcupine et de Kirkland-Lake, dans le nord d'Ontario, et à d'autres endroits dans le bouclier, mais on n'a trouvé dans ces régions que de pauvres placers. Les placers furent détruits par les nappes de glace et l'or est maintenant disséminé dans le drift glaciaire sur de grandes étendues. Cette action disséminatrice de la calotte glaciaire occupant une vaste région de faible relief telle que le bouclier canadien est démontrée par le fait que des cailloux provenant de l'érosion glaciaire d'affleurements dans une seule localité, par exemple le conglomérat "jasper" sur la rive nord du

lac Huron, sont dispersés en éventail qui s'élargit sur des centaines de milles, dans le sens du mouvement de la glace. Le mouvement des glaces de glacier, dans la région montagneuse de l'ouest du Canada, fut restreint surtout aux vallées. La plupart des placers pré-glaciaires dans le fond des vallées furent érodés par les glaciers et l'or alluvionnaire fut mêlé au drift glaciaire, mais ne fut pas disséminé dans une grande mesure. Une partie de l'or demeura dans les vallées. Quelques placers pré-glaciaires persistèrent dans d'étroites vallées en forme de V qui ne furent pas trop intensivement érodées par les glaces. Il y a des endroits aussi, comme au creek Cedar dans le district de Cariboo, où des parties d'anciens placers sur le plateau furent préservées, bien qu'elles eussent été chevauchées par la nappe de glace.

Les produits de l'altération pré-glaciaire ou inter-glaciaire se sont conservés en maints endroits au Canada en dépit des effets de l'érosion glaciaire. D'anciens graviers aurifères se présentent dans le district de Beauceville (Québec), ainsi que dans ceux de Cariboo et de Cassiar (Colombie britannique). Des sables quartzifères et des argiles réfractaires de l'âge mésozoïque se rencontrent dans les parties supérieures du bassin de la rivière Moose dans le nord de l'Ontario, et des graviers, sables et argiles tertiaires, légèrement cimentés, existent en maints endroits dans la région des Grandes Plaines et dans l'étendue montagneuse de l'Ouest du Canada. Il existe aussi des zones d'enrichissement formées à la base de la zone d'oxydation, par exemple, aux mines Premier et Dolly-Varden (Colombie britannique). Elles ne furent pas entièrement érodées par les glaces. En général, cependant, les gîtes minéraux oxydés rencontrés au Canada sont de peu d'épaisseur et d'étendue, par suite des effets de l'action glaciaire et des conditions climatologiques adverses; et en maints endroits, comme aux lacs Flinflon et Schist dans le nord du Manitoba et à Rouyn, dans l'ouest de Québec, des dépôts de sulfures inaltérés se présentent à ou tout près de la surface.

Les placers aurifères du Klondike (Yukon) ne furent pas affectés par les glaces, mais le terrain dans cette région est gelé jusqu'à des profondeurs de 50 et de plus de 100 pieds et est probablement demeuré ainsi depuis l'époque glaciaire, sauf des dégels d'été à de faibles profondeurs. Le terrain à maints autres endroits dans le Canada septentrional, aux environs de la baie d'Hudson, est continuellement gelé, mais probablement à des profondeurs moins grandes que dans le Yukon. La désagrégation de la roche de fond par l'action de la gelée et la formation des talus d'éboulis est le procédé dominant dans ces régions et il y a eu peu d'oxydation depuis ou pendant l'époque glaciaire. Toutefois, l'altération pré-glaciaire doit s'être produite tant dans les parties érodées du Canada septentrional que dans celles qui ne l'ont pas été et les produits de cette altération peuvent avoir été préservés.

Les épais dépôts de drift de la zone argileuse dans le nord d'Ontario et l'ouest de Québec masquent la roche de fond et entravent ainsi la prospection. Beaucoup de la roche en place dans une région d'environ 10,000 milles carrés, traversée par la ligne centrale du chemin de fer de la Baie d'Hudson, est recouverte d'argiles lacustres et de dépôts glaciaires. La roche de fond

d'une zone d'environ 100 milles de largeur sur les rives occidentales et méridionales des baies d'Hudson et James, est profondément enfouie en dessous de dépôts glaciaires, marins et de marais, et il existe peu d'affleurements de roche, si ce n'est dans les vallées des rivières. Les argiles de lac glaciaire ou de barrage morainique sont abondantes dans le sud du Manitoba et dans le sud-ouest d'Ontario, et les dépôts marins post-glaciaires recouvrent les basses terres des vallées de l'Outaouais et du Saint-Laurent. Les dépôts de drift recouvrent la roche de fond sur une bonne partie des Grandes Plaines et retardent ainsi les fouilles en vue de découvrir des structures rocheuses favorables à l'accumulation du pétrole et du gaz. L'érosion par les glaciers dans la région montagneuse de l'Ouest du Canada fit que plusieurs vallées de rivière se remplirent de drift glaciaire, dont certaines parties seulement ont été érodées par les cours d'eau actuels. La principale valeur économique des épais dépôts de drift est qu'ils constituent d'excellentes terres arables. Ils fournissent très peu d'indices touchant la présence ou l'absence de gîtes minéraux dans les roches sous-jacentes. Les irrégularités de l'épaisseur du drift sur les dépôts de minéraux magnétiques et autres et la présence de fragments minéraux dans le drift donnent lieu à des incertitudes quant aux résultats obtenus des levés faits à l'aide d'appareils magnétiques, électriques et gravitatifs pour la localisation des gîtes minéraux.

D'un autre côté, la roche de fond fraîche et inaltérée est mise à jour dans de grandes étendues du bouclier canadien et dans les régions montagneuses. C'est particulièrement le cas dans l'extrême nord de Québec où les dépôts de drift sont en général très minces ou font presque défaut, et dans certaines parties de la région montagneuse au delà de la limite forestière. L'absence de toute couverture épaisse de drift dans ces régions rend la découverte de gîtes minéraux plus facile que si elles n'avaient pas été érodées par les glaces. Les failles et les zones de cisaillement se trouvent plus facilement dans ces régions que dans les districts non-érodés, si le drift est mince, à cause des effets masquants de l'altération en profondeur dans les régions non-érodées.

Il s'est produit une certaine oxydation depuis l'époque glaciaire, particulièrement dans les régions à relief considérable là où les conditions sont favorables à la circulation des eaux phréatiques et dans les régions où le climat est doux. Dans des endroits, comme sur une bonne partie du bouclier canadien où le niveau permanent de l'eau d'infiltration se trouve près de la surface, l'oxydation ne s'étend, en général, qu'à de faibles profondeurs. L'oxydation des minéraux tels que la pyrite et d'autres sulfures se produit rapidement, car les sulfures s'altèrent facilement en oxydes hydratés au contact des eaux circulant à la surface ou sous terre, mais il se produit peu ou point d'oxydation en dessous du niveau des nappes d'eau stagnante et une fois qu'un "chapeau de fer" est formé, le procédé avance beaucoup plus lentement que lorsque les sulfures sont mis à jour depuis peu de temps. Des dépôts de limonite de 10 à 15 pieds d'épaisseur se présentent dans les vallées des rivières Zymoetz et Taseko, dans la Colombie britannique, et des gisements analogues d'âge post-glaciaire existent en d'autres endroits au Canada. Ce ne sont pas de vrais chapeaux de fer, car ils furent formés

par des petits courants ou sources émanant de roches contenant de la pyrite disséminée, tandis que les chapeaux de fer résultent de l'altération de gîtes minéraux en place. Il existe, toutefois, en maints endroits, des chapeaux de fer, mais ils ont en général peu d'épaisseur ou d'étendue. Leur présence dans les districts de Sudbury et de Michipicoten (Ontario), a conduit à la découverte des minerais de cuivre nickélicifère et de fer de ces districts. Les taches vert pomme (anabergite), qui résultent de l'oxydation des minéraux d'arsenic-nickélicifère et le cobalt arséniaté rose (érythrine) que l'on rencontre dans le district de Cobalt, sont dus à l'altération post-glaciaire.

Des effets indirects de l'action glaciaire sur la prospection sont produits par les nombreux marais et lacs qui recouvrent de vastes régions, surtout dans le bouclier canadien. Ils masquent la roche de fond, mais les nombreux lacs permettent au voyageur d'atteindre les parties les plus éloignées du Canada.

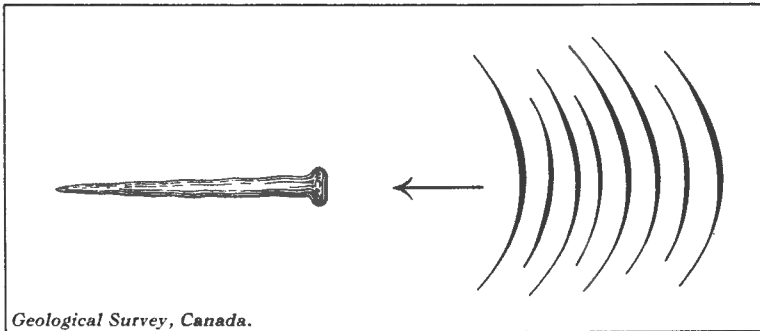
On peut résumer de la façon suivante les effets de l'action glaciaire sur les gîtes minéraux:

Effets préjudiciables	Effets favorables
L'érosion glaciaire a enlevé, entièrement ou à un certain degré, les parties supérieures oxydées et enrichi les gîtes minéraux, les anciens placers et les dépôts résiduels tels que les argiles.	Les chapeaux de fer formés sur les gîtes minéraux à l'époque post-glaciaire sont minces; certaines zones d'enrichissement, placers et argiles résiduelles furent préservées en dépit des effets de la glaciation; des placers furent formés par suite de la concentration des cours d'eau glaciaires et post-glaciaires.
Les épais dépôts de drift masquent la roche de fond sur de grandes étendues et ce fait entrave les fouilles en vue de la découverte des gîtes minéraux.	L'enlèvement de la surface altérée de la roche de fond par l'érosion glaciaire et le manque de drift par endroits favorisent la prospection des gîtes minéraux.
Les dépôts épais de drift sont hétérogènes et fournissent peu de données concernant la nature et la forme superficielle de la roche de fond sous-jacente.	Les cailloux de minerai dans le drift fournissent une preuve de l'existence de gîtes minéraux dans la région d'où le drift fut dérivé.
Les dépôts glaciaires tendent à cacher les structures de la roche ayant une portée sur la conformation géologique telles que les failles.	L'enlèvement des produits d'altération par l'érosion glaciaire facilite la reconnaissance des traits tectoniques tels que les failles, dans des endroits où le drift est mince ou fait défaut.
Les dépôts irréguliers de drift et l'érosion des glaciers occasionnent la désorganisation du système hydrographique et masquent les anciennes vallées et autres traits physiques qui peuvent révéler la présence de gîtes minéraux tels que les placers.	Les nombreux lacs, rapides et chutes au Canada, dont presque tous sont le résultat de la glaciation, ont indirectement une portée sur les gîtes minéraux, vu que les lacs permettent de voyager dans les parties éloignées du Canada et les rapides et les chutes sont des sources d'énergie hydro-électrique précieuses pour leur exploitation.

TRAÇAGE DES GÎTES MINÉRAUX PAR LES DÉBRIS GLACIAIRES

La plupart des minéraux "flottants" (guidons), trouvés un peu partout au Canada, sauf dans les régions montagneuses et non-érodées par les glaces, furent transportés par les glaciers. Ils furent charriés dans le sens du mouvement de la glace, parfois, en remontant, parfois en descendant les collines. Le transport des guidons s'est aussi fait, dans une certaine mesure, par les cours d'eau émanant de l'action de la glace, ainsi que par les cours d'eau actuels et par les cheminements et les glissements du sol. La présence de minerai flottant indique ordinairement que des gîtes analogues se présentent quelque part dans la région traversée par la glace qui a charrié le guidon. Le minerai de fer dans la région du lac Supérieur, la fluorine dans le district de Madoc (Ontario), le corindon dans le district de Bancroft (Ontario), les filons de quartz aurifère dans la Nouvelle-Ecosse, et d'autres gîtes minéraux au Canada ont été découverts en suivant à la trace les guidons glaciaires jusqu'à leur point d'origine. Ce mode de prospection n'a pas été appliqué sur une grande échelle au Canada et peu de découvertes importantes ont été faites de cette façon. Il y a peu de doute qu'il existe plusieurs gîtes minéraux dont il n'y a d'autre trace que les cailloux minéralisés trouvés dans le drift. La prospection faite en suivant ces cailloux devrait être profitable au Canada, comme elle l'a été dans d'autres pays, et c'est le premier mode dont on devrait se servir dans les régions où la roche de fond exposée au jour a été complètement examinée.

Le traçage des guidons glaciaires peut être facilité par une étude des stries glaciaires et autres preuves de la direction dans laquelle la glace



Geological Survey, Canada.

Figure 1. Stries en tête de clou et autres fractures en forme de croissant (Marques de broutage). La flèche indique la direction du mouvement de la glace.

s'est déplacée dans la région où se trouvent les guidons. Les stries et rainures imprimées sur la roche de fond par le mouvement de la glace ou plutôt par les cailloux et les roches maintenus au fond de la glace, en bien des cas n'indiquent pas dans quelle direction la glace s'est déplacée. Cependant, certaines des stries et autres traits de l'action de la glace indiquent le sens de son mouvement. Les stries dites en tête de clou (voir figure 1), causées par des particules exceptionnellement dures dans la roche, par exemple de chert ou de silex dans le calcaire, ont une longue queue s'étendant dans la

direction du mouvement de la glace. Les fractures en croissant (*voir* figure 1), qui ne se présentent en général que dans les roches homogènes à grain fin, telles que le calcaire ou le quartzite, sont de bons guides. Les cornes des croissants indiquent approximativement le sens du mouvement de la glace. Les corniches de rocher et les collines sont ordinairement plus érodées et creusées ou polies sur le côté d'où venait la glace que sur le côté de l'aval, qui peut être irrégulier et rugueux par suite de l'enlèvement des blocs de roche sous l'érosion par éclatement de la glace. Des restes de drift glaciaire dans bien des cas se présentent dans la partie abritée des collines rocheuses et des traînées de cailloux se terminent en éventail dans la direction du mouvement de la glace. Les moraines des nappes de glace continentale se dirigent approximativement à angles droits par rapport au sens du mouvement de la glace, c'est-à-dire parallèlement aux anciens fronts de glace. Les drumlins (collines de drift à forme ovale) ont leurs longs axes dans la direction du mouvement de la glace. Les cesars s'orientent dans la direction où la glace a fondu, laquelle dans bien des endroits, mais pas dans d'autres, était une direction dans laquelle la glace s'avavançait. Deux ou plusieurs séries de stries, de direction souvent tout à fait différente, se présentent dans un seul et même affleurement rocheux. Il est important de déterminer l'âge des stries, car un guidon trouvé à la surface ou à une faible profondeur peut avoir été transporté par le dernier mouvement de la glace. Cette détermination ne peut en général être précisée que dans les endroits où les stries traversent et descendent dans les rainures. Dans ces cas les rainures sont évidemment plus anciennes que les stries qui les traversent. Les derniers mouvements de la glace furent causés par de nouvelles avances pendant la période de fusion finale et furent orientés, dans une plus grande mesure, par la topographie locale que ne le furent les mouvements du cours des phases les plus intenses de la glaciation.

Si l'on veut suivre un guidon jusqu'à son point d'origine, il est important de considérer s'il provient de l'endroit même ou bien s'il a été transporté à une distance considérable. Des cailloux de granite et d'autres roches furent transportés à des centaines de milles et disséminés sur les Grandes Plaines, et des minéraux ont été entraînés du nord d'Ontario et de Québec et déposés dans la région des Grands Lacs et même plus au sud. Ils peuvent avoir été transportés dans différentes directions à diverses époques, de sorte que leur source dans la plupart des cas ne peut être déterminée. Par exemple, on aurait peu de succès de tenter de trouver la source de la douzaine ou à peu près, de diamants grossiers qui furent découverts dans le drift glaciaire dans des localités séparées au sud des Grands lacs. Il vaudrait mieux que le prospecteur se souvînt que les diamants se présenteront très probablement dans les culots ou cheminées volcaniques de péridotite et qu'il examinât attentivement ces gisements.

La majeure partie du drift glaciaire dans la plupart des localités provient de l'endroit même. Il s'ensuit donc que les guidons qui se trouvent en abondance n'ont pas été entraînés bien loin. Si, d'autre part, il n'existe que quelques gisements, il est probable que les guidons ont parcouru une distance considérable. Si de tels cailloux se trouvent en abondance, leur source n'est pas, en général, très éloignée dans une direction indiquée par les stries. Les cailloux de chapeau de fer ne voyagent pas loin. Les cail-

loux minéralisés dérivés d'une seule et même localité sont dispersés plus ou moins en forme d'éventail; de là la région à prospecter diminue à mesure qu'on approche de la source du minéral. En portant sur une carte les emplacements des cailloux minéralisés, et en reliant par des lignes les localités extérieures, dans la direction indiquée par les stries, l'apex, ou la source approximative du guidon, peut être déterminé. La nature des autres cailloux existant dans le drift doit aussi être notée, car elle peut indiquer la nature des roches dans lesquelles se présentent les gîtes minéraux. Si tout le minéral flottant se trouve dans les couches supérieures du drift et si le drift est épais, la source du guidon est probablement éloignée; s'il est entièrement confiné aux couches inférieures du drift épais ou si le drift est très mince et le minéral flottant abondant, la source n'est probablement pas éloignée. Les blocs de minéral trouvés dans les plaines de lavage glaciaire bordant les moraines et dans les kames et les césars, ont peu d'importance, car les matières formant ces dépôts furent en général entraînées sur des distances considérables. Les cailloux minéralisés rencontrés dans les dépôts de lacs glaciaires et les dépôts marins glaciaires furent transportés par la glace flottante et il est impossible de retracer leur provenance.

Le traçage des cailloux minéralisés dans la région montagneuse de l'Ouest du Canada est plus facile sous certains rapports que dans les autres parties du Canada, car le transport s'est limité aux vallées de montagnes. Presque tous les cailloux trouvés dans les vallées dérivèrent donc de roches se présentant dans un endroit plus élevé de la vallée. Une partie du drift, toutefois, fut charriée d'une vallée à une autre. L'allure du mouvement de la calotte de glace qui transporta ce drift étranger était de quelques degrés à l'est ou à l'ouest du sud, presque d'un bout à l'autre de l'intérieur de la Colombie britannique. La calotte de glace du Yukon s'est dirigée au nord et au nord-ouest. Le drift qui n'avait pas une origine locale fut aussi transporté par les glaciers se déplaçant vers l'ouest par les vallées des rivières Stikine, Skeena et Fraser jusqu'au littoral du Pacifique et vers l'est, à travers les montagnes Rocheuses par les vallées des rivières Bow et Athabaska. La plupart du drift rencontré dans les montagnes côtières et dans les monts Selkirks et les Rocheuses fut transporté par les glaciers locaux. Il est difficile, toutefois, en bien des cas de déterminer si les cailloux trouvés dans une vallée de montagne ont une origine glaciaire ou s'ils proviennent du glissement des flancs de montagne. Si les cailloux sont bien usés, ils ont probablement été transportés par les glaciers. Les moraines de montagne ou les glaciers de vallée indiquent la nature des roches dans les parties supérieures des vallées et peuvent ainsi fournir des données précieuses quant à l'existence probable des gîtes minéraux dans les bassins "drainés" par les glaciers.

BIBLIOGRAPHIE

- Coleman (A.-P.): "La partie nord-est du Labrador et le Nouveau-Québec", *Com. géol., Can., Mém.* 124 (1921). "Physiographie et géologie glaciaire de la péninsule de Gaspé", *Com. géol., Canada, Bull.* 34, (1922). "Glacial and Post-Glacial Lakes in Ontario", *University of Toronto Studies*, N° 21, 1922. "Ice-Agents Ancient and Recent." The MacMillan Company, New-York, 1926.
- Goldthwait (J.-W.): "Physiography of Nova Scotia", *Com. géol., Canada, Mém.* 140. (1924).

AGENTS D'ÉROSION AUTRES QUE LES GLACIERS

(*W.-E. Cockfield*)

L'érosion glaciaire au Canada est aujourd'hui limitée à des endroits dans les hautes montagnes et l'extrême nord. Il existe, toutefois, d'autres forces mécaniques à l'œuvre, usant les amas rocheux exposés au jour. Elles brisent des morceaux de la roche de fond et en diminuent graduellement la taille. Ces forces sont surtout les changements de température, la gelée, le vent, la pluie, les cours d'eau, les courants et la gravitation. Leurs effets sont doubles: (1) les amas de roche au jour sont usés; et (2) la matière ainsi pulvérisée est charriée et déposée ailleurs.

ÉROSION

CHANGEMENTS DE TEMPÉRATURE

La chaleur, le jour, et le refroidissement, la nuit, ont un effet brisant sur la roche, ressemblant, quoique beaucoup moins intense, à l'échauffement soudain du verre froid, ou le refroidissement subi du verre chaud. Sous l'influence de la chaleur du soleil la surface de la roche se dilate plus que l'intérieur; puis il se produit une tension, qui, répétée assez souvent, affaiblit et émiette la roche ou même brise des lamelles plates. Les feux de forêt accélèrent considérablement ce phénomène. Dans les roches composées de plusieurs minéraux se dilatant inégalement quand ils sont chauffés, des tensions sont mises en œuvre entre les minéraux constitutifs et exercent un effet brisant sur la roche. Les grands et rapides changements de température sont plus effectifs que les changements légers et lents. Les changements annuels de température ont aussi un effet léger comparé aux changements quotidiens. Les grands changements quotidiens de température se produisent plus spécialement dans les régions élevées et dans les régions arides, et c'est dans ces endroits que la désagrégation de la roche par les changements de température, est la plus intense.

GELÉE

Si les changements de température varient en dessous et en dessus du point de congélation de l'eau, ils peuvent être encore plus efficaces, car si les pores et les fissures de la roche sont remplis d'eau, sa dilatation à la congélation peut briser la roche. Les petites crevasses et pores qui furent ouverts par solution sont plus susceptibles d'occasionner la désagrégation par la congélation que les grandes fissures.

PLUIE

Les sols argileux qui ont été cuits sous l'action du soleil sont amollis, et peuvent ainsi être plus facilement enlevés par l'eau courante. Le trempage et le séchage alternatifs du sol occasionnent son expansion et sa contraction sur les pentes et son cheminement lent vers le bas. Après une

abondante précipitation, d'innombrables petits ruisseaux, chacun transportant une charge de sédiments enlevés de la couverture d'humus, atteignent les cours d'eau et leur fournissent les sédiments.

VENT

Le vent en lui-même n'a presque pas d'effet érodant sur la roche massive, mais s'il transporte du sable et de la poussière il agit comme un faible jet de sable. Si une roche se compose de couches de dureté inégale, le sable soufflé creuse les couches plus tendres et laisse les couches dures en saillie. De cette façon les couches plus dures sont graduellement minées et tombent pour être graduellement brisées et emportées par le vent pour affouiller les autres projections rocheuses. Le travail du vent se limite principalement aux régions arides. Au Canada les exemples les plus remarquables de l'érosion éolienne se trouvent dans les Grandes Plaines.

COURS D'EAU

Le pouvoir érodant des cours d'eau est très grand. Il existe au Canada de nombreux exemples où des cours d'eau ont, à une époque relativement récente, taillé des tranchées profondes à travers une matière non-consolidée ou même à travers la roche solide. Le canyon du fleuve Fraser pourrait servir d'exemple de la puissance de coupe des cours d'eau. Là où l'eau est limpide, sa puissance de coupe est très faible; c'est la charge de sédiments transportés qui permet à un cours d'eau de découper son chenal. Presque tous les cours d'eau emportent une certaine quantité de matière en suspension, et roulent aussi des galets et des cailloux sur leur lit. Ces matériaux attaquent le lit du ruisseau, avec tendance à l'user et même à briser les matériaux transportés.

ACTION DES VAGUES

Dans le choc des vagues contre le rivage l'usure est effectuée à la fois par le contact de l'eau et par les débris qu'elle charrie. Si la terre au bord de l'eau se compose de matière non-consolidée, l'action de l'eau seule suffit pour l'affouiller. Mais contre la roche, le pouvoir érodant de l'eau est faible, à moins qu'elle ne soit aidée par l'action coupante du détrit charrié. Le sable, les galets et telles roches que les vagues peuvent transporter servent d'armes d'attaque, et sont précipités contre la paroi rocheuse qui est de ce fait graduellement usée. Si une roche tendre est associée avec une roche résistante, l'enlèvement de la première peut conduire à la désagrégation et à l'enlèvement de la seconde, plus particulièrement si la roche résistante est affouillée. La roche affectée par des diaclases est de même facilement attaquée, car les blocs limités par des joints sont détachés et déplacés. La matière détachée des falaises et des parois rocheuses est attaquée de la même façon, jusqu'à ce qu'elle soit devenue assez petite pour que l'eau l'emporte, alors qu'elle sert d'instrument d'attaque à son tour.

COURANTS DE RIVAGE

Ces courants ont, en général, un faible pouvoir érodant, sauf sur la matière non-consolidée. Ils agissent surtout comme agents de transport, en triant et en déposant la matière qui leur est fournie.

GRAVITATION

La force de gravitation est surtout une force de transport et non une force érodante. Les blocs détachés ou affouillés par l'action des autres forces, tombent, et, en ce faisant, se brisent eux-mêmes ou brisent les autres amas rocheux sur lesquels ils tombent.

TRANSPORT ET DÉPÔT

Parmi les forces mentionnées ci-dessus, le vent, les cours d'eau, les courants de rivage et la gravitation sont les plus actifs à transporter et à déposer la matière. Le travail du vent comme agent de transport, se borne à transporter les petites particules telles que le sable et la poussière. Le pouvoir de transport du vent est des mieux illustré sur les Grandes Plaines où se produit l'amoncellement du sol en bien des endroits à la suite de la culture et l'enlèvement de la matière organique cimentante, et dans les sables mouvants des Great Sand Hills au nord des collines Cypress, et dans d'autres régions.

La quantité de matière qu'un cours d'eau peut charrier dépend surtout de sa rapidité, et sa vitesse dépend à son tour de la pente, du volume d'eau et de la charge de sédiments. Généralement parlant un cours d'eau qui reçoit plus de sédiments qu'il en peut transporter déposera une partie de sa charge, et un cours d'eau qui en reçoit moins creusera son lit, jusqu'à ce que, dans chaque cas, il s'établisse un équilibre entre la rapidité de son cours, le volume d'eau et la quantité de sédiments charriée. On peut constater ces phénomènes dans différentes parties d'un même cours d'eau; ainsi dans la partie supérieure où la pente est à pic, le cours d'eau ronge activement et la matière enlevée est transportée en aval où la pente diminue et où une partie de la charge est abandonnée pour former des deltas, des plaines alluviales, etc.

La matière du rivage enlevée par les vagues est transportée par l'action simultanée des vagues, des contre-courants et des courants de rivage. La lame commence à déplacer la matière là où elle traîne au fond et le détritit est mis en mouvement vers le rivage, tandis que le contre-courant tend à la ramener de nouveau. Le résultat de ces tendances opposées est de maintenir cette matière en mouvement entre le rivage et la ligne de retrait de la vague. Une certaine quantité de matière est ainsi maintenue dans un état d'agitation constante. L'avance et le retrait des vagues qui arrivent perpendiculairement au rivage ne mettent pas la matière en mouvement le long de celui-ci, mais les vagues obliques le font. Un long courant de rivage est mis en œuvre par l'action éolienne et il est très prononcé dans la direction des vents dominants. On doit donc chercher la source de la matière transportée dans la direction des vents dominants.

L'action de la gravitation comme agent de transport a déjà été notée. La matière tombe, roule, glisse ou s'achemine graduellement en bas de la pente, entraînée par cette force et la source de cette matière doit toujours être recherchée en remontant la pente à partir du guidon. Comme preuve de l'action de la pesanteur dans le transport de la matière, qu'il suffise

d'indiquer les talus qui se rencontrent au pied de presque toutes les falaises. La même action générale se produit sur des pentes beaucoup plus douces et partout la matière détachée tend à s'acheminer graduellement vers le bas de la pente.

EFFETS DE L'ÉROSION SUR LES GÎTES MINÉRAUX

Les forces qui usent les amas de roche exposés au jour agissent aussi sur les gîtes minéraux. Généralement parlant, les affleurements de gîtes minéraux sont érodés de la même façon que la roche encaissante environnante. Si les dépôts se composent de matière plus tendre et moins résistante que la roche encaissante environnante, leur position en dessous d'une légère couverture d'humus peut être marquée par des trous ou dépressions. Par contre, des gîtes, tels que les filons de quartz qui se composent de minéraux résistants, peuvent surmonter la roche encaissante. Les terrains ferrifères du nord d'Ontario sont un bel exemple de gîtes de minéraux durs qui ont conservé la forme de crêtes proéminentes par suite de l'érosion plus rapide des roches plus tendres. La configuration du terrain peut, par conséquent, être d'un certain secours en décidant où pratiquer les tranchées quand on croit avoir suivi un guidon jusqu'à sa source.

Les agents d'érosion mettent fréquemment à jour de grandes étendues de roche dans ce qui est autrement une contrée recouverte de drift. Les falaises faisant face au littoral ou au rivage d'un lac, et les canyons découpés par les rivières et les ruisseaux, offrent des affleurements où les pointements de roche sont rares ailleurs, et de précieux gîtes ont déjà été découverts de cette façon. Pour ne citer qu'un exemple, la mine Silver-King, dans le district de Mayo, au Yukon, qui s'est révélée une importante mine d'argent et de plomb, fut découverte par les affleurements rencontrés dans un canyon traversant une région où la couverture de drift avait une épaisseur de 50 à 70 pieds, et où sa mise à jour par tout autre moyen était impossible à cette époque.

GUIDONS DE RIVIÈRE

Le sable, le gravier, les cailloux et les particules minérales qui se présentent dans les anciens lits de rivière, fournissent une preuve plus ou moins exacte des sortes de roche et de gîtes minéraux existant dans le bassin de la rivière. Règle générale, plus la matière est grossière, plus elle est proche de son lieu d'origine, qui doit toujours être recherché en remontant le courant. Quand on a atteint un endroit où cette matière n'existe plus, la recherche doit s'étendre en remontant les tributaires et les flancs de collines jusqu'à ce que la source de la matière soit localisée, alors que le creusage des tranchées doit être entrepris. Le guidon de rivière est du plus grand secours dans la recherche des gîtes minéraux dans les régions qui n'ont pas été érodées par les glaces, telles certaines parties du plateau du Yukon, vu que dans ces cas il ne se présente aucune matière étrangère au bassin hydrographique. Le guidon de rivière peut aussi indiquer, dans une certaine mesure, le minerai dans les régions érodées par les glaces, mais dans ces endroits il faut se rappeler qu'une partie ou beaucoup de la matière peut avoir été charriée de loin par les glaciers.

Dans les régions non-érodées par la glace, le passage à la batée des sables et des graviers est du plus grand secours. Comme exemple, les dépôts alluvionnaires de minerai de tungstène, la scheelite, se présentent dans le ravin du Dublin, au Yukon. La scheelite fut tracée, au moyen de la méthode "à la batée", en remontant les cours d'eau tributaires jusqu'à la surface du plateau. Là où les quantités de scheelite étaient les plus abondantes, les filons d'où cette matière provenait furent localisées à l'aide de tranchées peu profondes.

Il est plus probable que l'on trouvera les minéraux plus durs ou moins solubles tels que l'or, le platine, le cuivre, la galène, la pyrite, la magnétite et le quartz sous forme de placers, plutôt que les minéraux plus tendres ou plus solubles tels que l'hématite et la chalcopyrite. En les passant à la batée, il est bon de se rappeler que certains minéraux sont des éléments constitutifs usuels des roches et leur présence n'indique pas nécessairement que des gîtes existent dans le district. Ces minéraux sont surtout la magnétite et la pyrite. La présence de l'or, de l'argent, du cuivre et des minéraux plombifères et d'un certain nombre d'autres, signifie presque toujours que des gîtes de ces minéraux existent dans le voisinage, bien que ceux-ci puissent être trop pauvres pour être exploités avec avantage. Ainsi, la concentration de l'or dans des dépôts alluvionnaires ne signifie pas toujours que le minerai existe en quantité rémunératrice quand le filon, qui a fourni cet or, est localisé. Dans la région du Klondike, l'or a été suivi à la trace au moyen de la méthode décrite jusqu'à des filets et des filons de quartz dans le schiste, mais aucun de ces filets ou filons ne se sont montrés de taille ou de richesse suffisante pour être exploité avec profit. La méthode "à la batée" doit être pratiquée sur une matière obtenue d'aussi près que possible de la roche de fond, car la concentration des minerais lourds se produit tout près de celle-ci. En général, les petits cours d'eau avec peu de tributaires offrent les meilleurs emplacements pour la mise en pratique de cette méthode, vu que le bassin hydrographique est plus petit, la matière plus rapprochée de sa source, et la preuve n'est pas rendue confuse par le mélange des produits de plusieurs cours d'eau.

Les dépôts de plage sont une forme de dépôts alluvionnaires. En les retraçant jusqu'à leur source, il est essentiel de s'assurer de la direction des vents dominants et des courants du rivage, aussi de déterminer si les cours d'eau tributaires apportent de la matière. Les dépôts de plage, tels que les sables à magnétite sur la rive septentrionale du fleuve Saint-Laurent, sont des concentrations, par les vagues et les courants, de matière amenée au fleuve par des cours d'eau tributaires.

GRAVITATION

C'est un fait d'expérience universelle que la source de la matière trouvée dans le talus au pied de pentes raides, devrait être recherchée dans les falaises et les pentes plus élevées. Ces accumulations de talus se composent de matériaux récemment tombés du haut, et, par conséquent, donnent de bonnes indications si on doit s'attendre d'y rencontrer des gîtes minéraux. Dans le cas de guidons de flanc de coteau, le minéral devrait être retracé en

remontant la colline, jusqu'à l'endroit où il disparaît, et là des tranchées devraient être pratiquées en remontant la colline jusqu'à ce qu'on ait enfin localisé le gîte minéral.

Dans la Gaspésie (Québec), les massifs de minerai de zinc plombifère ont été découverts en suivant des guidons sur la colline jusqu'à leur source. Les parties plus élevées de la Gaspésie ne furent pas érodées par les glaces, de sorte que le mouvement des blocs détachés de roche ou de minéral doit avoir été occasionné par d'autres causes. "La roche encaissante est recouverte d'un lourd manteau de mort-terrain, et, par conséquent, les affleurements sont peu nombreux. La présence du minerai se révèle par des morceaux de galène qui se trouvent dans le terrain meuble... Règle générale, ces morceaux ne viennent pas de loin et on peut ordinairement frapper la veine en pratiquant des tranchées en remontant la colline depuis l'endroit où ces guidons ont été trouvés. Dans d'autres cas la veine affleure par endroits¹."

On a aussi eu recours aux guidons pour la découverte et l'exploitation des minerais de Keno-Hill, au Yukon. La surface du plateau dans ce cas a échappé à l'érosion glaciaire et comme le sol est constamment gelé, les matériaux qui constituent le mort-terrain se meuvent lentement, mais la gelée soulève à travers le sol des morceaux de roche et de minéraux fraîchement brisés. C'est en suivant le talus jusqu'au sommet de la colline que l'on a découvert le premier gîte. En développant les propriétés, on s'est rendu compte qu'il existait des traces bien définies de minéral flottant, se composant d'oxyde de manganèse dérivé de la sidérite manganifère des massifs de minerai, de minéraux de fer et de galène. Ces lignes de fragments flottants marquaient virtuellement l'emplacement des filons, les tranchées nécessaires à la découverte des affleurements ne s'étendant en général qu'à quelques pieds de ceux-ci en remontant la colline.

BIBLIOGRAPHIE

Pirsson et Schubert: "Text Book of Geology", Part I, John Wiley & Sons.
Chamberlain et Salisbury: "College Geology"; Henry Holt & Co.

¹Alcock (F.-J.): Com. géol. du Canada, Rap. som. partie D, 1921, p. 89.

CHAPITRE III

TYPES DE GÎTES MINÉRAUX

Ce chapitre comprend une série d'articles traitant de certains types de gîtes minéraux qui se présentent ou peuvent se présenter au Canada. Les divers types sont groupés en deux catégories: les gîtes d'origine en majeure partie ignée et les gîtes d'origine surtout sédimentaire.

GÎTES D'ORIGINE EN MAJEURE PARTIE IGNÉE

FILONS

(*W.-F. James*)

L'étude des gîtes minéraux et métallifères (*voir* chapitre II), a démontré que plusieurs substances minérales utiles sont répandues en faibles quantités par tout le globe, et que, par des procédés naturels de concentration et de précipitation, elles se concentrent, çà et là, en quantité assez considérables pour qu'il soit profitable de les extraire.

Quand les solutions précipitent et concentrent des substances minérales dans une fissure ou tout autre espace étroit de l'écorce terrestre, le corps qui en résulte prend le nom de filon. Quand ces solutions sont des eaux de ruissellement s'infiltrant dans la partie supérieure de l'écorce terrestre et que les substances qu'elles tiennent en suspension proviennent des roches qu'elles traversent, on dit que le filon est d'origine météorique. Quand, d'autre part, les solutions sont des eaux chaudes émanant d'un massif de roche éruptive, généralement à une grande profondeur et portant en dissolution des substances dérivées de la roche ignée fluide, on dit que le filon est d'origine juvénile ou thermique.

Les fissures et les autres ouvertures qui peuvent plus tard se remplir de matière filonienne peuvent varier de diverses façons. Près de la surface il peut se former des fissures par la solution, mais il se peut que la majorité en soit formée par tension ou par compression. La croûte terrestre est soumise à des mouvements, dont quelques-uns se manifestent aujourd'hui par les tremblements de terre. Les forces de compression et de tension, c'est-à-dire les forces qui tendent à comprimer et les forces qui tendent à séparer, agissent pendant ces mouvements et provoquent parfois des dislocations qui sont apparentes même à la surface. Les tremblements de terre du Japon ont produit des failles qui peuvent être suivies à la surface sur plus de 35 milles et dont les rejets ont plus de 10 pieds. Les phénomènes de cette nature sont nombreux dans l'histoire de la terre.

Certaines roches, tels les calcaires, renferment des minéraux facilement solubles par les eaux qui circulent à la surface de la terre. Ces solutions

ont creusé des fissures dans les roches et l'entraînement des minéraux solubles et le creusement sont assez rapides là où les eaux suivent de petites fissures qu'elles élargissent graduellement. Les nombreuses cavernes et gouffres dans les étendues de calcaire et de gypse sont une preuve frappante du pouvoir dissolvant des eaux d'infiltration. De ces cavités existent surtout à de faibles profondeurs, où la pression de la roche sus-jacente n'est pas assez forte pour les fermer et où le mouvement des eaux d'infiltration est assez rapide.

Les forces compressives engendrent les diaclases qu'on retrouve si en évidence dans certaines roches. Elles causent aussi les plis-failles inverses. Quand la compression occasionne le plissement des roches sédimentaires, il se forme parfois des ouvertures; ainsi si des couches de résistance inégale sont plissées en anticlinal, il se forme quelquefois un espace béant à la crête. Les filons en forme de selle de la Nouvelle-Ecosse remplissent des ouvertures de ce genre. Dans certaines conditions, la dislocation se produit dans la crête de l'anticlinal, formant ainsi une ouverture propre à contenir un filon plus récent. La dislocation compressive peut aussi produire des zones cisailées et broyées qui fournissent des voies aux solutions minéralisatrices.

La contraction ou le retrait d'un massif de roche produit des fentes ou fissures analogues à celles qui se forment dans le laitier qui se refroidit rapidement ou dans la boue qui sèche. Cette contraction peut se produire pendant le changement d'un calcaire en une dolomie, ou pendant le séchage d'un sédiment argilacé. Des fissures se forment aussi dans les massifs éruptifs à mesure qu'ils se contractent en refroidissant. Des petites fentes de ce genre se présentent dans de petites intrusions porphyriques dans le nord d'Ontario. Elles sont cicatrisées avec du quartz renfermant, çà et là, de l'or natif. Certains auteurs soutiennent que des ouvertures peuvent se former par la pression des solutions filoniennes en s'éloignant du magma principal vers des zones de moindre pression, une telle action étant limitée aux zones profondes où la pression, est intense.

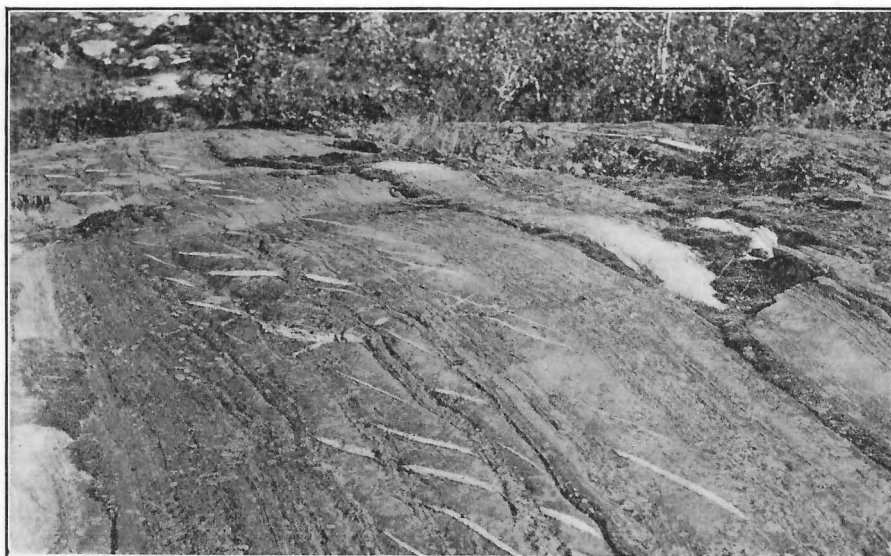
Certaines roches possèdent une structure très résistante et se fracturent difficilement, mais conserveront une fracture une fois que celle-ci est ouverte. D'autres, comme les ardoises sont tellement faibles et tendres, bien qu'elles cèdent facilement, qu'une fracture est vite fermée par l'écoulement de la roche. Le poids des roches sus-jacentes est tellement puissant à de grandes profondeurs que les roches qui ne sont pas supportées coulent comme du mastic, de sorte qu'il ne persiste pas de fractures dans lesquelles les filons puissent se former. Des expériences démontrent que les cavités peuvent rester ouvertes dans une roche aussi résistante que le granite, à des profondeurs de 11 milles ou plus, mais l'opinion générale est que les filons se forment à des profondeurs beaucoup moins grandes, ne dépassant probablement pas 3 milles.

L'influence de la résistance des roches sur les ouvertures formées en leur sein se manifeste dans les filons traversant des roches de différente résistance. Dans les roches dures les fissures sont droites, à épontes bien taillées, tandis qu'en passant dans des roches plus tendres, elles sont plus petites et disparaissent parfois totalement. Les filons près du bord d'un

massif de granite sont, en certains cas, assez réguliers dans la roche envahie, mais disparaissent par étranglement un peu plus loin dans la roche intrusive.

En général, une fissure dans un massif de roche met peu de temps à se combler, et se remplit de matières apportées par les solutions météoriques ou thermiques. Les eaux sont continuellement en circulation à la surface de la terre et dissolvent les divers éléments des roches. Les minéraux usuels, comme le quartz et les carbonates, sont facilement pris en solution et forment très souvent la gangue des dépôts de sulfures qui sont formés par les eaux de surface circulant juste en dessous de la surface. La précipitation par les solutions peut se produire en raison des réactions chimiques, de la sursaturation, ou d'autres causes, ayant pour résultat la formation

PLANCHE II



Filons de quartz dans des couches alternes de quartzite friable et de matière argilitique plus plastique, près de Cutler (Ontario), illustrant l'influence des roches dures et des roches plastiques sur la formation du filon.

d'un massif solide de minéral dont la forme et l'emplacement dépendent de la forme et de l'emplacement de l'ouverture dans laquelle les solutions déposent les minéraux qu'elles tiennent en suspension. Dans le voisinage des intrusions ignées, les solutions à teneur minérale émanant de la roche intrusive tendent à s'élever à la surface par les fissures, dans lesquelles elles déposent des amas de minéral au gré de conditions favorables. Dans ces deux cas une fissure propice existait avant l'arrivée des solutions minéralisatrices, qui ont suivi les chenaux naturels et les ont petit à petit remplis de minéraux massifs qui ont formé des filons.

Tous les filons ne se sont pas formés dans des cavités, par l'introduction de substances minérales. Certains filons sont le résultat de la substitution de

la roche encaissante par des solutions renfermant des éléments minéralisateurs. Pendant le remplacement, les minéraux du massif primitif sont dissous et remplacés par les minéraux de la solution dissolvante susceptibles de cristalliser. Les gîtes de cette nature sont intéressants pour le prospecteur lorsque des substances tels que l'or et les minéraux cuprifères, etc., se trouvent parmi ceux qui remplacent la roche encaissance primitive. Des solutions froides ou chaudes peuvent remplacer une roche, bien qu'il soit probable que les solutions chaudes agissent plus profondément et plus rapidement que les solutions froides. Les solutions de substitution sont, en bien des cas, riches en silice et en carbonate, et renferment parfois divers métaux déposés sous forme de silicates, sulfures, métaux natifs, etc. Les solutions peuvent s'infiltrer lentement par des fissures microscopiques et remplacer, cristal par cristal, la roche qu'elles traversent, mais le remplacement s'opère plus rapidement dans une roche dans laquelle les solutions circulent par une voie d'infiltration bien établie et viennent en contact avec une roche encaissante remplie de brèches. Comme le remplacement rend généralement la roche plus poreuse, il s'opère de plus en plus rapidement et complètement.

Le remplacement par les solutions froides de haut en bas à travers une fissure, est moins intense que par les solutions chaudes ascendantes. Par l'action des solutions froides s'infiltrant en profondeur, le kaolin remplace les feldspaths, le quartz et la chlorite se déposent et les sulfures tels que la pyrite, la galène et la sphalérite remplacent les silicates. La silicification des calcaires se produit habituellement par l'action de ces faibles solutions froides. Là où les roches sont modifiées en profondeur par des solutions chaudes ascendantes, les transformations sont plus intenses, les sédiments, tels que les grauwackes, sont remplacés par la silice, au point que certaines couches plus perméables et moins résistantes sont parfois transformées en quartz presque pur contenant des bandes de silicates intacts et de sulfures apportés par les solutions de remplacement. L'aspect rubané de la grauwacke primitive persiste dans le remplacement. Quelques-uns des filons aurifères dans les sédiments du Timiskaming, dans le Québec occidental, appartiennent à ce type. Les roches intrusives sont aussi remplacées quelquefois par des minéraux, tels que le quartz et les carbonates, qui renferment parfois de l'or, comme dans les gîtes aurifères de Larder-Lake où les tufs sont remplacés par du quartz, du carbonate, de la pyrite, de l'arsénopyrite et de l'or.

L'action sélective du remplacement est en évidence lorsqu'un filon de substitution traverse des couches de composition différente. Dans une couche plus facilement remplaçable, le filon s'élargit, tandis qu'ils se rétrécit dans les couches plus difficiles à remplacer. Là où le même réseau de fissures recoupe du granite et des roches sédimentaires, le filon dans le granite n'est parfois qu'un remplissage, tandis que dans les sédiments, il s'est surtout formé par substitution. Le remplacement comporte la formation d'un assemblage de minéraux stables dans les conditions existantes au moment et au point de sa formation. Certains minéraux résistants pré-existant peuvent demeurer insensibles, et pour cette raison la quantité en est à peu près égale dans le filon de remplacement et dans la roche encais-

sante environnante. Par contre, les minéraux complexes peuvent se former à même les éléments originels de la roche avec un faible apport, parfois sans aucun apport, par les solutions envahissantes, ou encore certains éléments peuvent venir s'ajouter et d'autres disparaître. On trouvera que dans un filon de substitution la démarcation nette qui marque un filon de remplissage fait défaut, en d'autres termes, que le filon n'a aucune éponte définie et les minerais utiles, s'il s'en trouve, décroissent latéralement jusqu'à la roche de fond stérile.

Bien que l'on distingue les filons de remplissage et les filons de substitution, ils sont sensiblement identiques par plus d'un trait. Le remplacement de la roche de fond est perceptible sur les épontes de presque toutes les fissures qui se sont formées à la suite du remplissage par les solutions, et dans ces filons de substitution certaines matières filoniennes ont pris naissance par les mêmes phénomènes qui ont engendré les filons de fissures normales.

Dans un sens plus strict, un filon est un massif tabulaire: (1) qui occupe une fracture ou une série de fractures ou qui leur est intimement associé; (2) qui s'est formé à partir de solutions qui ont déposé des matières dans les fractures, ou remplacé la roche encaissante, ou par les deux à la fois. Il y a tendance à réserver le terme de filon à un massif dans lequel le remplacement a eu peu ou point d'influence. Le terme *filon* peut aussi s'appliquer aux veines, alors qu'il dénote plus l'allure tabulaire d'un dépôt que son origine. Par *filon de remplacement*, on désigne un massif filonien provenant de la substitution d'autres minéraux à ses minéraux primitifs, plutôt que de la précipitation de minéraux dans une fissure déjà existante. *Les fissures de retrait* sont des filonnets qui remplissent de petites fissures peu profondes ou de peu de longueur. Le terme s'applique souvent à des filonnets de calcite dans les calcaires. Le *filon-couche* est un filon parallèle à la direction et au pendage de la roche encaissante tandis que la *veine stratifiée* consiste en un certain nombre de couches ou lits de différente composition minérale. La *lentille* décrit une veine ou une partie de veine, large à sa partie centrale et étroite à ses extrémités. Les lentilles de matière filonienne se retrouvent ordinairement dans le schiste, parallèlement à la schistosité, à une profondeur qui ne dépasse pas leur longueur, qui est généralement faible. *Les filons en selle* ou en voûte, désignation fort juste, se composent de deux membres à pendage opposé, avec une crête considérablement plus épaisse que les membres. Ils sont particulièrement bien développés entre les couches sédimentaires plissées en anticlinal. Les filons aurifères de la Nouvelle-Ecosse constituent d'excellents exemples de filons en voûte.

Les filons simples du type de ceux qui sont énumérés plus haut ne sont peut-être pas aussi fréquents que les filons dits composés. Un type ordinaire est le *stockwerk*, soit un amas de roche traversé par d'innombrables filons, gros et petits, qui s'entrecoupent irrégulièrement. Les filons pris individuellement, sont ordinairement trop petits pour être exploités séparément et un gisement de ce type n'a de valeur que lorsque les filons sont très rapprochés et que la roche encaissante elle-même renferme des minerais utiles. Le refroidissement de petits amas intrusifs produit parfois des fissures, qui,

quand elles sont remplies de matière filonienne, constituent un stockwerk, qui affecte généralement la forme d'un gros dépôt à basse teneur. Les gîtes de quartz aurifère forment parfois des stockwerks.

Une zone fissurée est un amas de roche recoupé par un grand nombre de crevasses irrégulières. Le champ de fissuration a une longueur considérable en comparaison de sa largeur. Les fissures peuvent être remplies de matière filonienne et la roche encaissante peut aussi être remplacée par des minéraux exploitables. Si la zone fissurée renferme un réseau de petits filons parallèles à la direction de la zone et entrecoupés à angles droits par des filonnets plus courts, le gîte est alors connu sous le nom de *filon réticulé*. Quand la zone fissurée contient un grand nombre de veinules parallèles très rapprochées, avec un peu de remplacement de la roche encaissante intermédiaire, on l'appelle *zone en nappe*. Une *zone de laminage* est une bande de roche qui a subi un broyage et une compression intenses, en d'autres termes, c'est une zone de schistes bien développés. Les ouvertures sont pour la plupart parallèles à la direction de la schistosité et sont généralement petites en comparaison du volume de roche déformée. L'importance d'une zone de laminage ou dite de cisaillement comme gîte minéralisé tient au fait que les solutions minéralisatrices trouvent en maints cas en cette zone une voie d'infiltration favorable et remplacent certaines parties du schiste par des minéraux exploitables et comblent les fissures de minéraux de gangue et de minerai.

Un filon peut occuper une fissure, sans la remplir complètement. Par exemple, un filon gisant dans une fissure peut apparaître comme une série d'amas interrompus l'un de l'autre sur de courtes distances en direction de leur allure et faisant irrégulièrement nœud et ventre. Le long d'une fissure de ce genre les concentrations de quartz filonien apparaissent à intervalles, entre lesquels il ne se trouve aucune substance de veine. Cette disposition persiste souvent au bas du pendage du filon. Certaine matière filonienne peut persister jusqu'à la profondeur maximum atteinte par une telle fissure. Cette condition exposée plus haut est très souvent compliquée par des dislocations qui se sont produites après la formation du filon. On sait que les fissures de faille persistent sur plusieurs milles, mais elles contiennent très rarement de la substance de veine sur toute leur longueur.

La teneur minéral d'un filon est classée en: (1) *minéraux de gîte*, qui renferment les éléments susceptibles d'être exploités avec profit; et (2) les *minéraux de gangue*, qui sont inutiles et parfois même encombrants. Ainsi dans un filon aurifère, les minéraux de gîte peuvent se composer d'or libre et de sulfures contenant de l'or, tandis que les minéraux de gangue consistent principalement en quartz avec d'autres minéraux, tels que la calcite, la tourmaline, la scheelite, ou des sulfures sans teneur d'or. De grandes parties du filon peuvent renfermer une quantité d'or si faible qu'elle ne défraie pas les frais d'extraction, tandis que d'autres peuvent contenir des teneurs qui soient au moins exploitables et probablement très riches. Les sections renfermant le plus riche minerai sont connues sous le nom de *colonnes de richesse*. En estimant la valeur d'un gîte filonien, il faut avoir soin de déterminer l'étendue des colonnes de richesse et d'estimer quelle est sa proportion du total de la matière qui doit être extraite.

On a proposé différents termes pour décrire les dimensions d'une colonne de richesse. La *longueur de l'inclinaison* est la distance entre les bouts extrêmes de la coulée de minerai. *L'inclinaison* est l'angle entre la direction de la longueur d'inclinaison et un plan horizontal. *L'épaisseur* se mesure perpendiculairement au plan du filon.

Les contours des colonnes de richesse présentent la plus grande variété. Elles varient de gros massifs irréguliers à de longs massifs cylindriques, connus sous le nom de *cheminées de minerai*, ou se présentent en petits amas en forme de poche appelés *rognons* ou *nids*. Une certaine similitude se retrouve souvent dans la nature des coulées de minerai aux différentes mines.

Les colonnes de minerai, en certains cas, sont le résultat de la réouverture de parties d'un filon et de l'injection le long de ces dernières fractures de minéraux de gîtes et de gangue d'une seconde période de minéralisation. Dans ces cas, le gros de la matière fillonienne est de faible teneur sauf là où les dernières solutions ont atteint le filon par les fractures secondaires. La preuve de la réouverture du filon est offerte par son état disloqué et l'existence des minéraux récents confinés aux fractures ou à leur voisinage immédiat.

La façon dont le filon affleure à la surface dépend de divers agents, mais surtout de la vitesse de l'altération et de l'érosion du filon, en fonction de celle de la roche environnante. Si le filon est plus résistant à l'intempérisme que la roche encaissante, il tend à former des affleurements proéminents, mais cette conformation peut être modifiée si le filon gît dans une roche beaucoup plus tendre que les massifs de roche du voisinage, car alors l'érosion relativement rapide de la roche immédiatement environnante arase aussi la surface du filon. Un cas particulier est celui de certains filons de quartz aurifère dans le porphyre carbonaté et minéralisé, recoupant des roches silicifiées résistantes. Bien que les filons de quartz aurifère se transforment assez lentement, on les trouve dans du terrain bas à cause de l'altération rapide du porphyre encaissant relativement à celle des roches envahies.

Les filons à haute teneur de carbonate s'altèrent d'ordinaire plus rapidement que les roches qu'ils recoupent. Ceux à haute teneur en minéraux, tels que la pyrite et la pyrite cuprifère, se désagrègent rapidement à cause de l'oxydation de la pyrite et le glissement subséquent de la matière filonienne non-métallique. Les filons de ce type sont susceptibles de reposer dans des dépressions, car ils s'oxydent rapidement et le chapeau de fer tendre, le produit de l'altération, disparaît facilement par érosion. Les filons susceptibles de se dresser sur une surface rocheuse sont surtout ceux qui se composent de quartz sans beaucoup de minéral métallique.

Dans certaines mines, les filons suivent une ou plusieurs directions définies, tandis que dans d'autres les filons s'orientent très irrégulièrement. Généralement dans une même mine, les filons suivent certaines directions déterminées par le plissement ou la dislocation des strates.

L'étude des filons à travers le monde a permis de les classer d'après leur température au moment de la formation. Les notions acquises sur la température et la pression existant en profondeur, évidemment hors de

toute observation directe, se fondent sur certains faits. L'expérience a révélé à quelles températures et pressions se forment certains minéraux et dans quelles conditions ils demeurent stables. Les combinaisons de minéraux dans des massifs de roche que l'on sait s'être formés à de grandes profondeurs et à de hautes températures sont différentes de celles qu'on observe dans des massifs qui se sont formés à des températures et des pressions moins élevées. Dans les régions montagneuses, des changements se produisent dans les assemblages minéraux des gîtes qui peuvent être observés à des niveaux de plus en plus profonds. L'étude de ces modifications et d'autres faits a démontré que certains minéraux ne se forment que dans des conditions assez bien définies de pression et de température, qui constituent un certain critère à l'observation, tandis que d'autres minéraux se forment pendant une grande variation de température et de pression et pour cette raison sont appelés des minéraux stables. Ainsi, les minéraux tels que l'or, la pyrite, le quartz et la chalcopryrite se développent dans des conditions nombreuses et variées, tandis que les minéraux tels que la tourmaline, la pyrrotine et la scheelite se forment en des points où la température et la pression sont élevées.

La classification des filons par Lindgren, d'après la température et la pression de formation, est brièvement décrite ci-après :

FILONS DE HAUTE TEMPÉRATURE

Température de 300° C., à 500° C.; pression très forte; actions de remplacement sur la roche encaissante, intense; minéraux, tels que les divers minéraux formant les roches que l'on ne rencontre ordinairement que dans les roches ignées, tourmaline, pyrrotine, oxydes; forme des filons, irrégulière et lenticulaire, à cause de la forte pression.

FILONS DE TEMPÉRATURE ET DE PRESSION MOYENNES

Température 175° C., à 300° C.; pression, telle qu'à des profondeurs de 4,000 à 12,000 pieds; action de remplacement moins intense, mais marquée, affectant les sédiments plus malléables; intense près du filon; forme du filon, plus régulière que dans les filons de haute température; minéraux de gîtes, sulfures, arséniures, sulfantimoniures, sulfarséniures; oxydes rares; minéraux de gangue, quartz et carbonates.

FILONS PEU PROFONDS

Température 50° C., à 150° C.; pression modérée; altération considérable de la roche à cause de la facilité avec laquelle les solutions circulent dans la roche poreuse; forme déterminée par les irrégularités de la zone de fissuration près de la surface; minéraux un peu semblables à ceux qui sont mentionnés plus haut, barytine, fluorine, carbonates, quartz et adulaires.

Il est difficile d'estimer à quelle profondeur les filons de haute température se sont formés, car la proximité de gros amas intrusifs à une assez faible profondeur peut engendrer des conditions de température et de pression qui, dans les localités où les roches intrusives sont plus distantes, ne se produiraient qu'à des profondeurs beaucoup plus grandes.

Parmi les filons de haute température au Canada, on note ceux de Porcupine, là où l'or habite le quartz et où le schiste est associé à des porphyres quartzifères intrusifs et à d'autres roches acides. On y rencontre des minéraux de haute température, tels que la tourmaline, le feldspath, la scheelite et la pyrrhotine. Les gîtes de Rossland sont des filons de remplacement dans la monzonite et la porphyrite à augite et renferment de l'or, de l'argent, du cuivre et des minéraux tels que biotite, grenat, pyrrhotine et molybdénite.

Les filons de température moyenne sont très bien représentés au Canada par les filons de quartz aurifère de la Nouvelle-Ecosse, les filons d'argent-cuivre-nickel de Cobalt, et par un grand nombre de filons d'argent-plomb-zinc-or de la Colombie britannique. Les filons de haute et de moyenne température se rencontrent surtout dans les régions qui ont été profondément érodées. Les filons de faible profondeur se présentent dans les régions qui ont été peu érodées et généralement dans des territoires d'activité volcanique assez récente. La majeure partie du Canada a été trop profondément érodée pour donner naissance à des filons de ce type, mais certaines étendues de la côte du Pacifique possèdent une minéralisation de ce genre.

GÎTES DE REMPLACEMENT

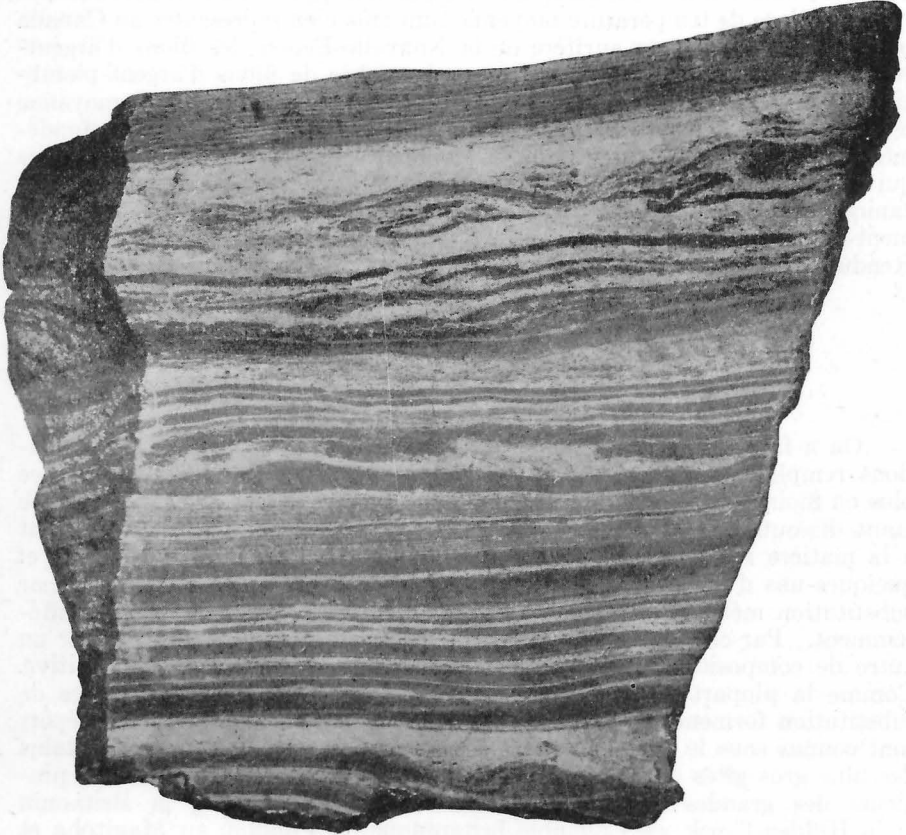
(*Victor Dolmage*)

On a fait remarquer dans la partie consacrée aux filons, que les solutions remplissant les fissures et les autres cavités, attaquent aussi, avec plus ou moins d'intensité, les épontes et les remplacent, la matière rocheuse étant dissoute et les éléments minéralisateurs des solutions se substituant à la matière rocheuse. Plusieurs gîtes de cuivre, de plomb et de zinc, et quelques-uns d'argent et d'or se sont formés par ce remplacement, ou par substitution métasomatique, ou métasomatose, comme on l'appelle indifféremment. Par ce phénomène une roche ou un minéral est remplacé par un autre de composition différente, mais le massif garde sa forme primitive. Comme la plupart des minéraux métalliques qui constituent les gîtes de substitution forment des sulfures en combinaison avec le soufre, les dépôts sont connus sous le nom de dépôts de sulfures de remplacement. Certains des plus gros gîtes de sulfures de l'univers sont de cette catégorie et plusieurs des grandes mines du Canada, telles la Sullivan, la Britannia et la Hidden-Creek, en Colombie britannique, la Flinflon, au Manitoba et les gisements de cuivre, zinc et or récemment découverts dans Québec, appartiennent à ce type. Ce sont des remplacements de carbonate, dont les formations ferrifères à sidérite du district de Michipicoten et d'autres parties du nord de l'Ontario constituent des exemples en grand. En fait, dans ces formations ferrifères, le remplacement du carbonate et le remplacement du sulfure se présentent ensemble. On opine que le remplacement de silicate est fréquent dans les gîtes de pegmatite et qu'il peut aussi s'y produire un remplacement d'une autre nature, mais les remplacements de sulfure sont les plus nombreux et les plus importants.

Le remplacement s'opère par les eaux chargées d'éléments métalliques qui s'infiltrant dans les petites fractures, dissolvent les roches et les miné-

raux qui s'y trouvent déjà, et déposent en même temps à leur place les minéraux métalliques. Le processus se continue pendant de longues périodes et d'immenses quantités de matière peuvent être enlevées lentement, mais progressivement, et remplacées par d'autres. Le phénomène s'opère si insensiblement que la structure des roches primitives est ordinairement bien

PLANCHE III



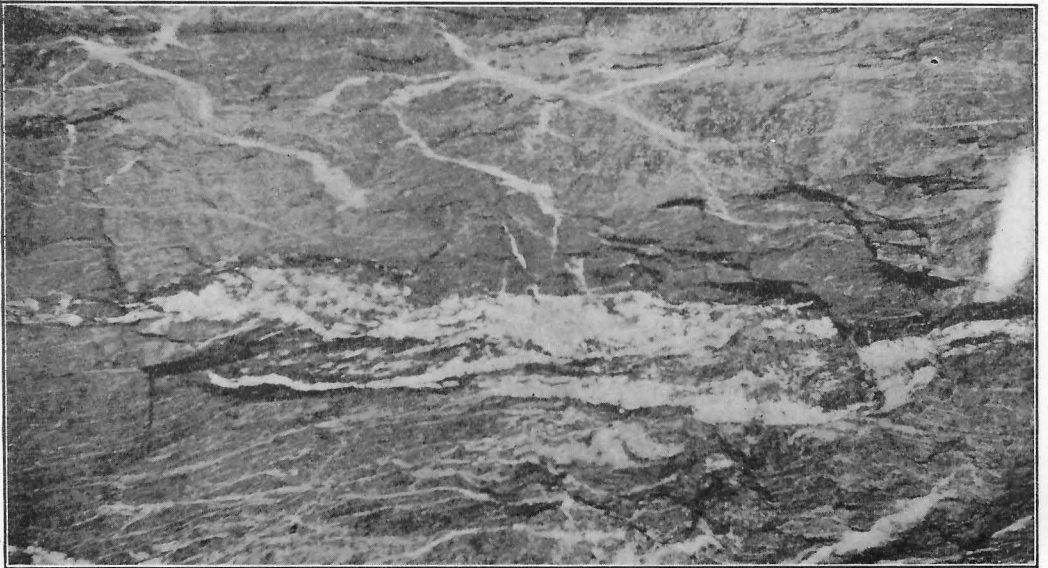
Minerai de la mine Sullivan, composé de galène (blanc), de blende et de pyrrhotine montrant le remplacement d'une roche sédimentaire rubanée par des sulfures, avec conservation de la structure rubanée primitive; $\frac{2}{3}$ de la grandeur naturelle.

conservée, même parfaitement dans certains cas, dans les minerais qui s'y substituent. Le phénomène trouve une excellente illustration dans le bois pétrifié qui est un remplacement de silicate, où le grain, les fibres et même les pores du bois sont facilement perceptibles malgré que la substance ligneuse ait été entièrement remplacée par la silice. Un bon exemple de formation d'un gîte considérable par substitution est le massif Sullivan, de Kimberley (C.-B.). A cet endroit, une couche mince rubanée de

roche sédimentaire de 50 à 100 pieds d'épaisseur a, par places, été complètement remplacée par des sulfures de fer, de plomb et de zinc; cependant, le fasciage primitif de la roche sédimentaire avec tous ses plis et ses contorsions est conservé intact (*voir* planche III).

Le minerai des gîtes de sulfures de remplacement se compose en grande partie d'un ou de plusieurs des minéraux suivants: pyrite, pyrrhotine, chalcopryrite, blende, galène et bornite. Certains massifs de remplacement se composent essentiellement de dépôts de cuivre, dans lesquels la chalcopryrite ou la bornite sont les minéraux dominants; ces massifs renferment presque toujours de petites, mais importantes quantités d'or; en certains cas une faible proportion d'argent et aussi parfois d'importantes teneurs en zinc. D'autres sont essentiellement des dépôts de plomb ou de zinc piombi-

PLANCHE IV



Remplacement du chloritoschiste par le quartz (blanc), niveau principal, mines Britannia, Colombie britannique.

fère, composés surtout de galène et de blende. Ces derniers, dans la plupart des cas, renferment d'importantes teneurs d'argent, mais rarement d'or. D'autres encore consistent surtout en pyrite, mais contiennent de précieuses quantités d'or ou un mélange d'or et d'argent, tel, par exemple, le gisement "Premier", au nord de la Colombie britannique.

Les minéraux de gangue sont ordinairement clairsemés et en grande partie des vestiges des premières épontes plus ou moins transformés en minéraux tels que séricite, chlorite, biotite, quartz, et zoïsite, un peu suivant la nature de la matière remplacée et la température et la pression auxquelles les remplacements se sont produits. Le massif Sullivan a peu ou

point de gangue, tandis que celui de Britannia possède de grandes quantités de chlorite et de quartz (*voir* planche IV). Là où les roches volcaniques sont remplacées, la chlorite, la séricite et le quartz sont ordinairement très abondants; là où la roche primitive était du calcaire, on trouve de grandes quantités de grenat, d'épidote, de calcite et de quartz. Le quartz est presque toujours présent et, dans certains gisements, comme dans celui de Britannia, il remplace complètement la roche encaissante, en grandes bandes qu'il est difficile de distinguer d'avec les vrais filons de quartz (*voir* planche IV). Dans la plupart des dépôts de cette catégorie, toutefois, le remplacement est incomplet et on trouve les minéraux de sulfure et de gangue répandus à profusion dans toute la roche primitive qui est toujours beaucoup altérée, non seulement dans le minerai et sur ses bords, mais sur des distances considérables dans tous les sens. Ces larges zones de roche altérée, composées de chlorite, séricite, biotite, quartz, ou grenat, sont souvent d'un grand secours dans la prospection.

Par la façon dont ils se sont formés, les gîtes de remplacement ne possèdent pas d'épontes nettes comme les gîtes filoniens, mais ils disparaissent dans la roche encaissante. Ils ont aussi une forme plus irrégulière et sont ordinairement plus larges et plus courts que les gîtes filoniens. Plusieurs affectent une forme lenticulaire ou se composent d'une série de lentilles soit continues soit interrompues.

Le remplacement est un phénomène chimique qui se produit entre la matière rocheuse massive et une solution minérale. L'intensité de la réaction est d'autant plus vigoureuse que la résistance et l'activité chimique de la solution minéralisatrice augmentent, de sorte que les remplacements sont d'ordinaire opérés par des solutions chaudes. Les solutions proviennent habituellement de massifs de granite, de granodiorite, de monzonite ou d'autres roches analogues à gros grain; par conséquent, les gîtes de ce genre doivent être recherchés dans des régions comme le bouclier canadien et celles des Apalaches et des Cordillères, où ces roches se retrouvent en abondance. Il peut arriver, cependant, comme à la mine Sullivan, que la roche d'où le minerai a émané n'affleure pas, mais qu'elle soit enfouie à une certaine profondeur sous le gîte. Mais comme les remplacements se sont ordinairement opérés près de la roche mère, ils sont généralement exposés quelque part non loin de celle-ci. Comme on peut s'y attendre, les rapports entre les gîtes de substitution et les autres gîtes sont intimes, surtout entre les dépôts filoniens et les dépôts de pegmatite. Les épontes de chaque côté du filon sont fréquemment remplacées en partie et imprégnées de minerai abandonné par les solutions qui ont rempli les filons.

Dans la plupart des gîtes de remplacement, mais non dans tous, les solutions minéralisées se sont échappées de la roche mère dans les roches environnantes avant que les métaux aient précipité, de sorte que, les dépôts sont dans plusieurs sortes de roches. Cependant, certaines roches, comme les schistes, les tufs volcaniques et toutes les roches fissurées ou cisailées, sont plus poreuses que d'autres et il n'est que naturel que les solutions circulent dans les roches poreuses et y déposent leurs métaux. Le calcaire est non seulement poreux mais il est facilement dissout par les solutions minéralisatrices. Il est donc tout à fait propice au remplacement. Certains des plus gros gîtes de ce genre se trouvent dans le calcaire.

Le prospecteur à la recherche de gîtes minéraux devrait s'attacher avant tout à l'exploration des zones de contact entre le granite, la granodiorite, la monzonite et les phases porphyriques de ces roches d'une part, et les roches poreuses telles que les tufs, les calcaires ou les roches cisaillées d'autre part, et il devrait fouiller avec grand soin les contacts où les roches offrent quelque indice d'attaque par les solutions métallifères. Sur ce point, il ne faut pas oublier que la zone de contact est infiniment plus importante que la ligne de contact elle-même. La zone d'influence d'une grande intrusion est en certains cas considérable, puisque la roche intrusive est supposée s'étendre en profondeur sous les roches qui bordent la roche intrusive à la surface. On pourrait donc localiser des gîtes à de grandes distances des affleurements de la roche intrusive. La plupart des gîtes de remplacement renferment du sulfure de fer transformé en rouille à la surface. Cette rouille tache le minerai et les roches environnantes et leur communique une teinte caractéristique brun rougeâtre souvent visible à de grandes distances. Ce "chapeau de fer" est un excellent guide pour le prospecteur et mérite toujours d'être exploré.

Les gîtes de remplacement, plus peut-être que ceux de tout autre genre, les dépôts de pegmatite exceptés, varient considérablement en richesse. Si la roche remplacée n'était pas uniforme et se composait de différentes variétés de roches, ou si elle était laminée ou fissurée en certains points et massive dans d'autres, on trouverait probablement de même des filets riches et pauvres dans les gîtes minéralisés. C'est pourquoi il importe que les échantillons soient gros et prélevés, en autant que possible, d'un bout à l'autre du gîte. Le prélèvement de petits échantillons choisis est susceptible d'induire en erreur quant à la valeur considérable ou minime de tout le gisement.

GÎTES D'INFLUENCE MÉTAMORPHIQUE

(*M.-E. Wilson*)

A différents temps, au cours des époques géologiques anciennes, des magmas (roche en fusion), ont percé l'écorce terrestre et se sont refroidis sous forme d'amas de roches éruptives. Ils sont connus d'après leur forme et leurs rapports surtout comme dykes, filons-couches, amas de roche, ou batholithes, mais collectivement, en opposition avec les roches sédimentaires, ils sont ordinairement désignés sous le nom d'amas intrusifs. L'action prolongée de l'intempérisme, de l'eau courante et d'autres agents à la surface de la terre au cours des temps, use les roches recouvrant ces intrusions, de sorte qu'en maints endroits elles sont mises à nu et peuvent être étudiées en détail quant à leur nature, leur forme et leurs rapports. En général, l'intrusion de ces amas de matière en fusion a eu un effet marqué sur les roches envahies en développant une zone d'influence métamorphique ou auréole, de largeur variée, sur les bords de la roche intrusive. Les modifications apportées par la roche intrusive peuvent comprendre: (1) la recristallisation des éléments des roches adjacentes; (2) des réactions chimiques entre les émanations gazeuses ou liquides de la roche intrusive et les éléments

des roches adjacentes et (3) l'injection de matières émanant de la roche intrusive dans la zone de contact, ou plusieurs de ces phénomènes à la fois. Par le premier de ces changements le grès est transformé en quartzite, le schiste ou la grauwacke en micaschiste grenatique et le calcaire en calcaire cristallin. Si la roche envahie possède une composition analogue à celle des émanations intrusives, par exemple, quand le grès ou quartzite composé presque entièrement de silice est envahi par du granite, dont la principale émanation est aussi la silice, les possibilités qu'il y ait réaction chimique dans la zone de contact sont faibles. Par contre, si la composition de la roche envahie est différente de celle des émanations (de la roche intrusive), il pourra se former une grande variété de minéraux. Ce phénomène de réaction est mieux illustré par l'intrusion du granite ou d'autres roches ignées acides dans le calcaire ou la dolomie, car le gaz carbonique du calcaire ou de la dolomie peut s'échapper sous forme de gaz, laissant la chaux et la magnésie libres de s'unir à la silice émanant de la roche intrusive, de sorte qu'il en résulte une abondance de minéraux de chaux et de silicate. Dans la plupart des cas, divers éléments, autres que la silice, sont abandonnés par la roche intrusive qui entre en combinaison avec une autre et avec la chaux et la magnésie, ou d'autres éléments de la roche envahie, augmentant ainsi la variété et la complexité des minéraux qui en résultent. Les agrégats minéraux de cette catégorie, ou les agrégats composés en partie de minéraux de ce groupe, se nomment gîtes d'influence métamorphique. Leur développement peut être accompagné de l'injection d'oxydes métalliques tels que la magnétite et l'hématite ou de sulfures tels que la chalcoppyrite, pyrite, blende, molybdénite, arsénopyrite et galène, ou encore d'autre matière émanant de la roche ignée, et de cette façon les dépôts d'influence métamorphique passent aux gîtes de remplacement. On a l'habitude, toutefois, de considérer tous les gîtes contenant des minéraux caractéristiques de métamorphisme de contact, tels que grenat, épidote, diopside et trémolite, comme dépôts d'influence métamorphique. Les gîtes de ce genre, ainsi qu'on en peut conclure d'après leur mode de développement, ont en général une forme irrégulière et discontinue. Ils se présentent parfois au bord de la roche intrusive ou ailleurs dans la zone de contact, partout où les émanations de la roche intrusive ont pénétré.

Les gîtes d'influence métamorphique sont fort nombreux au Canada, mais en particulier dans les Cordillères, en Colombie britannique et au Yukon, ainsi que dans le bord méridional du bouclier canadien, entre la baie Georgienne et le détroit de Belle-Isle (sous-province précambrienne de Grenville). Les plus importants gîtes connus dans la région des Cordillères se trouvent dans le sud de la Colombie britannique et dans le territoire adjacent au batholithe de la chaîne côtière, surtout sur les îles de Vancouver et de Reine-Charlotte. Des gîtes métalliques typiques d'influence métamorphique sont bien en évidence dans le sud de la Colombie britannique, dans les mines Phoenix, Franklin et Hedley. Les principaux minéraux d'influence métamorphique de ces gîtes sont le grenat, épidote, calcite, diopside et trémolite. Les plus importants minéraux de gîte sont la chalcoppyrite, pyrite, hématite et magnétite à Phoenix; la chalcoppyrite, pyrite magné-

tite, blende et galène à Franklin, et l'arsénopyrite aurifère, pyrrhotine, chalcopryrite et sphalérite à Hedley. A Phoenix et à Franklin, les gîtes sont associés à de la granodiorite et, à Hedley, à du gabbro à diorite. La roche envahie, comme le révèle l'analyse minéralogique des minéraux de gangue, est du calcaire à ces endroits. Près du mont Whymper, à proximité de la frontière de l'Alberta, au sud-ouest de Banff, se trouve un dépôt de talc massif (stéatite), type d'un gîte non-métallique d'influence métamorphique. Ce gisement est associé à de la dolomie et s'est évidemment formé par la réaction des émanations siliceuses des intrusions de syénite et de roches connexes qui affleurent dans le district d'Ice-River, à quelques milles au nord-ouest, mais qui se retrouvent probablement en profondeur beaucoup plus près du gisement. Le minéral dominant en valeur commerciale dans les gîtes d'influence métamorphique de la zone côtière de la Colombie britannique est la magnétite. Le grenat, pyroxène, calcite, épidote, hornblende, pyrite et chalcopryrite sont d'autres minéraux habitant ces gîtes. Ils sont surtout associés aux roches intrusives de granodiorite et de diorite, appartenant à la zone batholithique de la chaîne côtière et se trouvent pour la plupart là où ces roches sont envahies par le calcaire triasique.

Les gîtes d'influence métamorphique, en bordure du bouclier canadien dans le sud-est d'Ontario et de Québec, comprennent une variété de dépôts minéraux, surtout non-métalliques. Les plus importants sont le graphite, magnésite, mica ambré (phlogopite), apatite, talc, molybdénite et magnétite. Les gisements de graphite se présentent surtout dans des zones au bord des contacts intrusifs de pegmatite, syénite, gabbro et anorthosite. Les principaux minéraux associés, dans la plupart des dépôts, sont le diopside, la scapolite, la wollastonite et la pyrite, mais à la mine Black-Donald, près de Calabogie (Ontario), le plus important gisement de graphite encore découvert au Canada, le principal minéral de gangue est un mica vert pâle (muscovite). Les dépôts de magnésite dans cette zone se rencontrent dans le district de Grenville, comté d'Argenteuil (Québec). Ils se composent surtout de magnésite mélangée de dolomie et de serpentine en proportions variables. Le talc et le diopside habitent aussi parfois les gisements. On croit que ces gisements se sont formés à même le calcaire de Grenville par des réactions avec la magnésite et des solutions à teneur de silice émanant des intrusions voisines de gabbro, dont quelques dykes sont associés avec les gisements. On trouve des dépôts de mica ambré et d'apatite (phosphate de calcium), surtout dans le district de Kingston-Perth (Ontario), et dans Québec, au nord-est d'Ottawa. Ils se composent en grande partie de diopside dans lequel le mica et l'apatite se présentent soit en cristaux disséminés soit en agrégats, ou dans des filons de calcite. Les minéraux satellites les plus fréquents sont la calcite et la scapolite. Les plus rares sont le feldspath, la tremolite, fluorine, tourmaline, titanite, pyrite et pyrrhotine. Ces agrégats se présentent pour la plupart en amas dans le calcaire cristallin de la série de Grenville, dans des régions où il a été intimement envahi par la pegmatite, la syénite, la diorite et l'anorthosite ou par des roches connexes. Très peu nombreux sont les endroits où le gisement s'est développé dans une zone en bordure du contact d'un amas de

pegmatite et de calcaire. Des amas de pegmatite, que les mineurs appellent "blocs roulés", sont aussi nombreux dans les gisements. Le silicate de magnésie, ou talc, est connu dans plusieurs localités dans cette région, mais le gisement le plus important est un amas plissé, de 1,300 pieds de long sur 60 pieds de large, associé à de la dolomie, dans la zone de contact d'un batholithe de granite à Madoc, comté de Hastings (Ontario). Ce gisement s'est évidemment formé par l'action réciproque des émanations siliceuses du granite avec la magnésie de la dolomie. On rencontre de la molybdénite dans la zone de Grenville, disséminée dans des zones de pyroxène, qui se sont développées le long des contacts des intrusions de granite et de pegmatite avec le calcaire de Grenville. Les gisements sont particulièrement abondants dans Québec, au nord-ouest d'Ottawa, et dans les comtés de Haliburton, de Hastings et de Renfrew, dans le sud-est d'Ontario. Des gisements de magnétite d'influence métamorphique se présentent surtout dans le sud-est d'Ontario à des endroits où soit le gabbro, soit le granite, a pénétré le calcaire de Grenville ou de Hastings. Les minéraux associés les plus ordinaires sont le grenat, amphibole, pyrite et pyrrhotine.

Les gîtes d'influence métamorphique ne se trouvent que dans les régions où les roches éruptives ont été envahies et seulement dans les roches qui ont été métamorphosées. Il doit donc s'en trouver au Canada, dans la région des Cordillères, en Colombie britannique et au Yukon, dans le bouclier canadien, et dans la zone orientale des roches plissées envahies dans les régions des Apalaches et de l'Acadie. Ils ne se rencontreront pas dans les Grandes Plaines ou dans les basses terres du Saint-Laurent. Vu qu'ils sont le plus souvent associés au calcaire ou à la dolomie, ils seront très abondants dans les régions où il se trouve du calcaire et de la dolomie, surtout là où ils ont été envahis par les roches éruptives.

On trouvera dans les parties occidentale et méridionale de la région des Cordillères une grande abondance de gîtes d'influence métamorphique. On pourra aussi en trouver dans la partie nord de la zone centrale, là où le complexe basal n'est pas recouvert par les formations tertiaires ou plus récentes, inaltérées ou légèrement altérées. Il ne s'en trouvera probablement pas dans la partie septentrionale de la zone des Rocheuses, car, en autant qu'on le sache, les intrusions ignées sont presque totalement absentes de cette région. Dans le bouclier canadien, sauf quelques gisements isolés, le calcaire métamorphosé ou la dolomie ne sont connus que dans la zone de Grenville, le long de sa bordure méridionale, dans le sud-est d'Ontario et de Québec (déjà mentionné), dans l'île de Baffin, et sur la rive sud du détroit d'Hudson. C'est donc dans ces localités surtout qu'on trouvera des gîtes d'influence métamorphique. Dans la zone orientale des roches plissées, c'est-à-dire dans cette partie du Canada, à l'est de la faille Logan ou Champlain, qui s'étend du lac Champlain jusqu'à Québec, les districts où le calcaire cristallin ou dolomie sont censés exister et, de ce fait, où les gîtes d'influence métamorphique seront le plus probablement découverts sont: çà et là dans les Apalaches, dans les terrains élevés du sud du Nouveau-Brunswick et dans les plateaux (pré-carbonifères), de l'île du Cap-Breton et de la partie septentrionale de la terre ferme de la Nouvelle-Ecosse.

GÎTES MINÉRAUX DES PEGMATITES

(J.-F. Wright)

Sous le terme général de pegmatite sont groupés les dykes et petits amas lenticulaires de roche à grain extrêmement grossier et irrégulier, rencontrés dans les amas en profondeur de roches intrusives ou dans la roche de fond environnant les massifs de roche intrusive. Les roches intrusives tant acides que basiques sont accompagnées de pegmatites de types spéciaux et on s'accorde généralement à dire que les pegmatites représentent des parties du magma abandonnées après que l'amas principal eut cristallisé et, par conséquent, qu'elles sont une des phases finales de l'intrusion. Plusieurs massifs de pegmatites possèdent une teneur minérale fort semblable à celle de l'amas intrusif apparent et, par conséquent, n'ont aucune valeur commerciale. Quelques massifs de pegmatite, toutefois, ont une grande valeur économique vu qu'ils renferment des minéraux usuels tels que le quartz, le feldspath et le mica, dont le grain possède une taille exceptionnelle et une grande pureté. D'autres pegmatites contiennent des petits massifs de minerais métalliques, et certaines renferment des minéraux rares et des pierres précieuses de grande valeur économique et qu'on ne rencontre pas ailleurs. On trouve dans les pegmatites une grande variété de minéraux précieux au point de vue commercial. Les prospecteurs travaillant dans des régions où les pegmatites sont abondantes, et particulièrement dans le bouclier canadien, devraient donc examiner attentivement chaque dyke de pegmatite.

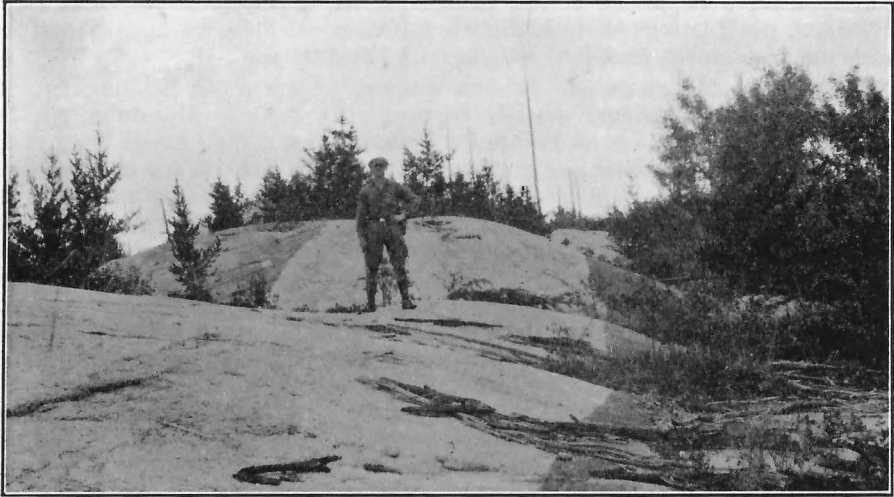
Les pegmatites granitiques sont de beaucoup le groupe le plus important et le plus abondant et sont faciles à distinguer sur le terrain. Elles sont ordinairement blanches ou roses, bien qu'il en existe des variétés grisâtres, crème ou chamois. Les cristaux de feldspath (orthose, microline, albite), de quartz, de mica et un ou deux autres minéraux tels que la tourmaline, la magnétite, la molybdénite, ou le béryl sont faciles à reconnaître dans la plupart des affleurements. Dans une variété de pegmatite, appelée granite graphiteux, le quartz et le feldspath sont intimement entremêlés, de sorte que la surface altérée de maints affleurements ressemble aux inscriptions gravées sur les tablettes des anciens. Un trait caractéristique de plusieurs affleurements de pegmatite granitique est la grande taille des cristaux et la variation marquée de leur dimension. Certaines pegmatites granitiques renferment de très gros cristaux, de 40 pieds ou davantage de longueur, mais le type normal possède rarement des cristaux de plus de 2 pieds. Dans la roche ignée normale la taille des cristaux d'un même minéral varie très peu, tandis que dans la pegmatite un cristal de feldspath de 2 pieds de long peut avoir comme voisins des cristaux de moins de 2 pouces.

La dimension des amas pegmatitiques varie de filonnets d'un pouce ou à peu près de large, à des massifs de plusieurs mille pieds de largeur qu'on peut suivre sur plusieurs milles en direction. On parle couramment de dykes de pegmatite, mais seulement quelques massifs de pegmatite possèdent la forme tabulaire qu'implique le terme dyke. L'expérience minière a révélé qu'un massif de pegmatite à long affleurement étroit peut se terminer en pointe en moins d'une centaine de pieds de profondeur, tandis que,

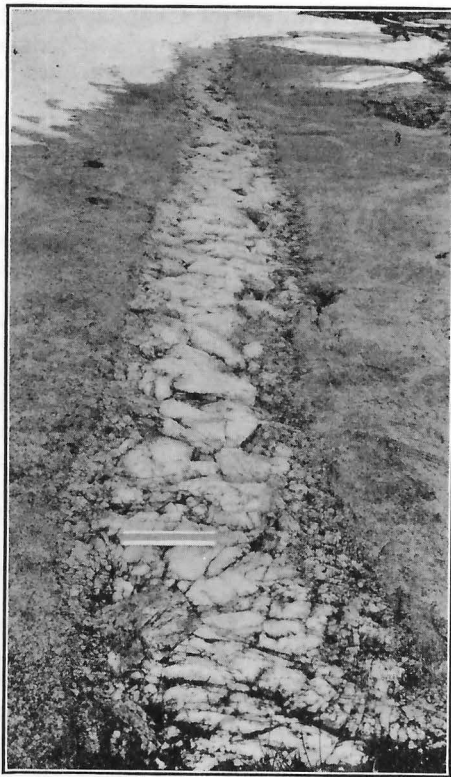
par contre, un amas à court affleurement peut se continuer en forme de colonne jusqu'à une grande profondeur. Plusieurs massifs de pegmatite, qui ont été exploités en vue de leur teneur en minéraux précieux, étaient de forme lenticulaire ou irrégulière et les minéraux précieux se présentaient en poches et en amas irréguliers avec une répartition erratique dans tout l'amas de pegmatite. Ces caractères des gîtes dans les pegmatites rendent presque impossible l'estimation des tonnages de minéraux de gîte en réserve, et, pour cette raison on a cru bon d'exploiter les gisements de minéraux précieux dans les pegmatites sur une petite échelle, sans engager de grands capitaux pour l'outillage et la construction de routes permanentes.

Dans leur répartition, les pegmatites sont associées aux roches intrusives en profondeur, et, par conséquent, ne se trouveront pas dans des régions où l'érosion a mis à jour des roches intrusives de ce type. Dans de grandes étendues du bouclier canadien des roches intrusives de profondeur sont mises à jour et, dans ces endroits, les pegmatites sont abondantes. Jusqu'à présent, toutefois, les pegmatites de cette vaste région n'ont été prospectées que dans quelques localités près des principales voies de transport. Cependant, les pegmatites déjà prospectées ont fourni une grande variété de minéraux, et on a raison de croire que d'autres gisements de minéraux précieux pourront être découverts dans les pegmatites dans plusieurs autres étendues du bouclier canadien. Au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Ecosse, les roches intrusives de profondeur sont aussi exposées au jour et cohabitent avec les pegmatites, mais jusqu'à ce jour ces pegmatites ont été peu prospectées. Dans l'ouest du Canada, les roches intrusives de profondeur sont considérablement à découvert dans les Cordillères de la Colombie britannique, et quelques gîtes ont été trouvés associés avec ces pegmatites. Dans les prairies et dans les montagnes de l'Alberta occidental et de la Colombie britannique orientale on n'a pas encore découvert de roches intrusives de profondeur et aucune pegmatite n'est connue dans cette partie du Canada.

Les minéraux précieux jusqu'ici extraits des pegmatites peuvent être classés sommairement comme silicates, phosphates, et oxydes utiles, minerais métalliques, pierres précieuses et minéraux de terre rare. Dans le premier groupe sont compris le quartz, employé dans la fabrication des articles en verre, et le feldspath, utilisé dans la poterie et comme fondant en métallurgie. Pendant nombre d'années les feldspaths dans les pegmatites du nord de Kingston (Ontario), et récemment, près de Buckingham (Québec), ont été utilisés par l'industrie américaine de la céramique. Les feldspaths des pegmatites trouveraient un excellent débouché au pays, si l'on pouvait imaginer un procédé industriel par lequel les métaux alcalins, le potassium et le sodium, puissent en être extraits pour emploi dans la fabrication des engrais chimiques. Il y a environ 30 ans, les gros amas d'apatite dans les pegmatites à pyroxène au nord de Kingston et dans la vallée de la Gatineau étaient une source importante de phosphate pour la fabrication des engrais chimiques. Aussi, les pegmatites de ces deux régions ont elles été pendant plusieurs années une source importante de grandes lamelles de phlogopite, considérablement employées comme isolants électriques et comme regards de poêles, globes de lampe et pare-brise d'automobile. Pendant bien des années le corindon, comme abrasif, fut extrait



A. Dyke de pegmatite près du lac Falcon, sud-est du Manitoba.



B. Dyke de pegmatite dont les bords sont à grain fin et le centre à gros grain. Vue prise près de Minaki (Ontario).

70256-7½

des syénites à néphéline et des pegmatites associées, dans les comtés de Renfrew, de Hastings et de Haliburton (Ontario), mais les abrasifs artificiels ont récemment remplacé le minéral à l'état naturel.

En 1924 des gisements de bon augure, à teneur de lithium, furent découverts dans plusieurs massifs de pegmatite dans le Manitoba, sur la rivière Winnipeg, à l'est de Pointe du Bois, et on sait qu'il existe des dykes pegmatitiques renfermant des minéraux à teneur de lithium sur une étendue considérable dans le sud-est du Manitoba. Les importants minéraux à teneur de lithium de ces gisements sont le lépidolite, le spodumène et l'amblygonite, mais les travaux de développement et de prospection ne sont pas encore assez avancés pour qu'il soit possible de juger des perspectives de ce district comme producteur de lithium. La grande répartition des minéraux à teneur de lithium dans les pegmatites de la région du Manitoba illustre admirablement un fait important que les prospecteurs devraient toujours avoir présent à l'esprit en fouillant les pegmatites, à savoir: que les pegmatites ont une tendance, sur d'assez vastes régions, à renfermer la même série de minéraux; par conséquent, si une petite quantité d'un certain minéral précieux se trouve dans un dyke de pegmatite, tous les dykes de la région devraient être fouillés, car un ou plusieurs peut contenir ce minéral en quantité commerciale.

Des gisements secondaires de minerais métalliques dans les pegmatites sont signalés dans maintes localités au Canada, mais bien peu possèdent une valeur économique. De la bornite se présente dans les pegmatites, à Yale (Colombie britannique), et à la mine Drum-Lummon, à 100 milles au sud-est de Prince-Rupert (C.B.); la chalcosine, la bornite, l'argent et l'or sont aussi mentionnés comme étant associés avec un dyke de pegmatite. Les pegmatites près des lacs Falcon et Star (Manitoba) renferment un faible pourcentage de molybdénite, et dans le district d'Abitibi (Québec) les filons de quartz pegmatitique contiennent un peu de molybdénite. Dans plusieurs régions des dykes pegmatitiques se fondent dans des filons de quartz en direction. Toutefois, les filons de quartz intimement associés aux pegmatites se distinguent facilement des filons de quartz aurifère caractéristiques par les cristaux blancs brillants de feldspath que renferment ordinairement les premiers. Bien qu'on rencontre çà et là de l'or dans les filons de quartz pegmatitique, ces gîtes ont rarement une grande valeur industrielle. Dans le sud-est du Manitoba, on a découvert du tungstène dans les pegmatites, près du lac Falcon, ainsi qu'une petite poche de cassitérite, dans un dyke de pegmatite, sur une île dans le lac Shatford. De la cassitérite se présente aussi en petits grains dans une zone pegmatitique dans le granite aplitique à muscovite près de New-Ross, en Nouvelle-Ecosse. Il est surprenant qu'on n'ait pas découvert de cassitérite dans plus de localités dans les vastes étendues granitiques du bouclier canadien.

Des minéraux renfermant des métaux rares, dont quelques-uns sont radioactifs, ont été découverts dans les pegmatites d'Ontario, dans un certain nombre de localités dans l'étendue de roches précambriennes au sud des rivières French et Ottawa, et à l'ouest de la ligne Ottawa-Kingston. On a découvert des minéraux radifères près de Parry-Sound (Ontario), au printemps de 1921, et depuis cette date des sommes considérables ont été dépen-

sées à la recherche de gisements industriels de ces minéraux, mais sans grand succès. Les plus importants minéraux radioactifs trouvés dans les gîtes d'Ontario sont l'uraninite, l'ellsworthite, l'hatchettolite, la cyrtolite, la columbite, et l'allanite. Le lecteur est prié de se référer à la partie de ce rapport qui décrit les propriétés physiques des minéraux radioactifs pour ce qui a trait à la façon d'identifier les minéraux radioactifs et rares et d'en faire la prospection.

Jusqu'à présent aucun gisement commercial de pierres précieuses n'a été découvert dans les pegmatites du Canada, bien que plusieurs des gemmes de l'univers soient extraites des pegmatites. Parmi ces dernières on peut mentionner le béryl et sa variété verte l'émeraude; la tourmaline verte et rose; des variétés colorées de spodumène; le saphir et le chrysobéryl; la topaze; certaines variétés de grenat, d'améthyste et de quartz rose. Touchant les possibilités des gîtes de pierres précieuses découverts au Canada, le lecteur est prié de se reporter à la description des pierres précieuses aux pages 100 à 110 de ce rapport.

La brève description qui précède de certains gîtes présents dans les pegmatites en indique la grande variété et marque pour le prospecteur l'importance de fouiller attentivement chaque dyke de pegmatite dans la possibilité de rencontrer des gîtes industriels de minéraux usuels ou de minéraux rares et peu connus. Des spécimens devraient être recueillis de tous les minéraux habitant la pegmatite, inconnus du prospecteur, et envoyés pour identification soit au Directeur de la Commission géologique, Ottawa, Canada, soit au Département des Mines de la province où la découverte est faite. En sus des minéraux déjà mentionnés le prospecteur devrait surveiller de près les gîtes exploitables de cryolite, columbite, monazite, muscovite, rutile, zircon, béryl et pollucite, dans les pegmatites.

BIBLIOGRAPHIE

- Emmons (W.-H.): "Principles of Economic Geology", p. 18-28 (1918).
 Lindgren (Waldemar): "Mineral Deposits", p. 760-79 (1919).
 Rastall (R.-H.): "The Geology of the Metalliferous Deposits", p. 35-47 (1923).

GÎTES ASSOCIÉS AUX ROCHES BASIQUES ET ULTRABASIQUES

(*J.-B. Mawdsley*)

Les intrusions de roches ignées basiques et ultrabasiques donnent naissance à une série caractéristique de minéraux qui, en certains endroits, se présentent en concentrations d'importance économique. Ces minéraux sont: ilménite, magnétite, fer chromé, pyrrhotine nickélique, chalcopyrrite et titane. Plusieurs des pierres précieuses, qui sont étudiées dans la partie suivante du présent rapport, sont intimement associées avec les roches basiques et ultrabasiques. L'altération des roches ultrabasiques peut aussi avoir pour résultat la formation de dépôts d'amiante, de talc et de stéatite. Pour cette raison, les massifs de ces roches, surtout les plus gros, méritent d'être prospectés.

Les roches ignées, c'est-à-dire les roches formées par le refroidissement et la cristallisation d'un magma en fusion, varient quant à leur composition minérale et chimique, des granites aux dunites. Les roches groupées comme basiques sont les diorites plus basiques, les diabases, les gabbros, les norites et les anorthosites. Si l'on excepte les anorthosites, ces roches ressemblent par leur texture, aux granites et aux syénites et elles ont ordinairement un grain de $\frac{1}{8}$ à $\frac{3}{8}$ de pouce. Comme les roches basiques sont plus pauvres en silice et en alcalis et plus riches en fer, chaux et magnésie que les granites et les syénites, leur teneur minérale est naturellement différente. Le quartz fait défaut ou à peu près, et les feldspaths sont riches en chaux, tels l'andésine et la labradorite. Le principal minéral foncé dans les diorites est d'ordinaire la hornblende, dans les gabbros, l'augite, et dans les norites, l'hypersthène ou l'enstatite. Les roches sont parfois foncées par suite de la forte teneur en minéral foncé. Comme les minéraux foncés s'altèrent facilement, les affleurements sont ordinairement rouillés et pourris sur une épaisseur de quelques pouces.

Les anorthosites sont habituellement associées aux gabbros ou norites, mais elles en diffèrent en ce que les minéraux foncés font presque défaut et que l'andésine à feldspaths plagioclases basiques ou la labradorite, ou parfois la bytownite s'y présentent en gros cristaux de $\frac{1}{2}$ pouce à 3 pouces de diamètre. Lorsque frais ils varient de presque blanc, à presque noir en passant par le mauve, suivant la plus ou moins grande proportion de tiges microscopiques d'ilménite noire dans le feldspath. Par suite de leur teneur minérale simple les anorthosites ne sont pas sujettes à l'altération profonde, et la surface altérée de leurs affleurements est ordinairement blanche ou gris clair.

Parmi les roches basiques, comme les norites et les gabbros, se trouvent des types qui se fondent imperceptiblement dans le groupe des roches connues comme ultra-basiques. Ces dernières sont plus pauvres en silice et en chaux que les roches basiques et possèdent une plus forte teneur en magnésium. Au point de vue minéralogique, elles se composent en grande partie de minéraux ferrogagnésiens foncés, hornblende, pyroxène, enstatite, hypersthène et olivine, avec de petites quantités de feldspath plagioclase. Le groupe comprend les hornblendites, les pyroxénites, les enstatites, les péridotites et les dunites. Le grain, comme celui des roches basiques, est grossier, de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{2}$ pouce de diamètre. La couleur des roches fraîches est naturellement foncée, comme celle de leurs éléments constitutifs; mais dans plusieurs, les minéraux foncés sont partiellement ou entièrement altérés en chlorite ou en serpentine et la couleur est foncée avec une teinte verte, ou vert foncé accentué. Ces roches s'altèrent facilement et leurs affleurements sont friables ou tendres, et rouilleux là où la teneur en fer est élevée et presque blancs quand ils renferment une forte teneur en magnésium.

Les pyroxénites, les hornblendites et les enstatites se composent essentiellement de pyroxène, de hornblende ou d'enstatite respectivement. Les péridotites passent ordinairement, et sont intimement associées aux diorites à olivine, aux gabbros à olivine et aux norites à olivine. Le feldspath est ordinairement absent des péridotites typiques et l'olivine en

est un élément dominant. Les pyroxènes, les hornblendes et les enstatites constituent une partie appréciable de la roche. Quand l'olivine est à peu près le seul élément de la roche, on l'appelle dunité. Les minéraux exploitables, l'ilménite, la magnétite et le fer chromé, sont les constituants accessoires usuels de ces roches.

Les minéraux de magnésium et de fer des roches ultra-basiques sont susceptibles de modifications et plusieurs amas de serpentine sont le produit détritique de ces roches.

On trouve des amas de roches basiques dans ou intimement associés aux terrains éruptifs dans les Cordillères, en Colombie britannique et au Yukon, dans tout le bouclier canadien et dans les Apalaches, surtout dans les cantons de l'Est de Québec et la péninsule de Gaspé. D'assez gros amas d'anorthosite se présentent au bord sud-est du bouclier dans Québec, mais il s'en trouve de plus faibles étendues dans d'autres parties. Aucune de ces roches éruptives ne se rencontre dans les Grandes Plaines et dans les basses terres du Saint-Laurent.

Des roches de composition différente peuvent se former par différenciation à même un magma autrefois homogène. Les pétrographes diffèrent d'opinion sur la façon dont s'opère cette différenciation. La théorie la plus généralement acceptée est que la différenciation est causée par la tendance qu'ont les différents minéraux à cristalliser à diverses époques au cours du refroidissement lent du magma. Les minéraux basiques cristallisent ordinairement les premiers et parmi ceux-ci sont les minéraux exploitables: ilménite, magnétite, fer chromé, pyrrhotine nickélique (pentlandite renfermant de la pyrrhotine), chalcopyrite et platine. Ces minéraux sont lourds, c'est-à-dire qu'ils ont un poids spécifique élevé, et tendent à s'enfoncer au fond de la masse en fusion. Il en résulte que la partie inférieure de l'amas devient basique et la partie supérieure de plus en plus riche en silice et en alcalis. Les roches ultra-basiques telles que les dunités, les péridotites, les pyroxénites et les enstatites dans des conditions exceptionnellement favorables sont recouvertes par des gabbros, des norites, ou des anorthosites, et ceux-ci à leur tour, par des diorites, des syénites et des granites. On retrouve parfois une disposition de ce genre dans les filons-couches qui ont refroidi lentement; dans les batholithes érodés, les roches ont par places une disposition zonée, correspondant à l'ordre de succession énoncé plus haut. La dislocation au cours de la consolidation peut provoquer l'envahissement d'un type de roche par un autre différencié et, dans ce cas, le simple rapport décrit antérieurement peut n'être pas aussi évident. L'orogénèse et le plissement après la consolidation peuvent aussi troubler la disposition des roches.

Comme les minéraux de gîte autres que le talc et l'amiante qui, comme on l'a déjà dit, proviennent de l'altération de certains minéraux de la roche primitive, et ne constituent qu'une très faible proportion du magma originel, on peut s'attendre de trouver de gros gisements, relativement purs, dans les gros amas de roches basiques et ultra-basiques plutôt que dans les petits. Aussi, c'est dans les gros amas que le refroidissement est le plus lent et c'est, par conséquent, dans ces amas que se produit la différenciation la plus complète. Dans certains gros amas intrusifs la base peut être

exposée au jour et le plus lourd produit de différenciation de l'amas peut n'être ni visible ni accessible. Cependant, les lourds produits de différenciation, dans ces cas, peuvent avoir envahi les roches susjacentes à la suite d'un mouvement de la terre et ainsi avoir été mis à découvert par l'érosion. C'est le cas des gisements d'ilménite près de Baie Saint-Paul (Québec), qui se présentent sous forme de dykes recoupant les anorthosites. Un laccolithe ou filon-couche est un massif intrusif en forme de nappe possédant un mur et un toit, et tous les massifs de minéraux lourds qui peuvent s'en être détachés se trouvent naturellement près du mur, ou dans des fissures ou autres ouvertures dans le mur. Les dykes sont des massifs en forme de filons, ordinairement longs et étroits. Ces massifs se refroidissent assez rapidement, la différenciation est légère et il y a peu de chance qu'elle donne naissance à des gîtes minéraux. Les batholithes, les laccolithes et les amas ressemblant aux filons-couches que l'on considère ici comme gros, sont ceux dont la superficie peut se mesurer en milles plutôt que par cent ou par mille pieds.

Le tableau suivant illustre bien les rapports chimiques des roches basiques et ultra-basiques et des roches granitiques. Il fait ressortir la haute teneur en fer (Fe) des gabbros et des norites avec lesquels les gisements de magnétite sont si souvent associés. La haute teneur en titane (Ti) des roches indique aussi pourquoi ces dépôts de fer sont ordinairement titanifères. Il n'est pas aussi évident pourquoi l'ilménite doit se trouver sous forme de dykes dans les anorthosites, mais quand on se rend compte que les anorthosites sont intimement apparentées aux roches hautement titanifères, les gabbros et les norites, la raison en devient plus claire. Les analyses des roches ultra-basiques révèlent qu'elles renferment d'ordinaire des quantités appréciables de chrome (Cr) et de nickel (Ni), correspondant à la présence des gîtes d'importance économique de ces métaux conjointement à ces roches.

L'oxyde de manganèse (Mn) habite les roches basiques et ultra-basiques. Il ne constitue pas un sulfure lourd dans le magma et, par conséquent, ne se sépare pas en amas primaires comme les métaux mentionnés plus haut. Cependant, la désagrégation des roches basiques donne naissance à des dépôts secondaires de manganèse.

La forte teneur en magnésium (Mg) des roches ultra-basiques est clairement indiquée et pour cette raison c'est dans ces roches que les minéraux riches en magnésium, amiante et serpentine, se forment par endroits en très grandes quantités.

Tableau des analyses indiquant les rapports chimiques des roches granitiques, basiques et ultra-basiques

—	Granite ²	Syenite ³	Diabase ⁶	Anorthosite ¹	Gabbro ¹	Norite ⁵	Pyroxénite ⁴	Péridotite ¹
SiO ₂	72.0	58.6	50.1	50.4	48.2	47.2	50.8	41.1
Al ₂ O ₃	13.1	16.4	15.7	28.3	17.9	14.5	3.4	4.8
Fe ₂ O ₃	1.5	3.6	1.4	1.1	3.2	1.6	1.4	4.0
FeO.....	1.8	3.1	6.9	1.1	6.0	13.8	8.1	7.1
MgO.....	0.6	3.1	11.3	1.3	7.5	5.2	22.8	32.2
CaO.....	1.5	4.5	9.5	12.5	11.0	8.1	12.3	4.4
Na ₂ O.....	3.5	3.5	2.9	3.7	2.5	3.1	.....	0.5
K ₂ O.....	4.8	4.8	1.1	0.7	0.9	1.2	.....	1.0
H ₂ O.....	0.7	1.1	1.2	0.7	1.4	0.6	0.5	3.5
TiO ₂	0.3	0.9	0.5	0.1	1.0	3.4	.....	1.2
MnO.....	0.1	0.1	.....	.....	0.1	0.2	0.2	0.1
P ₂ O ₅	0.1	0.3	.....	0.1	0.3	0.6	.....	0.1
	100.0	100.0	100.6	100.0	100.0	99.5	99.5	100.0

On trouve dans tout le Canada des cas où les roches basiques et ultra-basiques sont les roches encaissantes de gîtes qui ne proviennent pas ordinairement de ces roches, mais sont dus à d'autres facteurs dominants. Dans les paragraphes suivants ne seront décrits que les dépôts directement rattachés aux roches basiques et ultra-basiques.

ILMÉNITE

L'ilménite est un minéral noir, lourd, ressemblant à la magnétite, qui renferme du titane et du fer. On s'en sert actuellement en petites quantités dans la fabrication de la peinture d'oxyde de titane, qui comporte certains avantages sur les ingrédients des peintures maintenant employées. Si sa fabrication peut être réalisée à meilleur marché, les dépôts accessibles de ce minéral de haute qualité seront d'une grande importance. Le minerai d'ilménite s'est révélé très réfractaire aux procédés ordinaires de la fabrication du fer, mais dans les régions où l'énergie électrique est à bon marché il pourra éventuellement devenir un minerai de fer utile, vu que des recherches récentes ont démontré qu'au moyen de procédés de fusion électrique ce minéral donne un produit de très haute qualité.

Les dépôts d'ilménite au Canada, dans presque tous les cas, sont intimement associés à de grandes étendues d'anorthosite. Là où ils sont suffisamment mis à découvert, on constate que les amas d'ilménite sont des massifs irréguliers en forme de dyke envahissant l'anorthosite. De gros massifs d'ilménite se présentent dans les anorthosites intrusives dans le voisinage du lac Saint-Jean et de Saint-Urbain. On en rencontre d'autres dans l'anor-

¹ Tyrrell (G.-W.): "The Principles of Petrology", 1926, p. 120.

² Tyrrell (G.-W.): "The Principles of Petrology", 1926, p. 112.

³ Tyrrell (G.-W.): "The Principles of Petrology", 1926, p. 117.

⁴ Clarke (F.-G.): "Service géol. des E.-U., Bull. 770, H., p. 467.

⁵ Clarke (F.-G.): "Service géol. des E.-U., Bull. 770, D., p. 465.

⁶ Collins (W.-H.): Com. géol. Canada, Mém. 33, Tableau, col. II, p. 91.

thosite sur la rive septentrionale du Saint-Laurent. On sait que de gros massifs d'anorthosite existent à maints endroits dans Québec au nord du fleuve Saint-Laurent.

La méthode la plus efficace pour découvrir d'autres gisements d'ilménite est probablement de prospecter dans le voisinage des massifs connus. Comme le minéral agit sur l'aiguille aimantée, un levé à la boussole d'inclinaison aidera considérablement à localiser les amas recouverts de drift. L'étendue de ces amas peut aussi être déterminée par quelque méthode de prospection électrique.

MAGNÉTITE

La magnétite ou magnétite titanifère dans des régions où l'énergie électrique à bon marché est disponible peut être utilisée comme minéral de fer. La magnétite est un élément constitutif accessoire de plusieurs roches basiques et ultra-basiques; elle est parfois concentrée et forme un fort pourcentage de la roche. La magnétite passe par sa composition à l'ilménite.

Les gisements de magnétite, contrairement à ceux d'ilménite, forment des ségrégations ou massifs dans de gros amas de gabbro, de norite ou de pyroxénite, plutôt que dans les anorthosites. Certains massifs se présentent aussi dans les péridotites. Toutes ces magnétites renferment une faible quantité de titane. Les magnétites apparentées aux roches basiques et ultra-basiques, de quelque perspective industrielle, se limitent au bouclier précambrien et surtout à son bord méridional. De gros gisements sont associés au gabbro près de la baie Seine, district de Rainy-River (Ontario), et dans plusieurs parties de Québec, tels le canton de Bourget, dans le district du lac Saint-Jean et la baie des Sept Îles, sur le cours inférieur du Saint-Laurent.

Comme ce minéral est fortement magnétique, la prospection à la boussole d'inclinaison est la meilleure méthode pour en localiser les massifs recouverts de drift.

CHROMITE

Le chrome dérive de la chromite. Il est utilisé pour durcir l'acier et dans la préparation des sels de chrome.

Le fer chromé est un minéral accessoire usuel des roches ultra-basiques et, par endroits, la concentration dans les péridotites ou les serpentines provenant des péridotites s'est faite sur une échelle telle qu'il existe des gisements d'importance économique. Ces minerais doivent ordinairement être de nouveau concentrés après l'extraction pour en faire un produit marchand. Un produit propre au marché doit contenir à l'analyse au moins 50 pour cent d'oxyde de chrome.

Les massifs de minéral se présentent sous forme de zones d'amas lenticulaires séparés. Ils n'ont ordinairement pas de limites bien définies et se fondent dans la péridotite. Dans d'autres cas ils constituent des lentilles filoniennes avec limites bien marquées, dans les péridotites ou les pyroxé-

nites. Ils sont d'ordinaire concentrés dans les parties plus basiques de ces amas de roche. Dans les péridotites chromifères du sud de Québec, on les trouve par endroits aux bords des amas de péridotites; mais dans d'autres endroits, leur répartition n'est pas aussi limitée et on en rencontre des gisements partout dans ces amas de roche. Le minerai de chromite fut découvert dans d'autres parties du Canada, ainsi que dans Québec, par exemple, dans les péridotites de Tulameen, en Colombie britannique.¹

Les gros amas de péridotites et de pyroxénites sont probablement les meilleurs endroits où l'on puisse prospecter en vue de ces gisements, car c'est dans les gros amas que ce minéral d'ordinaire finement disséminé a une chance de s'accumuler en quantités un tant soit peu substantielle. Les amas de grande dimension de ces roches ne sont pas très répandus. Les principaux gisements de fer chromé qui ont été exploités au Canada se trouvent dans la région amiantifère des cantons de l'Est de Québec.² Des dépôts ont aussi été exploités dans la région de Tulameen, Colombie britannique.

Le minéral est faiblement magnétique et bon conducteur de l'électricité, de sorte qu'un levé à la boussole d'inclinaison ou magnétique aiderait à la localisation de massifs de minerai dans les régions recouvertes de drift. Une méthode de prospection électrique éprouvée pourrait aussi donner de bons résultats.

PYRRHOTINE ET CHALCOPYRITE NICKÉLIFÈRES

La pyrrhotine nickélfère est finement disséminée dans certaines roches basiques et ultra-basiques et, dans le cas de certains gros massifs, elle est concentrée avec la chalcopirite en gros amas relativement purs. Actuellement la production mondiale de nickel est tirée surtout de la pyrrhotine nickélfère de Sudbury, avec laquelle la chalcopirite est intimement associée et forme un minerai de cuivre important.

A Sudbury, un gros amas de 36 milles de long sur 16 milles de large de norite a pénétré entre des roches cristallines précambriennes et les roches sédimentaires sus-jacentes. La partie centrale est recouverte de sédiments, l'érosion n'ayant mis à découvert que le bord sous forme d'un anneau elliptique. La puissance de la nappe se place entre 2,000 et 10,000 pieds. La partie supérieure est granitique mais passe rapidement à la norite vers le bas. Là où la nappe est mince, la phase noritique manque. La pyrrhotine est tellement concentrée dans la partie inférieure de la norite qu'on l'a dénommée norite à pyrrhotine. Les massifs se présentent ordinairement à la base de la norite à pyrrhotine. La plupart se trouvent dans la norite ou la suivent, mais certains des dépôts rejetons se présentent dans les roches environnantes. La prospection dans le bassin de Sudbury a été heureuse surtout au contact de la norite avec les roches sous-jacentes.

Ailleurs dans le bouclier canadien, comme à la mine Alexo (cantons de Dundonald et de Clergue, Ontario), et sur les rivières Maskwa et Oiseau (Manitoba sud-est), la pyrrhotine nickélfère se présente avec la norite, la

¹ Camsell (C.): Com. géol. du Canada, Mém. 26, p. 177 (1913).

² Dresser (J.-A.): Com. géol. du Canada Mém. 22, p. 87 à 112 (1913).

péridotite ou la serpentine dérivée de la péridotite. On peut s'attendre de ne rencontrer ces roches basiques que dans des étendues de roches intrusives, telles celles du bouclier précambien et de la Colombie britannique. Les gisements connus de ces roches sont très répandus. Les plus grands sont associés aux dépôts de pyrrhotine nickélique mentionnés plus haut.

La pyrrhotine est magnétique et bonne conductrice de l'électricité, de sorte qu'un levé à la boussole d'inclinaison ou électrique de la contrée recouverte de drift pourrait aider à repérer la position de tous massifs existants.

PLATINE

Le platine est un élément rare industriel très précieux en joaillerie, pour la confection des instruments scientifiques et des appareils chimiques. Il est ordinairement associé à d'autres métaux rares, irridium, osmium, palladium, rhodium, et ruthénium. On trouve d'ordinaire le platine dans les péridotites et les pyroxénites, mais tellement disséminé qu'on ne peut l'en extraire avec profit. L'approvisionnement mondial s'obtient en grande partie des dépôts alluvionnaires qui se sont formés par le cassage des roches basiques platinifères et par la concentration de la lourde substance qui en résulte dans les lits des cours d'eau qui traversent ces roches. En Colombie britannique, plus particulièrement dans le district de Tulameen, le platine se présente dans les placers provenant du cassage des massifs de péridotite et de pyroxénite. Comme l'indiquent les épreuves, les riches roches platinifères du district de Tulameen sont des péridotites riches en fer chromé. Les gros amas de roches ultra-basiques aux environs de la rivière Tulameen et celle de Similkameen, qui lui est adjacente, sont les seuls gros amas connus de ces roches en Colombie britannique. Aucun platine n'a jusqu'ici été découvert dans les amas de péridotite du sud-est de Québec. Les minerais de nickel-cuprifère de Sudbury qui sont, ainsi qu'il a été dit antérieurement, associés à la roche basique "norite", renferment une quantité appréciable de platine, lequel constitue presque tout le platine récupéré au Canada. Celui-ci est obtenu en sous-produit de la récupération de la teneur en cuivre et en nickel du minerai. On a aussi trouvé du platine alluvionnaire sur le creek Burwash, territoire du Yukon.

Sauf le platine trouvé en association avec l'or, au Klondyke, territoire du Yukon, les étendues de roche basique ou ultra-basique mentionnées ci-dessus sont présentement les seules régions connues au Canada dans lesquelles on puisse s'attendre à rencontrer du platine. Un levé cartographique ou une prospection systématique permettra peut-être de découvrir des étendues de bon augure dans les terrains de roche ignée du Canada.

Comme les minéraux platinifères se présentent normalement en petite quantité, disséminés dans les péridotites et les pyroxénites, il est difficile d'établir s'ils sont présents ou absents dans ces roches. Le passage à la batée des graviers et des sables de rivière dans le voisinage des amas de roche ultra-basique est peut-être la meilleure méthode à employer, vu que c'est dans les dépôts alluvionnaires que l'on trouvera probablement le platine en quantités commerciales.

ARGENT ET COBALT ASSOCIÉS À LA DIABASE

Les minéraux argentifères et cobaltifères, etc., se présentent dans les filons de calcite intimement associés aux filons-couches de diabase, dans la région de Cobalt (Ontario). Ces gîtes s'apparentent aux roches basiques, mais ce sont des gîtes filoniens dont les traits caractéristiques ont été décrits dans un paragraphe précédent. L'argent est plus fréquemment associé à des roches acides, comme le granite, qu'à des roches basiques, mais le cobalt, comme le nickel, semble provenir des roches basiques. Il est remarquable sous ce rapport que le nickel et le cobalt sont fort analogues quant à leur comportement chimique.

AMIANTE

La fine fibre flexible et soyeuse de l'amiante trouve de très nombreux usages dans la fabrication des matériaux ignifuges et non-conducteurs. La ténacité et l'élasticité sont essentielles et la longueur de la fibre est une qualité importante. La présence d'impuretés affectant ses propriétés comme non-conducteur de la chaleur et de l'électricité diminue la valeur de l'amiante de qualité.

L'amiante se présente dans diverses parties du Canada, mais jusqu'ici les seuls dépôts profitables pour une grande exploitation sont ceux des cantons de l'Est de Québec. Ces dépôts fournissent une grande partie des ressources mondiales en amiante.

Dans tous les cas, au Canada, l'amiante se trouve dans les dunites, les périclites ou les pyroxénites altérées en serpentine. Il se présente en filons qui, presque partout, suivent une orientation définie ou une série de directions, que l'on croit être des diaclases, lesquelles se sont formées pendant le refroidissement de la roche ultra-basique de fond et par lesquelles des solutions émanant de ces roches, ou les eaux de ruissellement, ou des émanations du granite et de l'aplite intrusifs, ont fait recristalliser la serpentine en amiante, sans en modifier la composition chimique. Là où l'amiante se présente en grande quantité, les roches ultra-basiques intrusives sont grosses et plus ou moins transformées en serpentine. Dans Québec, l'amiante forme de 1 à 10 pour cent de la roche extraite. Il se présente en deux formes distinctes: en "fibre transversale" et en "fibre plate ou de glissement". La "fibre transversale" se présente dans les filons sous forme de petites fibres parallèles, à angle droit sur les épontes. La "fibre plate" n'a aucun arrangement défini, mais elle est répandue dans toute la roche et forme souvent une grande proportion de l'amas. L'amiante, sous ces deux formes, habite une serpentine vert foncé, qui, à certains temps, constitue toute la masse de la roche qui la renferme ou des zones dans celle-ci. Les filons de "fibre transversale" forment d'ordinaire le centre de filons de serpentine beaucoup plus larges qui traversent l'amas de roche.

De petits amas de roches ultra-basiques contenant de l'amiante, se retrouvent dans toutes les étendues de roches éruptives au Canada, mais de gros amas renfermant de l'amiante en quantité industrielle n'ont été trouvés jusqu'ici que dans les cantons de l'Est de Québec.

Les gros amas de roches ultra-basiques qui renferment de l'amiante devraient être prospectés de préférence à leurs parties plus basiques ou serpentinisées. Comme les roches serpentinisées sont facilement érodées, les régions les plus propices à la prospection peuvent très probablement être recouvertes de drift.

TALC ET STÉATITE

Le talc est considérablement employé dans plusieurs industries. La couleur et l'état physique du massif déterminent en grande partie les usages qu'on en peut faire. Parmi ses propriétés se placent son toucher onctueux, son inertie chimique, sa faible conductibilité de la chaleur et de l'électricité et son point de fusion élevé. La variété la plus précieuse est le talc blanc qui, au Canada, s'est formé de la dolomie, une roche sédimentaire. Des variétés grises ou vertes de moindre importance sont associées aux roches ultra-basiques.

La stéatite est une variété massive de talc plus ou moins pur.

Les dépôts de talc et de stéatite vert ou gris sont nombreux dans les roches ultra-basiques du Canada. Ils se présentent dans des filons-couches ou sur leurs bords, dans des dykes ou des épanchements de lave serpentinisée. Les roches serpentines peuvent être altérées en talc dans des régions qui ont subi le métamorphisme par plissement ou par l'intrusion de roches acides, ou par l'un et l'autre. Le talc et la stéatite sont riches en magnésie (MgO), et on peut s'attendre de les rencontrer dans les roches riches en magnésie, comme les roches intrusives ultra-basiques.

Les roches talqueuses sont en plusieurs endroits transformées en schiste. Les zones de talc ou de stéatite massive dans les gisements connus ont ordinairement de quelques pieds à 20 ou 30 pieds de largeur. Les roches talqueuses sont très répandues au Canada. M.-E. Wilson a étudié à fond les dépôts de talc du Canada.¹

La prospection de ces dépôts, sauf pour les variétés associées aux dolomies, devrait se limiter aux zones de roches ultra-basiques dérangées, car c'est dans ces étendues que s'est fait sentir le métamorphisme qui a engendré le talc.

PIERRES PRÉCIEUSES ET MINÉRAUX RARES DE VALEUR MARCHANDE

(E. Poitevin)

Bien que le Canada ait fourni aux musées de l'univers de remarquables spécimens minéraux et possède une grande richesse de matériaux d'ornementation, il n'est pas en réalité un pays qui produise des pierres précieuses. Il est probable qu'il existe au Canada d'importants gîtes de pierres précieuses, mais on n'en a pas encore découverts. Le bouclier canadien renferme probablement des dépôts de gemmes. Les formations sédimentaires,

¹ Wilson (M.-E.): "Dépôts de talc au Canada", Com. géol., Canada, Série de la géol. appliquée, série 2, (1923).

à leurs contacts avec les roches intrusives, les pegmatites riches en lithium et en sodium, les roches ultra-basiques et les roches métamorphiques, devraient être prospectées avec soin.

La région du Saint-Laurent est en grande partie occupée par des roches sédimentaires presque horizontales et ne constitue pas un champ favorable à la prospection des pierres précieuses. Les régions des Apalaches et de l'Acadie méritent d'être prospectées dans ce but, et on devrait rechercher des gemmes là où les conditions géologiques sont identiques à celles du bouclier canadien. L'archipel arctique n'est pas bien connu, mais il semble en partie offrir les mêmes perspectives que le bouclier canadien. La région des Plaines intérieures est en grande partie occupée par des strates sédimentaires qui dans certains horizons peuvent renfermer des débris de pierres précieuses provenant des anciennes formations, mais la région ne semble pas de bon augure par ailleurs. La région des Cordillères est l'une des plus propices à la prospection des pierres précieuses. Il est fort possible que certains dépôts alluvionnaires renferment des pierres précieuses qui n'aient pas été entraînées loin de leur source.

La production mondiale annuelle de pierres précieuses est estimée à environ \$80,000,000. Le tableau qui suit est de Kraus et Holden.¹

Valeur annuelle de la production mondiale de pierres précieuses classées d'après leurs sources géologiques

	\$	\$	\$
Roches ignées.....			50,785,000
Roches basiques.....		50,029,000	
Diamants.....	50,000,000		
Autres gemmes.....	29,000		
Pegmatites.....		662,000	
Émeraude.....	520,000		
Béryl.....	46,000		
Tourmaline.....	35,000		
Autres gemmes.....	61,000		
Autres roches ignées.....		94,000	
Dépôts secondaires.....			28,209,000
Graviers de cours d'eau.....		28,199,300	
Diamant.....	26,112,500		
Saphir.....	1,104,000		
Rubis.....	348,500		
Jadéite.....	144,000		
Crystal de roche.....	88,000		
Tourmaline.....	54,000		
Béryl.....	54,000		
Agate.....	53,000		
Chrysobéryl.....	44,000		
Améthyste.....	40,000		
Autres gemmes.....	157,300		
Graviers de plage et de désert, dépôts glaciaires.....		9,700	
Substance fossile.....			825,000
Ambre.....	800,000		
Autres gemmes.....	25,000		

¹ "Gems and Gems Materials" par Kraus et Holden.

*Valeur annuelle de la production mondiale de pierres précieuses classées
d'après leurs sources géologiques—Fin*

	\$	\$	\$
Dépôts alluvionnaires.....			595,000
Eaux chaudes, principalement ascendantes.....		289,000	
Opale.....	208,500		
Quartz.....	46,000		
Autres gemmes.....	34,500		
Eaux froides, principalement descendantes.....		306,000	
Turquoise.....	290,000		
Autres gemmes.....	16,000		
Roches métamorphiques.....			282,000
Calcaire d'influence métamorphique.....		56,500	
Lapis-lazuli.....	37,500		
Autres gemmes.....	19,000		
Schistes et gneiss d'influence métamorphique.....		175,500	
Jadéite.....	150,000		
Autres gemmes.....	25,500		
Schistes et gneiss d'influence métamorphique régionale.....		50,000	
Néphrite.....	0,000		
Autres gemmes.....	20,000		
Grand total.....			80,696,000

Ce tableau révèle que les roches basiques fournissent plus de 60 pour cent de la valeur de la production totale de gemmes. Cette grande production s'explique facilement, si l'on tient compte des péridotites diamantifères du Sud-africain. L'exploitation des roches ignées en vue des pierres gemmes ne se borne pas aux roches basiques. Les pegmatites granitiques, surtout celles qui sont riches en lithium et en sodium sont considérées, en importance, comme la troisième source de gemmes. Les dépôts secondaires, c'est-à-dire ceux qui se trouvent dans les graviers et leurs équivalents en partie ou entièrement consolidés, occupent le second rang des principales sources de pierres précieuses. Les dépôts de graviers gemmifères se présentent en plusieurs points de l'univers et, dans la plupart des cas, les gemmes proviennent de roches gemmifères sans valeur commerciale, soit parce qu'elles sont trop pauvres en cristaux précieux, soit parce qu'elles sont telles que les minéraux précieux ne peuvent être extraits sans les briser ou les détruire. La nature, par des procédés lents mais sûrs, libère et concentre les gemmes sans en altérer la valeur.

Les substances minérales connues sous le nom de pierres précieuses ou gemmes sont celles qui possèdent une belle apparence, une grande dureté, et qui résistent aux influences extérieures. En outre de leurs traits caractéristiques naturels, la rareté et la mode sont les principaux éléments qui déterminent la valeur commerciale des minéraux de gemmes. Certaines pierres précieuses valent plus de \$500, tandis que d'autres moins de 25 cents le carat. Ainsi, les gemmes ou bijoux se divisent selon leur valeur—dureté et autres propriétés physiques—en deux groupes principaux, con-

nus respectivement sous le nom de pierres précieuses et demi-précieuses. Ces deux groupes se subdivisent à leur tour en groupes de moindre importance. Le tableau qui suit illustre cette classification.

Pierres précieuses	Pierres demi-précieuses
<i>1ère classe</i>	<i>4ème classe</i>
Diamant, rubis, saphir chrysobéryl, spinelle	Quartz, calcédoine, opale, feldspath
<i>2ème classe</i>	<i>5ème classe</i>
Zircon, émeraude, topaze, tourmaline, grenat, opale (précieuse)	Jet, néphrite, serpentine, pyroxène, aragonite, marbre, malachite, gypse, rhodocrosite, prehnite, etc.
<i>3ème classe</i>	
Cordiérite, idocrase (vésuvianite), chrysolite, axinite, cyanite, staurolite, andalou-site, épidote et turquoise.	

La valeur d'une pierre précieuse dépend en grande partie de sa grosseur; elle est évaluée suivant son poids. L'unité de poids universellement reconnue est le carat. Un carat serait le poids de la graine d'une plante légumineuse d'Afrique. Les poids exacts en milligrammes du carat à divers endroits sont les suivants:

	Milligrammes
Paris	205·500
Londres	205·409
Berlin	205·440
Amsterdam	205·700

Les fractions de carat employées pour peser les pierres précieuses sont $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ et $\frac{1}{64}$. En France 144 carats équivalent à 1 once; en Angleterre, 151·707 carats équivalent à 1 once troy.

Quelque belles que soient certaines gemmes à l'état naturel, elles peuvent être améliorées par la taille et le polissage, et il arrive souvent qu'une toute petite partie d'un cristal gemme soit tout ce que l'on puisse utiliser à cette fin, le reste étant défectueux et de coloration médiocre. Même si le cristal tout entier est de qualité gemme, sa valeur augmente considérablement s'il est taillé et poli symétriquement de façon à plaire à l'œil. La figure suivante et la liste qui l'accompagne donnent les noms des différentes tailles.

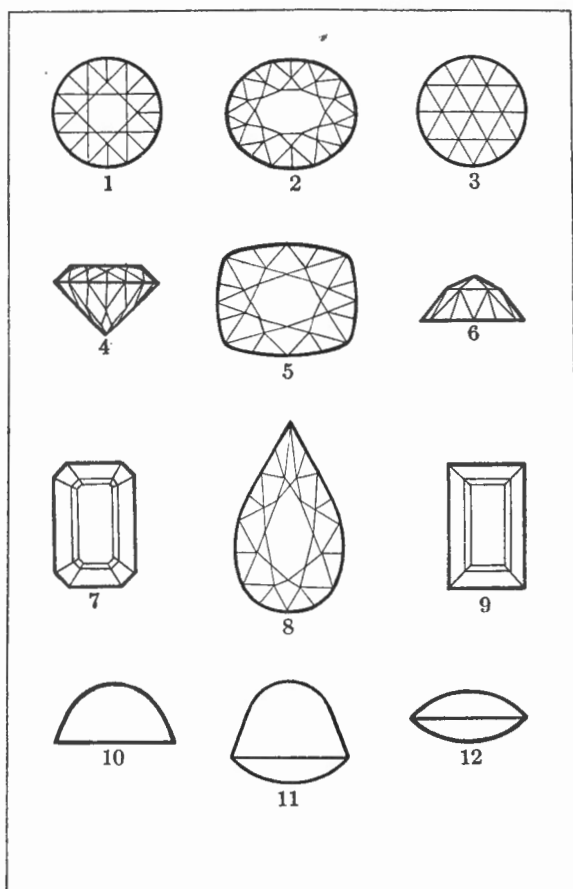


Fig. 2.

1. Brillant rond (vue du haut)
2. Brillant ovale (vue du haut)
3. Taille en rose (vue du haut)
4. Brillant rond (vue de côté)
5. Brillant coussinet (vue du haut)
6. Taille en rose (vue de côté)
7. Table (octogone)
8. Brillant poire (vue du haut)
9. Table (oblong)
10. Cabochon (vue de côté)
11. Cabochon haut (vue de côté)
12. Lenticulaire (vue de côté)

La taille en cabochon est préférable pour les minéraux qui possèdent de l'éclat, de l'iridescence, de l'opalescence, ou de l'astérisme, tels l'œil-de-tigre, l'opale, la pierre de lune, le saphir et le rubis. Les pierres comme le grenat, la turquoise, la tourmaline, etc., dont le charme dépend exclusivement de la couleur, sont aussi taillées de cette façon.

La taille brillante est ordinairement employée pour le diamant, le rubis, le saphir, etc.

Les tailles en table et en coussinet sont habituellement adoptées pour les pierres de couleur dans lesquelles les feux et l'éclat sont peu importants, comme l'émeraude et la tourmaline.

Par camée, on désigne des pierres composées de bandes de différente couleur, généralement deux, dans l'une desquelles on taille une figurine en relief, à laquelle la couche de la seconde couleur sert de fond. L'agate, l'onix, etc., sont généralement taillées en camée.

On trouvera ci-après un court glossaire des noms de pierres précieuses:

Agate. Prix, 50 cents à \$4 chacune. Dureté, 6.5. L'agate est une variété de calcédoine.

Le terme agate s'applique ordinairement à la calcédoine possédant des bandes parallèles de couleur que présente l'agate ordinaire, l'agate mousseuse contient des particules d'oxyde de fer qui lui donnent l'apparence de contenir un végétal quelconque. Il s'en trouve au Canada.

Agate mousseuse. Prix, 50 cents à \$50 chacune. Dureté, 6.5. Au lieu de bandes parallèles de couleur que présente l'agate ordinaire, l'agate mousseuse contient des particules d'oxyde de fer qui lui donnent l'apparence de contenir un végétal quelconque.

Aigue-marine. Prix, de \$4 à \$20 le carat. Dureté, 7.5. Une émeraude bleu pâle à gris de mer. Se présente comme l'émeraude.

Alexandrite. Dureté, 8.5. Une variété de chrysobéryl. Verte à la lumière du soleil, rouge à la lumière artificielle. Se présente dans le micaschiste au contact du granite et dans les graviers. Monts Ourals, Russie.

Amazonite. Prix, 50 cents à \$4 chacune. Dureté, 6. Un feldspath opaque, couleur vert-gris. Se trouve dans la roche granitique à gros grain. Existe au Canada.

Améthyste. Prix, 25 cents à \$2.50 le carat. Dureté, 7. Une variété violette de quartz transparent. D'une teinte allant du violet pâle à la couleur prune foncé. Se présente comme le cristal de roche sur les épointes des crevasses et des diaclases dans les roches. Existe au Canada.

Aventurine. Prix, 50 cents à \$5 le carat. Dureté, 6.5. Un quartz vert pâle, semi-transparent à subtranslucide et à paillettes iridescentes. Avec mica parfois répandu dans toute la pierre. Se présente dans le micaschiste.

Azurite. Prix, 20 cents à 50 cents le carat. Dureté, 4 à 5. Carbonate de cuivre bleu azur.

Béryl. Prix, 50 cents à \$10 le carat. Dureté, 7.5. Diverses couleurs. La variété verte est connue sous le nom d'émeraude, le vert de mer comme aigue-marine. Le nom de béryl s'applique ordinairement au jaune doré et aux teintes autres que le vert. Se présente en galets dans le sable, dans le granite à gros grain et dans les filons siliceux recoupant le granite.

Cairgorm (Quartz enfumé). Prix, 25 cents à \$2 le carat. Dureté, 7. Une variété enfumée, brun jaunâtre de quartz cristallin. Sa coloration foncée lui confère une grande valeur en joaillerie. Se trouve généralement dans le granite à gros grain. Existe au Canada.

Chrysobéryl. (Proprement dit). Prix, \$5 le carat et plus. Dureté, 8.5. Une belle pierre précieuse transparente, dans diverses teintes de brun, jaune, vert sauge, etc. Taillé à facettes, donne un bel effet dans la bijouterie d'or. L'œil-de-chat et l'alexandrite sont deux variétés très précieuses. Existe au Brésil.

Chrysocolle. Prix, \$1 à \$10 chacune. Dureté, 4 à 5. Cette pierre est opaque, combinant les belles couleurs de l'azurite-malachite et de la turquoise. Taillée et polie en cabochon, elle constitue une très belle pierre d'orfèvrerie. Les plus beaux spécimens proviennent des mines de cuivre dans les monts Ourals et de la mine Allouez dans la région cuprifère du lac Supérieur. Des spécimens ordinaires ont été trouvés en Colombie britannique, en Ontario et au Yukon.

Chrysoprase. Prix, \$1 à \$5 le carat. Dureté, 7. Une belle calédoine vert pomme. Sa couleur provient de la présence d'environ 1 pour cent d'oxyde de nickel. De beaux spécimens ressemblent aux émeraudes translucides taillées en cabochon. Existe au Canada.

Cornaline. Prix, 50 cents à \$8 chacune. Dureté, 6.5. De couleur chair crue. C'est une variété translucide de calcédoine. Sa couleur uniforme la rend précieuse pour la gravure en creux, etc. Existe en Nouvelle-Ecosse.

Diamant. Prix, \$200 à \$700 pour une pierre d'un carat. Dureté, 10. Le plus important pays producteur de diamants est l'Afrique du Sud, d'où provient 95 pour cent des diamants de l'univers. Les premiers diamants de ce pays furent trouvés dans les sables des rivières Orange, Vaal et Modder, et conduisirent à la découverte des principaux gisements du district de Kimberley, sur un plateau entre les deux dernières rivières mentionnées. La région de Kimberley possède aujourd'hui quatre grandes mines. Les autres mines importantes dans l'Afrique du Sud sont la Jagersfontein, dans l'Etat libre d'Orange et la Premier, près de Pretoria, dans le Transvaal. A ces mines les diamants se trouvent dans de gros massifs verticaux en forme de cheminées de roche ignée, connue sous le nom de Kimberlite, une variété de péridotite. Plus de quatre-vingts minéraux différents se rencontrent dans la roche. On l'appelle quelquefois "terrain bleu". En certains endroits, elle est beaucoup altérée à la surface, de sorte qu'il est facile d'en extraire le diamant. La roche altérée est exploitée à ciel ouvert. Toutefois, à plus de 100 pieds de profondeur, le "terrain bleu" est une roche dure et doit être abattue à la dynamite. La plupart des compagnies laissent la roche extraite exposée à l'air libre pendant un certain nombre d'années jusqu'à ce que le "terrain bleu" devienne tendre et friable et que les diamants puissent être facilement extraits.

A la mine Premier, la plus grande mine de diamant connue, le "terrain bleu" est broyé et lavé immédiatement après avoir été extrait. Bien que cette méthode comporte le risque de détruire des diamants précieux, il a l'avantage de ne pas engager de forts capitaux durant un certain nombre d'années pendant qu'on permet à la roche extraite de se déliter.

Les autres dépôts dans lesquels on trouve des diamants sont des gisements secondaires. Ils se présentent sur la côte occidentale de l'Afrique, dans le Congo Belge, le Brésil, dans les monts Ourals, la Guyane Anglaise, la Colombie et le Mexique.

Les diamants bruts, par suite de leur indice de réfraction élevé et leur éclat adamantin, n'attirent pas l'attention. Leur poids spécifique est assez élevé—3.3 à 3.7—et les diamants bruts possèdent un éclat gras particulier. La taille fait ressortir la beauté de la pierre. Bien que le diamant soit généralement incolore, on en a trouvé de verts, bleus, oranges, roses et noirs. Le diamant noir s'appelle bort. Pulvérisé, il sert à polir les diamants incolores et les autres pierres précieuses. On nomme carbonado le diamant noir, opaque et très compact, n'ayant pas de clivage et utilisé en grande partie dans les sondes à diamant. Le principal gisement se trouve à Bahia, au Brésil.

Émeraude. Prix, \$10 à \$500 le carat et plus. Dureté, 7.5 à 8. La demande actuelle pour les pierres vertes et la rareté croissante des émeraudes rendent cette pierre la plus précieuse de toutes les gemmes. Les spécimens les plus précieux de cette

gemme transparente possèdent la couleur bien connue du vert émeraude velouté, mais des teintes plus claires se rencontrent. Les émeraudes de grandes dimensions et sans défaut sont extrêmement rares et, par conséquent, il faut se contenter de petites pierres pour la taille. Comparée aux autres pierres précieuses, l'émeraude, par son mode de gisement, est unique, car on la trouve presque exclusivement dans sa situation primitive, c'est-à-dire dans la roche où elle s'est formée. Elle se présente dans les schistes cristallins. Le fameux gisement de Muzo, en Colombie, est le seul qui fasse exception, l'émeraude étant enchâssée dans des filons de calcite dans le calcaire. Cette pierre précieuse a été trouvée en Egypte, dans les monts Ours, dans les Alpes et en Colombie, elle a été découverte en plus petite quantité en Australie et aux Etats-Unis.

Grenat. Prix, 50 cents à \$25 chacun. Dureté 6.5 à 7.5. La couleur la plus usuelle est le rouge; les grenats rouges lorsque taillés en cabochon prennent le nom d'Escauboile. Plusieurs autres couleurs se rencontrent: violet, brun, rose tendre et vert. Le grenat est très répandu au Canada. C'est un élément constitutif ordinaire des matières charriées par les cours d'eau, des schistes, des dykes, des pegmatites et des roches métamorphiques. Les principales variétés sont: l'almandine rouge foncé; le grenat de Bohême, rouge sang foncé avec teinte jaune; la diamantoïde, d'un beau vert, allant du vert émeraude au vert brunâtre ou jaunâtre, et dans certains cas, presque incolore; l'essonite ou pierre de cannelle et la spessartite, d'une belle teinte rouge jaunâtre.

Jade (néphrite). Prix, 50 cents à \$1 chacun et plus. Dureté, 6.5 à 7. Cette pierre vert sauge ou olivâtre est particulièrement appréciée des Chinois, qui en ornent des anneaux, des bracelets et plusieurs autres ornements. Le meilleur jade provient du Burma supérieur, mais la variété verte existe aussi en Nouvelle-Zélande. Le jade est très estimé en joaillerie, surtout pour les bagues à cachet. Un jade, qui n'est pas de qualité gemme, se trouve dans des cailloux roulés par les eaux dans la vallée du fleuve Fraser, près de Lytton, en Colombie britannique, et aussi sur la rivière Lewes, au Yukon.

Jaspe. Prix, 50 cents à \$5 chacun et plus. Dureté, 7. Une variété opaque et massive de calcédoine, ordinairement rouge, parfois jaune, brun ou vert.

Jaspe sanguin. (Héliotrope). Prix, 50 cents à \$8 chacun. Dureté, 5-6. Une calcédoine opaque vert foncé, avec taches rouges comme du sang. En Nouvelle-Ecosse.

Kunzite. Prix, \$8 à \$25 le carat. Dureté, 7. Une variété de spodumène rencontrée dans les pegmatites lithifères de Madagascar et de la Californie.

Labrador. Prix, 50 cents à \$5 chacun. Dureté, 6. Une variété de feldspath trouvée pour la première fois au Labrador. Cette pierre présente de magnifiques reflets irisés bleus en particulier, surtout bleu, lorsque tournée vers la lumière, autrement elle a une apparence gris mat ou brunâtre. Existe au Canada.

Lapis-Lazuli. Prix, 50 cents à \$15 chacun. Dureté, 6. Se présente dans un calcaire blanc granulaire au contact avec le granite, au lac Baikal, Sibérie. Dans les Andes chiliennes, elle se rencontre en blocs de diverses grosseurs dans une épaisse couche de calcaire blanc et gris, qui repose sur des ardoises et est recouverte par une roche stratifiée riche en minéral de fer et en grenat.

Il se rencontre aussi dans l'Afghanistan et à San Bernardino, en Californie.

Malachite. Prix, 40 cents à \$4 chacune. Dureté, 4 à 5. Un produit d'altération d'autres minéraux cuprifères. On obtient de beaux spécimens dans les monts Ours, en Russie, et dans l'Australie. Se présente à maints autres endroits, mais est de pauvre qualité pour fins d'ornementation. Existe au Canada.

Œil-de-chat. Prix, \$25 le carat et plus. Dureté, 8-5. Une variété de chrysobéryll. La taille en cabochon possède un effet particulier, semblable à celui de l'iris d'un œil de chat. Autrefois très populaire, mais depuis supplantée par l'œil-de-tigre, une variété brune de quartz. Existe à Ceylan et dans les monts Ours, en Russie.

- Ceil-de-chat** (Une variété de quartz). Prix, 50 cents à \$2 chacun. Dureté, 6·5 à 7. Ressemble un peu au véritable œil-de-chat, mais beaucoup moins beau. Existe dans l'Inde, à Ceylan et en Hongrie.
- Olivine.** Prix, \$5 à \$100 le carat. Dureté, 6·5 à 7. Un nom de commerce appliqué à un grenat d'une belle couleur vert olive et extrait surtout en Russie. La vraie olivine est connue sous le nom de péridot.
- Opale.** Prix, \$1 à \$50 le carat et plus. Dureté, 6. On ignore la cause de l'opalescence développée par cette pierre bien connue. Les meilleures opales proviennent de l'Australie, de la Hongrie et du Mexique. On trouve au Canada des opales communes, sans valeur marchande.
- Péridot.** Prix, \$2 à \$10 le carat. Dureté, 6 à 7. Une gemme vert jaune clair; une variété de chrysolite. D'un très bel aspect et de grosseurs et de formes variées. On l'a trouvé au mont Timothy, en Colombie britannique, dans les bombes volcaniques.
- Pierre de lune.** Prix, 50 cents à \$10 chacune. Dureté, 6. Feldspath incolore ou parfaitement transparent, qui, tenu à un certain angle, transmet des éclats vitreux et nacrés sur certaines faces. Se présente en Suisse, à Madagascar, au Brésil, en Virginie et ailleurs.
- Pierre de soleil.** Prix, \$1 chacune et plus. Dureté, 6 à 7. Appartient au groupe des feldspaths. Elle se présente en diverses teintes de brun et renferme de petites lamelles de mica qui scintillent au soleil, donnant à la pierre une apparence bien caractéristique.
- Quartz.** Prix, 50 cents à \$5 chacun. Dureté, 7. A cette famille appartiennent le cristal de roche, le quartz-rutile, l'améthyste, le quartz rose, le quartz jaune (appelé topaze d'Espagne), le quartz enfumé, appelé cairngorm, le quartz laiteux, l'aventurine, etc. C'est un minéral usuel, ordinairement transparent et assez dur pour être taillé comme pierre précieuse. Certaines des sous-variétés précitées sont très belles et beaucoup portées.
- Rhodonite.** Prix, \$1 à \$5 chacune. Dureté, 6·5 à 7. Un silicate de manganèse rouge, rose ou chair, renfermant dans certains cas des taches noires causées par l'oxyde de fer. Opaque à translucide. Se présente en gros morceaux propres à la taille des boîtes à bijoux, presse-papiers. Taillée en cabochon elle constitue une belle pierre pour boutons de manchettes, épingles à cravate et bijoux.
- Rubellite.** Prix, \$5 à \$30 le carat. Dureté, 7. Voir Tourmaline rouge.
- Rubis et Saphir.** Ce sont des variétés de corindon. *Rubis*: prix, \$10 à \$500 le carat, parfois jusqu'à \$1,500; dureté, 9. *Saphir*: \$5 à \$150 le carat et plus, dureté, 9.
Le rubis est du corindon rouge, variant du rouge rose au rouge pourpre. La couleur la plus estimée est le rouge sang de pigeon bien connu.
Saphir est le nom donné au corindon bleu. Les couleurs les plus appréciées du saphir sont la "fleur de maïs" et le bleu royal. Le corindon rose pâle et le corindon vert foncé sont aussi connus comme saphirs. Les variétés translucides de saphir ou rubis qui, quand elles sont examinées dans une certaine lumière décalent une étoile à six pointes, sont taillées en cabochon et sont connues sous les noms de saphir et de rubis étoilés. Le corindon jaune est connu sous le nom de saphir jaune ou topaze orientale; et le corindon pourpre est connu sous le nom d'améthyste orientale.
Le rubis et le saphir se rencontrent dans les alluvions et *in situ* dans les roches métamorphiques, telles que le calcaire cristallin, le gneiss, le schiste, le granite, la syénite à néphéline et la péridotite.
Les minéraux ordinairement associés sont le spinelle, la tourmaline, la cyanite, la magnétite, la chlorite et la néphéline.
Les meilleurs rubis proviennent du Burma supérieur, où les pierres se présentent dans du calcaire granuleux, dans le sable, le gravier, et le sol avec le rubis spinelle, le saphir et la tourmaline. Les rubis se rencontrent aussi près de Bang-

kok, au Siam, associés au spinelle rouge et au saphir. Au Ceylan, peu de rubis sont extraits en comparaison des saphirs. Là, les saphirs se présentent avec le grenat dans le gneiss, tandis que les rubis habitent les calcaires; les deux variétés de corindon sont en maints cas trouvés côte à côte dans les graviers. D'autres sources sont l'Afghanistan, la Chine, les monts Ourals et le Queensland. Aux Etats-Unis on a trouvé de très beaux rubis dans les roches cristallines de la Caroline du Nord; près d'Helena, Montana, les saphirs se trouvent dans les sables de rivières. Le corindon est un minéral très abondant au Canada, mais on n'a trouvé aucun rubis. Il n'a aucune valeur comme pierre précieuse; il est surtout employé comme abrasif.

Serpentine. Prix, \$1 à \$5 chacune. Dureté, 4. La serpentine de haute qualité, connue sous le nom de serpentine noble, est une pierre opaque variant de vert olive à vert pistache et possède un éclat cireux. On en a trouvé de petites quantités de haute qualité au Canada, mais il ne semble pas y avoir de marché spécial pour cette pierre.

Sodalite. Prix, 50 cents à \$5 chacune. Dureté, 6. Une pierre bleue, opaque, d'un éclat vitreux; autrement elle ressemble au Lapis-Lazuli. Elle est taillée en cabochon. Ce minéral se trouve généralement en rapport avec les syénites à néphéline. De beaux échantillons ont été trouvés dans le district d'Ice-River, en Colombie britannique et dans le centre d'Ontario.

Spinelle. Prix, \$10 le carat et plus. Dureté, 8. Cette belle gemme transparente n'est pas appréciée comme elle le devrait. Elle se présente en diverses couleurs, mais la variété rouge flamme est la mieux connue. Le spinelle est intimement associé au corindon et dans certains cas on le prend pour le rubis. Les spinelles bleus se trouvent aussi et ils sont souvent pris pour du saphir, mais le spinelle est plus tendre et plus léger.

On distingue les variétés de gemmes suivantes: le rubis spinelle, rouge foncé et transparent; le rubis-balas, rouge-rose à rose; la rubicelle, rouge jaune à rouge orange; l'almandine violet à pourpre; la saphirine, le spinelle bleu; le chlorospinelle, à teneur de fer couleur d'herbe verte.

Le spinelle se présente dans les roches métamorphosées telles que le calcaire, la serpentine et le gneiss et dans les graviers. Les principaux gisements se trouvent à Ceylan, Burma et Siam. On en rencontre aussi dans l'Inde, la Tartarie, l'Afghanistan et le Brésil. Les spinelles bleus existent en Suède et en France. On en a trouvé de bons spécimens dans les calcaires et les serpentines du nord du New-Jersey et du sud-est de New-York.

Spodumène. Prix, \$6 à \$20 le carat. Dureté, 7 à 7.5. Une pierre claire, transparente, couleur canari; ressemble à la topaze orientale. Sa disposition au clivage ou fendage le rend difficile à tailler. Deux de ses variétés sont l'hiddénite de couleur vert jaune à vert émeraude, et la kunzite d'une couleur rose tendre à lilas. Le spodumène se trouve dans les pegmatites à lithium-sodium dans la Californie, dans la Caroline du nord et au Brésil. On a trouvé du spodumène au Canada associé aux pegmatites lithifères, bien qu'aucune matière gemme n'ait encore été découverte.

Thompsonite. Prix, \$1 à \$25 chacune. Dureté, 5. Cette pierre opaque de couleur variée ressemble à un assortiment de pierres diversement colorées, étroitement serrées ensemble. Les différentes sections varient de couleur du vert pistache au vert sauge, au rose crevette, au jaune verdâtre et au blanc de Chine. La thompsonite est taillée en cabochon. Cette matière se présente dans les roches ignées basiques du district du lac Supérieur. Sa popularité est en grande partie limitée au pays environnant le lac Supérieur.

Topaze. Prix, \$2 à \$20 le carat. Dureté, 8. Il existe plusieurs variétés de topaze. La véritable et précieuse topaze est une pierre brillante transparente, de diverses teintes de jaune et de rose pâle. La topaze se présente dans les gneiss, les schistes, les granites et les pegmatites. Elle est ordinairement associée à la tourmaline, au quartz, à la fluorine, à l'apatite, au béryl et aux minerais d'étain et de tungstène.

Le minéral existe aussi dans des dépôts alluvionnaires. Les plus importantes localités pour la topaze sont les monts Ourals, les monts Ilmen, l'Ecosse, l'Irlande, la Saxe, le Cornwall, Ceylan, le Japon, le Mexique et les Etats-Unis.

Tourmaline. Prix, \$1 à \$10 chacune et plus. Dureté, 7 à 7.5. Cette pierre transparente peut être de presque toutes les couleurs, le rouge et le vert dominant. Un même cristal peut avoir différentes couleurs. La tourmaline rouge foncée prend le nom de rubellite et se taille en facettes et en cabochon. La tourmaline se présente dans les roches métamorphiques telles que le gneiss, le schiste et le calcaire cristallin, et dans les granites, ainsi que dans les dépôts alluviaux. C'est surtout dans les pegmatites que l'on trouve les variétés gemmes. Les principales localités sont l'Inde, Burma, Madagascar, Ceylan, Sibérie, Brésil et les Etats-Unis. Les pegmatites du Canada ont fourni quelques tourmalines de qualité gemme.

Turquoise. Prix, 50 cents à \$12 le carat. Dureté, 6. Couleur, teintes claires de bleu. Cette gemme est probablement la plus populaire des pierres opaques. La teinte bleu-ciel est la plus estimée. Taillées en cabochon, en scarabée et en camé les pierres ont un effet particulier. Quelques-unes possèdent une couleur verdâtre due aux impuretés. La turquoise est formée par la précipitation de solutions et les minéraux les plus ordinaires qui lui sont associés sont la limonite, le quartz, le feldspath et le kaolin. On la trouve en Perse, en Egypte, en Australie, au Turkestan et aux Etats-Unis.

Vésuvianite ou Idocrase. Prix, 50 cents à \$4 chacune. Dureté, 6.5. Un minéral translucide brun, vert ou jaune. Une variété trouvée en Californie est connue sous le nom de Californite. Taillée en cabochon. La vésuvianite se présente dans les roches métamorphiques. Les principales localités se trouvent en Italie, Sibérie, Hongrie, Norvège et Californie. Au Canada on rencontre de très beaux spécimens de vésuvianite, mais ils n'ont aucune valeur comme gemmes.

Williamsite. Prix, 50 cents à \$4. Dureté, 5.5. Une pierre verte ressemblant au jade de la Nouvelle-Zélande. Elle est translucide et certains spécimens sont tachetés par d'autres minéraux. Elle prend un beau poli, et donne des montures bien caractéristiques. C'est une variété de serpentine.

Zircon. Prix, \$2 à \$20 le carat. Dureté, 7.5. Dans certaines propriétés, cette gemme est unique. C'est le plus brillant de tous les minéraux et il a l'éclat adamantin du diamant. C'est la plus lourde des gemmes et on en trouve une variété de couleurs, le brun dominant. Les variétés blanches, appelées jargons, sont en certains cas prises pour des diamants. L'hyacinthe et la jacinthe sont les termes appliqués aux variétés claires, transparentes, jaunes, oranges, rouges et brunes. Les zircons gemmes existent en grande partie dans les dépôts secondaires. On les trouve à Ceylan, en Australie, en France, en Russie et aux Etats-Unis. Le Canada en a fourni de très beaux surtout dans le comté de Renfrew, où on les trouve dans les roches métamorphiques.

La cordiérite, l'axinite, la cyanite, la staurolite, l'andalousite, l'épidote, le jais, la serpentine, l'aragonite, le marbre, le gypse, le rhodocrosite, la préhnite, etc. sont des minéraux usuels pour lesquels il n'y a pas beaucoup de demande, mais, qui, dans certains cas, sont assez transparents et possèdent une assez bonne coloration pour être taillés et polis et mis sur le marché comme pierres semi-précieuses.

BIBLIOGRAPHIE

- Bauer (Max.), et Spencer (L.-J.): "Precious Stones, Their Character and occurrence".
 Kraus (E.-H.) et Holden (W.-F.): "Gems and Gem Materials".
 "A Guide for Gem Buyers", Expositor, Varni Company.

GÎTES D'ORIGINE SURTOUT SÉDIMENTAIRE

PLACERS

(W.-A. Johnston)

Les quatre cinquièmes environ de la production aurifère du Canada, de 1858 à 1892, provenaient des placers. Pendant quelques années après 1892, la production d'or filonien dépassa celle des placers, mais en 1900 la valeur de l'or alluvionnaire, provenant surtout du Klondike, s'est élevée à \$22,275,000, soit 84 pour cent de la production totale. Depuis 1900, la production d'or de placer a diminué graduellement et s'est élevée, en 1925, à moins de 5 pour cent de la production totale d'or, soit \$35,880,826. Les placers ont beaucoup été prospectés au Canada, mais aucun nouveau territoire n'a été découvert depuis quelques années. On a fait, cependant, de temps en temps de nouvelles découvertes dans les anciennes régions minières de placers, et il est probable que d'autres suivront et que les nouvelles méthodes d'exploitation, telles que le dragage, permettront de réaliser une petite production d'or alluvionnaire du moins pour quelques années encore.

Les placers sont des dépôts de sable, de gravier, ou d'autre matière d'alluvion contenant des particules d'or, de platine ou d'autres minéraux précieux en quantités rémunératrices. L'or natif est le plus important minéral des placers au Canada. On a trouvé du platine, ainsi que l'or, dans les alluvions du district de Tulameen et à quelques autres points en Colombie britannique et au Yukon, mais non en quantités rémunératrices, puisque la majeure partie du platine a été récupéré au début de l'exploitation alors qu'il avait peu de valeur.

En général trois conditions sont essentielles à la formation des placers: (1) la présence du minéral précieux dans la roche de fond, (2) la mise en liberté du minéral de la roche de fond par l'intempérisme, et (3) sa concentration par l'action des cours d'eau et des vagues. Des placers résiduels peuvent se former par l'intempérisme à la place des gîtes minéraux mais ils sont rares. Les plus riches placers sont des concentrations d'énormes quantités de roche dans des régions qui ont été érodées sur plusieurs milliers de pieds en des plaines de bas relief, qui se sont ensuite soulevées pour être découpées par les cours d'eau. Comme les placers renfermant de l'or sont les seuls dépôts très importants de ce genre au Canada, on en trouvera un aperçu ci-après.

La présence de placers dans une région peut indiquer, bien que ce ne soit pas toujours le cas, qu'il s'y trouve des gîtes filoniens exploitables. L'or peut avoir existé dans les parties supérieures oxydées des dépôts de sulfure ou dans les filons qui furent entièrement érodés, ou bien les vestiges peuvent être trop minimes pour être exploitables. Aucun gîte filonien aurifère important n'a été découvert, par exemple, dans le Klondike. L'or alluvionnaire provient des filons de quartz aurifère, dont les tronçons ne sont pas exploitables. Les grandes quantités de gravier quartzifère résiduel provenant de l'érosion des filons indiquent que plusieurs milles cubes de roche de fond furent arrachés de cette région par l'érosion. La teneur aurifère moyenne de la matière érodée, telle qu'estimée par la quantité d'or allu-

vionnaire récupérée, s'élevait à moins de 5 pour cent par tonne. Une partie de l'or des placers résiduels peut avoir précipité à partir de solutions, mais les pépites dans les graviers des cours d'eau ne se sont pas formés de cette façon. La plupart des pépites sont fort usées; les cristaux aurifères et les fragments intacts de certains placers furent protégés contre l'érosion par la profondeur à laquelle ils se trouvaient, ou furent arrachés à la roche encaissante par l'altération des graviers.

La distribution de l'or dans les placers est irrégulière. L'or en gros fragments, ordinairement accompagné d'or fin, ou en fragments de moyenne dimension, peut être disséminé dans les 10 ou 15 pieds inférieurs des graviers, surtout si ceux-ci renferment beaucoup d'argile ou d'autre matière fine, mais il est d'ordinaire concentré sur la roche de fond ou près de celle-ci; car l'or gros ou fin, déposé parmi les graviers dans un lit de cours d'eau tend à s'enfoncer dans ces graviers jusqu'à ce qu'il atteigne une strate imperméable. L'or n'est jamais réparti uniformément dans une grande épaisseur de gravier. Les veines du placer peuvent se présenter à n'importe quel niveau dans un dépôt de gravier, sur une fausse roche de fond d'argile ou une autre couche imperméable. Ils peuvent occuper la partie la plus profonde du lit du ruisseau. Le gravier exploitable peut occuper toute la largeur du lit du cours d'eau dans les étroites vallées en V; dans les larges vallées à fond plat, la veine sera probablement plus étroite que le bas-fond de la vallée et son cours pourra être tout à fait différent de celui du cours d'eau actuel. La plupart des veines de placers dans les larges vallées se sont formées à l'origine dans d'étroites vallées à pentes assez raides. A mesure que la pente s'adoucit et que la vallée s'élargit par le cours d'eau, la veine de placer s'enfouit sous la matière d'alluvion. Un cours d'eau à faible pente tend à serpenter et les coudes qu'il fait tendent à descendre vers l'aval, de sorte que les matières au fond de la vallée sont retravaillées plusieurs fois par le cours d'eau. La veine du placer peut être déplacée pendant ce nouveau travail de l'eau, ou, si elle est grossière ou quelque peu cimentée ou durcie après le déplacement du cours d'eau, elle peut garder sa position primitive. Les veines de placers ne sont pas continues et peuvent se diviser ou se terminer abruptement parce que l'or est surtout concentré en certains points, comme sur les coudes intérieurs, où le dépôt et l'érosion se sont alternativement produits et où la roche de fond constitue de bons "rifles". Le soulèvement ou tout autre agent a pu approfondir la vallée du ruisseau et l'ancienne veine de placer, selon son emplacement, peut y atteindre ou garder sa position originelle en formant un banc ou un placer d'ancien lit. Il peut donc se présenter un terrain aride dans le fond de la vallée actuelle du ruisseau dans les étendues qui sont bordées par un ou plusieurs bancs de roche, et on peut rencontrer un terrain exceptionnellement riche dans des endroits où le cours d'eau a taillé son chemin sous l'ancien lit. Les marmites et autres dépressions irrégulières dans la roche de fond dans le lit d'un cours d'eau contiennent rarement de l'or. Elles sont formées par l'érosion et tout l'or qui y est transporté par le cours d'eau est probablement broyé fin par l'action du sable et des graviers charriés par le courant et flotté. L'or n'existe pas en quantités exploitables dans les parties noyées des deltas. Il peut y avoir un peu d'or dans les cônes de déjection qui forment fréquemment les parties

supérieures des deltas, mais on ne peut rencontrer que de l'or fin dans les cônes et il y a peu de chance qu'il se soit concentré en veines de placer à cause des fréquents déplacements du lit des cours d'eau.

L'or alluvionnaire (en banc ou très fin) est suffisamment fin ou lamelleux pour être transporté par l'eau vaseuse. Sa grosseur varie de quelques "couleurs" à plusieurs milliers à la cent. Dans les régions où l'or fin est entraîné aux cours d'eau par l'érosion de leurs rives ou lits, les veines de placers peuvent se présenter dans les barrages et les rives. Les veines de placers n'ont ordinairement que quelques pouces à 1 ou 2 pieds d'épaisseur et reposent à la surface ou à une faible profondeur, entre les niveaux de l'eau très basse et de l'eau très haute, par endroits, comme en amont des barres, où les conditions sont propices au dépôt et à l'érosion alternes de la matière charriée par le cours d'eau. Elles peuvent se présenter en lits à divers niveaux au-dessus des cours d'eau. Comme l'érosion et le dépôt se poursuivent d'année en année, les barrages se déplacent vers l'aval; les anciennes veines de placers sont détruites et de nouvelles se forment, mais très lentement. Les riches gîtes d'or alluvionnaire exploités dans les premiers temps, sur les rives du fleuve Fraser et d'autres cours d'eau au Canada, étaient des concentrations d'or formées par ces cours d'eau à l'époque post-glaciaire. Les gîtes alluvionnaires de la Saskatchewan et d'Athabaska en Alberta, de même que ceux le long des fleuves Fraser et Columbia et de la rivière Stikine en Colombie britannique, appartiennent à ce type. Plusieurs des barres plus riches sur ces cours d'eau ont été remaniées plusieurs fois. Le premier rendement fut naturellement le plus riche et les travaux en ces dernières années furent rarement rémunérateurs. Il se présente très peu d'or en dessous du niveau de l'eau basse dans les vallées des ruisseaux renfermant des dépôts d'or alluvionnaire n'ayant pas d'or en gros ou moyens fragments et les veines d'or alluvionnaire sont minces et interrompues. Plusieurs tentatives faites en vue d'exploiter les placers sur une grande échelle par dragage ou d'autres méthodes sur ces cours d'eau, par exemple sur le fleuve Fraser, ont fait échec parce qu'on n'a pas su reconnaître la nature des veines de placer ou qu'on n'a pas suffisamment exploré le terrain.

Les placers de plaine de gravier se forment dans de larges vallées ou plaines alluviales renfermant des graviers qui ont été souvent remaniés par des cours d'eau serpentant ou par des ruisseaux à pentes assez raides qui tendent à déplacer leur lit. L'or provient de l'érosion des rives, ainsi que des eaux d'amont des ruisseaux, et doit se retrouver assez fin et uniformément réparti dans les graviers. Ces placers se sont le mieux développés dans les régions non-érodées par les glaciers, mais il en existe quelque peu dans les régions érodées par les glaces, par exemple, à quelques endroits dans le district de Cariboo, en Colombie britannique. Ils ne peuvent être exploités avec profit que par dragage.

Les graviers glaciaires peuvent contenir de l'or, mais ils ont peu de valeur économique à moins qu'ils ne se soient concentrés par l'action des eaux ou qu'ils se soient partiellement constitués par l'érosion de placers plus anciens. Les glaciers disséminent l'or qu'ils ramassent au lieu de le concentrer. Les moraines, les kames, les cesars et les plaines de lavage

glaciaires ne renferment pas d'or en quantités exploitables. Des fragments disséminés d'or et des amas isolés de graviers aurifères peuvent se présenter dans l'argile à blocs. Le limon et l'argile glaciaires stratifiés n'en renferment pas. Les veines de placers interglaciaires formées par l'érosion des cours d'eau pendant le retrait de la glace peuvent se présenter dans les régions érodées par les glaces. Beaucoup de l'or trouvé dans les graviers glaciaires est assez gros et uniforme, comme s'il avait été trié par des courants très puissants. Les placers de graviers glaciaires réassortis des anciennes exploitations de la Colombie britannique et du district de Beauceville (Québec), ont été exploités en grande partie par abatage hydraulique et peuvent rarement être exploités autrement avec profit.

Les placers en profondeur sont des veines recouvertes de dépôts plus récents de drift glaciaire, de laves et de tufs ou d'alluvion stérile. Des graviers aurifères, enfouis sous de grandes ou de faibles épaisseurs de drift glaciaire, peuvent se présenter dans le fond des vallées ou sur les bancs de roche et dans les anciens lits de cours d'eau bordant des vallées qui n'ont pas été profondément érodées par les glaces. Ces vallées ont la forme d'un V. Les vallées arrondies en forme d'U ne renferment probablement pas de veines de placers, par suite de l'érosion glaciaire. Les graviers glaciaires au fond de ces vallées peuvent contenir un peu d'or, mais d'ordinaire le gravier exploitable est tellement disséminé qu'il ne peut être traité avec profit. La plupart des veines rémunératrices exploitées dans les débuts dans les districts de Cariboo et d'autres régions de la Colombie britannique étaient enfouies sous du drift glaciaire et furent exploitées surtout en galeries. On n'a pas découvert de placers recouverts de lave au Canada, mais des graviers aurifères se présentent sous les laves dans la vallée de la rivière Stikine, en amont de Telegraph-Creek. Ils se retrouvent peut-être en d'autres endroits en Colombie britannique. La surcharge des cours d'eau a pu entraîner le dépôt d'alluvion stérile au-dessus des graviers de bonne teneur au fond de la vallée et dans les régions arctiques et sub-arctiques, comme au Klondike, où le terrain est toujours gelé et où d'épais dépôts de terrain de couverture recouvrent parfois les graviers. Le mort-terrain se compose de matière organique légèrement décomposée, mêlée ou interstratifiée avec du sable fin, du limon et de l'argile. Il s'est formé par la croissance de végétation, en place, et par le glissement du sol, et par le dépôt de cours d'eau débordant. Il renferme, par endroits, beaucoup de terrain gelé. Comme il est bon isolant il empêche le dégel du terrain pendant l'été. Le sol d'où le terrain de recouvrement a été enlevé par abatage hydraulique ou par quelque autre méthode, dégèle naturellement en trois ou quatre ans jusqu'à des profondeurs de 10 à 30 pieds.

Les placers de plage se sont formés par l'érosion des vagues et la concentration des matériaux dans les falaises. Les riches placers de plage ne se présentent en général que dans les endroits où les placers de cours d'eau, ou résiduels, ont été érodés par les vagues. Aucun riche placer de plage n'est connu sur le littoral canadien et il est fort peu probable qu'il s'en trouve, sauf, peut-être dans quelques endroits, vu que beaucoup de la matière érodée par l'action des vagues est du drift glaciaire.

Les placers dans les étendues érodées par les glaces au Canada, diffèrent de ceux des régions non-érodées du Yukon de diverses manières qui



Figure 3. Limites de la glaciation au Yukon.

affectent leurs possibilités d'extraction. La présence de gros cailloux dans certains placers dans les régions érodées par les glaces peut rendre impossible l'emploi des dragues, des pelles à vapeur, ou des grattoirs à tige d'entraînement.

Dans les régions érodées par les glaces, la roche en place est plus souvent dure et inaltérée, ce qui rend parfois difficile de récupérer tout l'or par dragage. Les gros cailloux font défaut et il n'y a pas de couverture de drift glaciaire dans les placers des étendues du Yukon, non-érodées par les glaces. Il y a toutefois, d'épais manteaux de recouvrement et il est nécessaire de dégeler le sol pour opérer l'extraction.

Les régions du Canada les plus favorables à la prospection des placers sont probablement les étendues inexplorées du Yukon et du nord de la Colombie britannique (voir figure 3). Les territoires non-érodés par les glaces dans lesquels se présentent les roches ignées ou métamorphiques, qui sont minéralisées, du moins à un certain degré, sont les plus favorables. Dans les régions érodées, les étroites vallées en V, en particulier celles qui sont bordées par des bancs de roche, devraient être recherchées, en évitant les vallées arrondies, et profondément érodées. Les vallées qui ne sont que légèrement érodées sont ordinairement transversales à l'orientation du mouvement de la glace de glacier et ne s'étendent pas dans les cirques glaciaires. En estimant la valeur du terrain des placers au point de vue de l'exploitation, il est important de déterminer le type de dépôt auquel appartient le gîte, car certains dépôts, tel qu'il a été dit plus haut, exigent un essai bien plus détaillé pour en déterminer la valeur que d'autres. Chaque dépôt peut être en général exploité avec profit par une ou deux méthodes seulement. Il se peut que certains dépôts, par exemple, ceux de barrage, puissent n'être travaillé profitablement que par des procédés manuels. L'essai préliminaire du terrain peut se faire par passage à la batée, en estimant 150 batées à la verge cube, ou en creusant des trous de prospection et des puits, et en lavant des échantillons moyens provenant des façades des puits, ou mieux toute la matière sortie de l'excavation. Le foisonnement de la matière enlevée de l'excavation varie considérablement, mais en moyenne il est de 50 pour cent. Le moyen le plus efficace d'éprouver le terrain de placers est par forage. Comme la perforatrice Keystone perce un trou un peu plus grand que le diamètre extérieur du tubage, il est nécessaire d'en tenir compte en calculant le volume des matériaux enlevés au forage. On a coutume de considérer 100 pieds linéaires d'un trou de 6 pouces (la dimension d'un tubage étant ordinairement de 6 pouces) comme ayant un volume de 1 pied cube. Par conséquent,

$$\text{la valeur du gravier par verge cube} = \frac{\text{valeur de l'or obtenu} \times 100}{\text{profondeur du trou en pieds.}}$$

Quand le forage a été exécuté avec soin, 75 à 80 pour cent du rendement estimé peut être récupéré par dragage. Ce pourcentage comprend toutes pertes, non seulement les résidus, mais les "îles" non récupérables et les "coins" laissés pendant les opérations. La récupération de l'or par l'abatage hydraulique peut être plus considérable ou moindre que 75 pour cent, selon que la roche de fond peut être atteinte et le degré auquel elle peut être complètement nettoyée.

BIBLIOGRAPHIE

- "The Yukon Territory, Its History and Resources", ministère de l'Intérieur, Ottawa, 1926.
- Rapports annuels du ministre des Mines, Victoria, Colombie britannique.
- McConnell (R.-G.): "Report on the Klondike Gold Fields," Com. géol., Can., Rap. ann., vol. XIV, partie B (1905).
- "Rapport sur les teneurs en or des hauts-graviers du Klondike", Com. géol., Can. n° 1016.
- Cockfield (W.-E.): "Sixtymile and Ladue River area, Yukon," Comm. géol., Can., Mém. 123 (1921).
- Johnston (W.-A.): "Gold Placers of Dease-Lake area, Cassiar District, B.C." Com. géol., Can., Rap. som. 1925, partie A, p. 33-74.
- Johnston (W.-A.) et Uglow (W.-L.): "Placer and Vein Gold Deposits of Barkerville, Cariboo District, British Columbia," Com. géol., Can., Mém. 140 (1926).
- MacKay (B.-R.): "Région de Beauceville, Québec;" Com. géol., Can., Mém. 127 (1921).
- Peele (Robert): Mining Engineers' Handbook, John Wiley and Sons, New-York.
- Thorne (W.-E.): "Testing and Estimating Alluvials for Gold, Platinum, Diamonds, or Tin;" Mining Publications, Ltd., Londres, 1926.

HOUILLE

(B.-R. MacKay)

ORIGINE DES DÉPÔTS HOUILLERS

La houille tire son origine de l'ancienne végétation marécageuse qui, comme celle des tourbières d'aujourd'hui, croissait soit à l'endroit maintenant occupé par le dépôt houiller, ou bien fut flotté sur une grande ou petite distance et déposée dans l'eau près de la terre. Pour cette raison les dépôts de houille sont toujours associés aux sédiments d'eau douce ou d'eau d'origine saumâtre, et la plupart de ceux-ci se présentent en lits ou en "couches", que l'on peut généralement suivre sur de grandes distances. A quelques exceptions près, chaque couche de houille peut être considérée comme un ancien dépôt de tourbe, lequel, par l'entremise de bactéries et d'autres agents chimiques, de la chaleur et de la pression qui se sont développés par son enfouissement sous des sédiments plus récents et par des mouvements de l'écorce terrestre, fut converti en un minéral combustible compact. Ainsi l'étendue d'un district houiller correspond à la superficie recouverte par la tourbière ou les tourbières, qui donnèrent naissance aux couches de houilles. Quelques houilles, telles les houilles sèches, les houilles dites "cannel" et "boghead", qui se composent en grande partie d'épidermes végétaux transportés par le vent et l'eau, de spores et de tissus de pollen, d'algues grasses, cirouses, se sont formées principalement d'organismes aquatiques, tant végétaux qu'animaux, mais la majorité des houilles ordinaires désignées sous le nom de houilles humiques ou xyloïdes, passent pour s'être formées surtout de la végétation terrestre se composant en grande partie de croissance forestière. Sous ce rapport la tourbière qui produit de la houille diffère quelque peu des tourbières ordinaires d'aujourd'hui, dont la végétation consiste principalement en herbes, mousses et gazon. L'exemple le plus typique de la tourbière source de houille est le marais Great-Dismal, situé dans la plaine côtière de la Caroline du nord et de la Virginie, qui, avant

l'assainissement, couvrait environ 2,200 milles carrés. L'une des plus importantes tourbières de tourbe combustible au Canada se trouve à Alfred, 45 milles à l'est d'Ottawa.

CLASSIFICATION DES HOUILLES

L'apparence physique des houilles varie d'une matière tendre et friable dans laquelle la feuille, la plante et les fragments d'arbres sont distincts et, en maints cas, séparables, au plus dur combustible minéral dans lequel on peut difficilement reconnaître la structure végétale primitive. Ce n'est que depuis quelques années, grâce au perfectionnement du procédé permettant de faire des plaques minces de charbon dur, qu'on a pu finalement établir de façon positive sa constitution végétale.

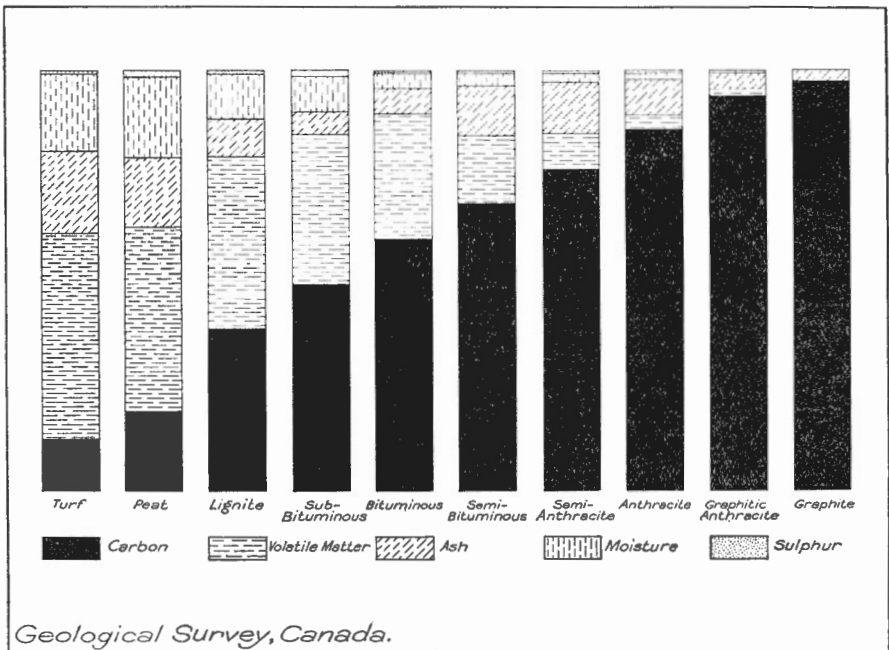


Figure 4. Transformations chimiques successives dans l'évolution de la houille.

Au point de vue chimique, les houilles se composent d'un complexe organique tiré de la distillation destructive de deux éléments constitutifs végétaux principaux, la lignine et la cellulose et composées des éléments carbone, hydrogène et oxygène en diverses combinaisons avec de moindres quantités d'azote et de soufre. Pour fins pratiques de classification l'analyse approximative de la houille, en même temps que son caractère physique, est considérée comme suffisante pour différencier les houilles en diverses catégories.¹ Tous les charbons peuvent être considérés comme se

¹ Catégorie est un terme proposé par M.-R. Campbell du Service géol. des E.-U. et adopté par la Commission américaine et canadienne pour la classification des charbons, pour désigner les différences dans les charbons dues au changement progressif dans la carbonisation ou le métamorphisme du lignite à l'anhracite. Type est le terme adopté par cette commission pour désigner la matière primitive à partir de laquelle la houille s'est formée et le mode de dépôt.

composant de quatre éléments principaux—humidité, matière volatile, carbone fixe et cendre, cette dernière consistant surtout en matière minérale transportée. Les proportions de ces quatre éléments varient avec les différentes houilles, mais, à l'exception de la teneur en cendre, qui est en grande partie accidentelle, elles sont relativement les mêmes dans les houilles qui ont une même origine et qui ont été soumises à peu près au même degré de métamorphisme. On trouvera dans la Figure 4 l'augmentation progressive du carbone et la diminution correspondante de l'humidité et de la matière volatile dans l'évolution de la houille, à partir de la tourbe jusqu'à l'anhracite le plus dur. Accompagnant le changement dans le caractère physique et chimique, se produit un changement correspondant dans la puissance de chauffe de la houille déterminée en colories ou en unités thermales britanniques, la chaleur maximum étant obtenue dans les houilles dont les éléments de carbone fixe et de matière volatile s'équivalent de plus près, plutôt que dans les houilles dont le pourcentage en carbone fixe est plus élevé.

Quant au caractère physique, la composition chimique et la puissance de chauffe, les charbons de divers modes de gisement peuvent être classés en sept différentes classes ou catégories. Ce sont: lignite, sub-bitumineux, bitumineux, semi-bitumineux, semi-anhracite, anhracite et surper-anhracite. Ces sept catégories tombent dans quatre groupes principaux, à savoir, les lignites, sub-bitumineux, bitumineux et anhracites. Aucune ligne de démarcation ne peut être établie entre les charbons des catégories adjacentes, un changement progressif existant naturellement d'une catégorie à une autre; de fait, les houilles de composition physique et chimique analogue sont placées par divers services officiels dans différentes catégories. Les définitions des diverses catégories de houilles données ci-dessous sont celles qui ont été adoptées par la Commission géologique du Canada. On trouvera dans le tableau qui suit les diverses catégories de houilles avec leurs principales propriétés et leurs caractères physiques:

Classification des houilles

Catégories	Caractères physiques et chimiques
Lignites	Ces charbons possèdent une couleur noir-brunâtre à noir et dans plusieurs la structure végétale et ligneuse est facile à distinguer, ce qui donne au charbon un aspect lustré. Ils sont très friables et, par exposition à l'air, perdent facilement leur humidité, ce qui entraîne la désagrégation ou la brisure en fragments de forme irrégulière. Leur teneur en humidité dépasse parfois 45 pour cent.
Sub-bitumineux	Ces charbons décèlent une phase plus avancée de métamorphisme et de carbonisation que les lignites, et renferment rarement plus de 25 pour cent d'humidité. Au Canada, cette catégorie se limite actuellement aux charbons de faible qualité qui possèdent moins de 10 pour cent d'humidité; mais aux Etats-Unis des charbons ayant jusqu'à 35 pour cent d'humidité sont classés comme sub-bitumineux. Ces charbons sont noirs, ne se désagrègent pas aussi facilement que les lignites mais plus rapidement que les charbons bitumineux.

Classification des houilles—Fin

Catégories	Caractères physiques et chimiques
Bitumineux	<p>Les charbons de cette catégorie possèdent de façon généralement plus accentuée la structure rubanée en couches mates et brillantes. Lorsque broyés, ils se brisent en petits blocs rectangulaires ou en forme de cubes, se fendant le long des plans de stratification et de diaclase. Ils sont très fulligineux et salissent les doigts mais, ne sont que légèrement affectés par exposition à l'air. Ils brûlent avec une flamme fumeuse.</p> <p>Aux Etats-Unis, le charbon bitumineux a été défini: tout charbon au-dessus de la catégorie de sub-bitumineux, dont le coefficient de combustion (le carbone fixe divisé par la matière volatile) n'excède pas 2.5; au Canada le coefficient du combustion de 3 est pris comme limite. Le cannel-coal ordinaire du commerce tombe dans la catégorie bitumineuse. C'est une variété de charbon dense, dur et sec qui se brise avec cassure conchoïdale. La plupart des cannel-coals présentent au microscope d'abondants vestiges de spores et des parties végétales grasses, et pour cette raison, sont considérés comme ayant été formés par submersion. On a trouvé dans quelques-uns des restes de poissons. Leur teneur en matière volatile étant élevée, ils brûlent facilement avec une flamme qui ressemble à celle d'une chandelle (d'où le nom de cannel-coal) d'où se dégagent des fumées noires huileuses.</p>
Semi-bitumineux (Super-bitumineux)	<p>Ce sont les charbons "à faible teneur de matière volatile" ou charbons dit sans fumée, dont le coefficient de combustion varie d'un peu au-dessus de celui des charbons bitumineux à 5. Grâce au métamorphisme, la plupart de leur matière volatile a été chassée et, en conséquence, les charbons s'adaptent mal à la cokéfaction ou au traitement pour la récupération de leur sous-produit volatil. Ils possèdent la plus grande chaleur spécifique de tous les charbons. Ils sont tellement remplis de diaclases généralement qu'ils sont extrêmement friables et se brisent en grande partie en charbon fin à l'extraction.</p>
Semi-anthracite	<p>Ces charbons sont intermédiaires entre le semi-bitumineux et l'antracite, étant plus durs que le bitumineux et moins durs que l'antracite. Le coefficient de combustion varie de juste au-dessus de 5 à 10. Ils possèdent une plus grande valeur spécifique que l'antracite.</p>
Anthracite	<p>Les charbons noirs, durs, propres, lourds et luisants qui ne salissent pas les doigts au toucher. Dans bien des cas les traces des couches ont été oblitérées et les charbons se brisent avec une cassure conchoïdale.</p> <p>Ils renferment si peu de matière volatile qu'ils brûlent sans fumée visible, et, par suite de leur caractère sans fumée et leur propreté, ils constituent le combustible domestique favori. Le coefficient de combustion varie de 10 à environ 50.</p>
Super-anthracite	<p>Les charbons de cette catégorie ont dépassé la phase de l'antracite. Ils possèdent un éclat sous-métallique et une couleur noire à gris graphiteux. Ils contiennent généralement plus d'humidité que l'antracite et, en conséquence, la chaleur spécifique est considérablement plus faible. Dans certains cas ils ne peuvent être brûlés qu'avec un tirage forcé, de sorte que leur valeur au point de vue du combustible est extrêmement restreinte. Ils offrent un intérêt spécial en ce qu'ils constituent le produit métamorphique final dans la longue série (d'évolutions) des combustibles.</p>

RÉPARTITIONS DES CHARBONS DE DIFFÉRENTES CATÉGORIES AU CANADA

On trouve au Canada des charbons de presque toutes les catégories définies ci-dessus, mais par suite des différences qui prévalent dans les méthodes d'échantillonnage et d'analyse, certains gisements peuvent plus tard recevoir un classement un peu différent de celui qui est indiqué ici.

Les lignites constituent les énormes réserves de la Saskatchewan méridionale et du sud-est, du centre et du nord de l'Alberta, quelques gisements dans le sud et les parties les plus septentrionales de la Colombie britannique, un certain nombre de petits districts dans le Yukon et les îles arctiques, et les gisements du nord d'Ontario.

Les charbons sub-bitumineux, tels que présentement définis, embrassent la plupart des gisements houillers vers l'ouest jusqu'à l'étroite zone de gisements qui affleurent le long des contreforts de l'Alberta occidentale, du 49^e au 54^e degrés de longitude, aussi quelques districts isolés dans le sud de la Colombie britannique.

Les charbons bitumineux comprennent les gisements de la Nouvelle-Ecosse et du Nouveau-Brunswick, la plupart des districts houillers de la région montagneuse de l'Alberta et du sud-est de la Colombie britannique, ceux de l'île Vancouver, et les gisements des quelques districts du centre de la Colombie britannique et du sud du Yukon.

Les charbons semi-bitumineux (ou super-bitumineux), comprennent ceux de la région de la Rivière la Paix, en Colombie britannique et des régions de Smoky-River, Brûlé, Luscar, Nordegg et Kananaskis, en Alberta.

Les charbons semi-anthracites se présentent dans la région de Canmore-Anthracite, en Alberta, de Groundhog, en Colombie britannique, et de Wheaton, au Yukon.

L'anthracite se confine autant qu'on le sache, à de petits gisements sur l'île Graham, et dans la région de Groundhog, en Colombie britannique.

Le super-anthracite est représenté par de petits gisements à proximité des intrusions ignées sur l'île Graham, dans les régions de Telkwa et de Groundhog, et près du lac Kathlyn et de Smithers, tous en Colombie britannique.

ÂGE GÉOLOGIQUE DES FORMATIONS CARBONIFÈRES

Les gisements de houille du Canada se présentent dans plusieurs formations, du Carbonifère au Tertiaire.

Quelques minces couches de houille non commerciales dans la Nouvelle-Ecosse et certains gisements de cannel-coal des îles arctiques sont rattachés au Carbonifère inférieur, mais les vastes gisements de houille bitumineuse de la Nouvelle-Ecosse et du Nouveau-Brunswick datent du carbonifère supérieur, bien qu'ils ne soient pas tous contemporains.

Les gisements de charbon bitumineux, semi-bitumineux, semi-anthracite et anthracite des régions de Bulkley-River, de Groundhog, de la Rivière la Paix, de la Passe du Nid aux Corbeaux, de la Colombie britannique et du Yukon et de l'ouest de l'Alberta, et les gisements de lignite du versant de la baie James, en Ontario, appartiennent au Crétacé inférieur.

Les charbons bitumineux de l'île Vancouver et les charbons bitumineux et anthracites de l'île Graham (C.B.), et les charbons sub-bitumineux des formations de Belly-River et Edmonton (Alberta), appartiennent au Crétacé supérieur.

Les gisements de lignite du sud de la Saskatchewan et du sud-ouest du Manitoba, les gisements de charbon bitumineux, sub-bitumineux et de lignite de plusieurs petits bassins isolés dans le centre et le sud de la Colombie britannique, les lignites de l'île Graham, du nord de la Colombie britannique, du Yukon et des îles arctiques sont du Tertiaire.

Il ne se présente au Canada aucun gisement houiller commercial de l'époque quaternaire.

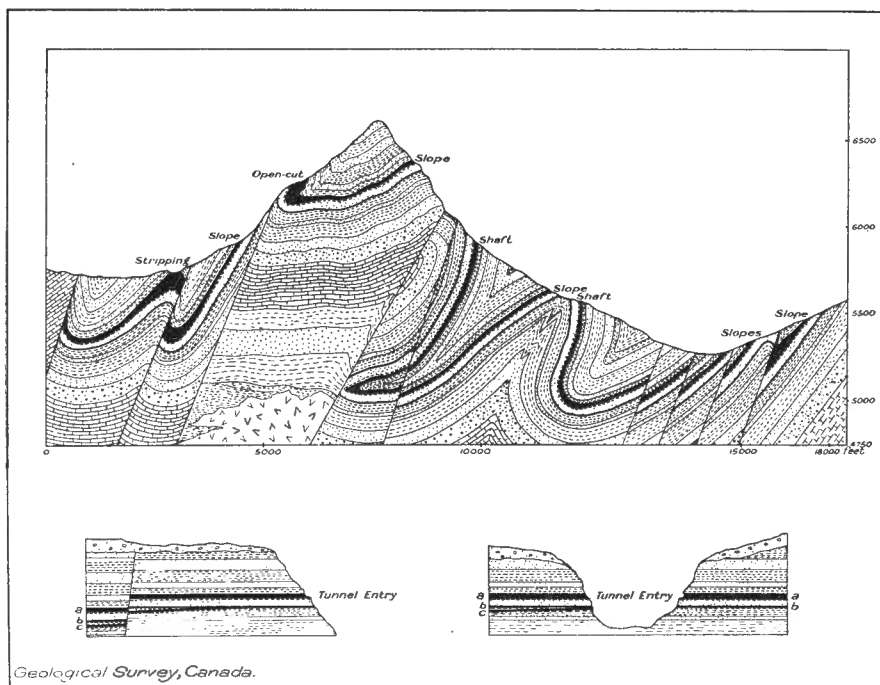


Figure 5. Structures simples et complexes engendrées par le plissement et la dislocation.

STRUCTURE DES COUCHES DE HOUILLE

Par suite des mouvements de l'écorce terrestre, peu de couches de houille ont conservé l'attitude horizontale qu'elles possédaient à l'origine, et elles se trouvent maintenant dans des positions variant d'un léger redressement à la verticale et, dans quelques cas, sont complètement renversées, ainsi que l'indique la figure 5, qui représente schématiquement les structures qui se présentent dans plusieurs des bassins houillers des Rocheuses au Canada. Dans ce territoire, en plus d'être redressées et légèrement

plissées, les couches de houille sont recoupées par des plans de dislocations ou failles, le long desquels une partie de la couche est souvent déplacée tant horizontalement que verticalement de la partie adjacente. Le plissement et la faille de charriage des couches de houille, indiqués dans la figure 5, augmentent les chances d'affleurements naturels de la houille, mais ils constituent un grand désavantage à leur exploitation.

RECHERCHE DE LA HOUILLE

Les meilleurs affleurements naturels de couches de houille se trouvent dans les localités où se produit un enlèvement continu de la matière qui les masque, telles que dans les lits et les rives des cours d'eau rapides, aux rives échanrées, aux chutes, aux falaises marines, et près des escarpements d'éboulis. Ces localités devraient être visitées d'abord. En suivant les cours d'eau, les ravins, les rives coupées, les traces de cours d'eau, les souches d'arbres renversées, les trous, la terre des terriers de géomys, les sources, les touffes de végétation hydrophile devraient être examinés attentivement pour voir si l'alluvion renferme des fragments de houille ou de fines particules de houille, appelés vulgairement "charbons délavés", "coal blooms", ou "boues". Si l'on peut trouver une ou plusieurs traces de houille, la chance qu'il y a de rencontrer une couche de houille est bonne, et en remontant le courant jusqu'à un point où cessent les indices de charbon, sa source peut généralement être localisée dans les environs. Dans maintes localités la présence de la houille peut être découverte par le grès ou schiste rouge brique, fondu ou cuit, qui a résulté de la combustion spontanée de la couche de houille le long de son affleurement. Si la couche de houille n'est pas exposée, sa position peut souvent être déterminée en fonçant une série de fosses de prospection ou de tranchées à de courts intervalles en travers de l'assise. Dans plusieurs cas la position d'une couche cachée de houille peut facilement être reconnue par un prospecteur expérimenté, par la topographie, l'attitude des couches de houille sur les flancs de colline généralement indiquée par un banc, une terrasse, ou une auge peu profonde, creusée par l'érosion plus rapide de la houille tendre que des sédiments adjacents. Cette règle souffre des exceptions, par exemple là où la couche de houille, par métamorphisme, est devenue plus résistante à l'intempérisme que les sédiments environnants et fait saillie au-dessus d'eux. Dans les régions érodées par les glaces le drift masque souvent ces indices dans la topographie de la roche massive sous-jacente; il faut alors avoir recours aux tranchées, au fonçage de puits ou au forage. Pour réduire autant que possible ce travail, le prospecteur doit faire usage de toutes les ressources dont il dispose. Dans bien des cas le drift renferme des gros cailloux glaciaires de houille ou de schiste houiller. L'emplacement de ces derniers peut indiquer la proximité de strates carbonifères, mais si on connaît l'orientation du mouvement de la glace, le sentier formé par ces débris glaciaires peut être suivi jusqu'à ce que la source du fragment de houille soit localisée. Très souvent une indication de houille dans le drift glaciaire, prise comme indiquant l'emplacement d'une couche de houille, a révélé, par la suite, être un gros cailloux de charbon flottant enfoui, qui a été

entraîné à une distance considérable de la couche mère. Par conséquent, il faut bien s'assurer qu'on a véritablement découvert une véritable couche de houille. Là où le mort-terrain obstrue la roche et rend la prospection par fosses trop dispendieuse, on peut avoir recours au forage au diamant pour établir la position, l'attitude, la puissance, le nombre et la nature des couches de houille. Dans certains districts houillers les couches sont tellement brisées par les failles qu'il faut pratiquer un grand nombre de trous de sonde pour obtenir ces renseignements.

Une couche de houille ayant été découverte, on doit enlever suffisamment de couverture et de houille altérée pour déterminer sa puissance, sa nature, son pendage, son allure, ainsi que la nature des couches immédiatement sus et sous-jacentes. Pour établir la continuité de la couche, si elle est cachée, il faut creuser, aussi loin et aussi profondément que possible, des fosses de prospection, des tranchées ou des trous de sondes, l'emplacement approximatif de la couche étant déterminé soit en suivant l'allure de la couche au dernier endroit observé, soit par des mesurages exacts à partir d'un guidon qu'on peut tracer facilement dans lequel l'intervalle stratigraphique entre le guidon et la couche de houille a été déterminé au préalable. La couche doit être ouverte et sectionnée à un nombre suffisant de points considérablement éloignés les uns des autres, afin de se rendre compte aussi exactement que possible de la puissance moyenne, de la nature et de la continuité de la couche dans son ensemble.

ÉCHANTILLONNAGE DES COUCHES DE HOUILLE

Comme l'analyse d'une couche de houille révèle ordinairement sa qualité et sa catégorie, et comme la valeur d'une analyse dépend avant tout de la méthode suivie dans le choix des échantillons, l'échantillonnage doit être fait avec soin. Une couche de houille se compose généralement d'une série de lits possédant diverses propriétés bien accusées, et un petit morceau pris dans une bande à un point où il faudrait obtenir l'analyse moyenne d'une puissante couche est susceptible d'induire en erreur.

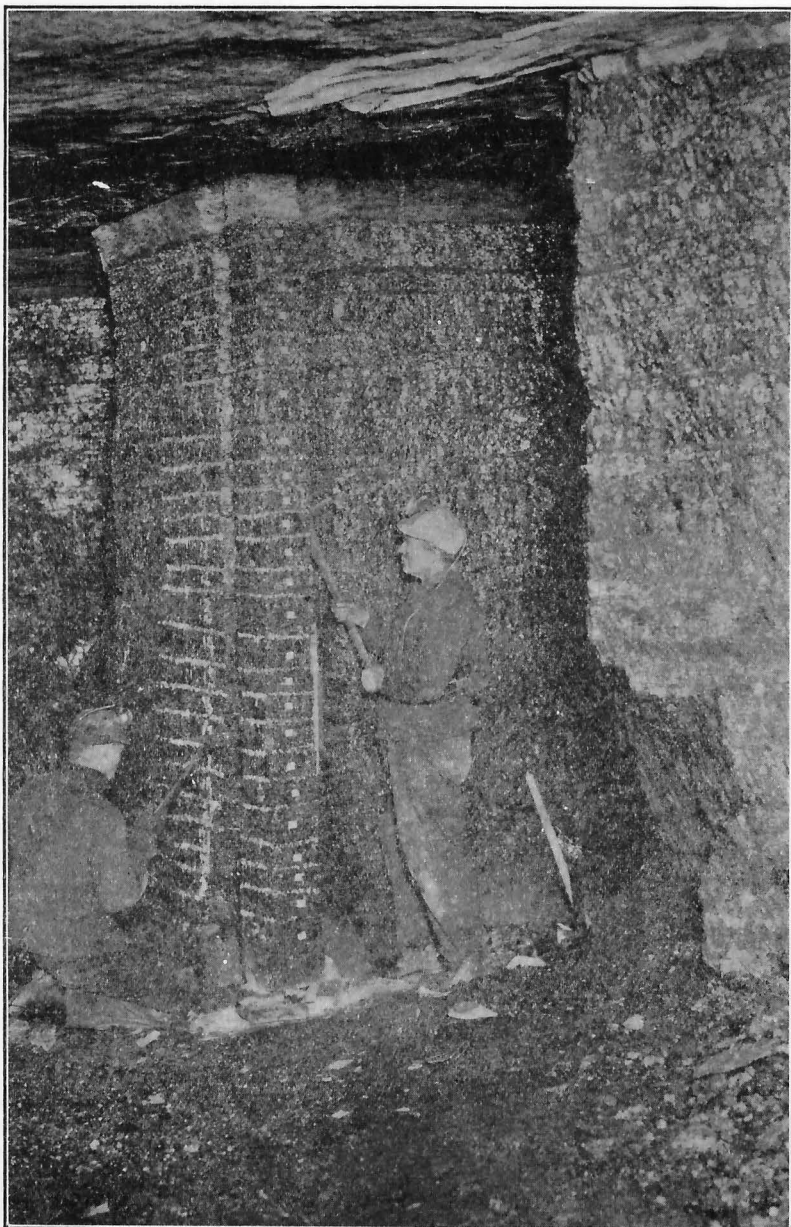
Par contre, un échantillon prélevé d'un affleurement de couche altérée et détériorée peut donner des résultats tout à fait inférieurs à ceux d'un échantillon pris d'une façade nouvellement taillée au delà de la zone d'intempérisme. Quoiqu'on ne puisse pas toujours se procurer d'échantillons parfaitement frais, surtout dans les districts non exploités, éloignés des moyens de communication, il faut prendre soin de prélever un échantillon aussi représentatif que possible de la couche exploitable.

La méthode d'échantillonnage des couches de houille suivie par la Commission géologique du Canada, concorde avec celle proposée par le Bureau des Mines des Etats-Unis, décrite ci-après. Une façade fraîche de houille ayant été mise à jour, on nettoie une partie suffisamment grande de la couche pour empêcher le charbon détaché, les fragments et la matière étrangère de tomber dans l'échantillon. Sur cette façade une lisière d'environ un pied de large est nettoyée perpendiculairement à travers la couche afin d'enlever toute la houille altérée et toutes impuretés telles que les taches de poudre, etc. Une toile hydrofugée ou un canevas d'environ 5 pieds

carrés est ensuite étendue sur le sol, près de la façade de la couche, de façon à recevoir toutes les particules de houille qui sont coupées, l'imperméabilité étant destinée à empêcher l'excès d'humidité d'un sol détrempe d'affecter la houille. Une rainure de 6 pouces de largeur et de 2 pouces de profondeur est taillée au ciseau ou au pic au milieu de la lisière nettoyée du sommet au bas de la couche, tout en prenant soin que la largeur et la profondeur de la rainure soient uniformes d'un bout à l'autre, sans égard à la matière susceptible d'être mise de côté dans l'exploitation de la couche. Quand l'échantillon a été obtenu on doit faire un levé détaillé de la couche de houille du haut en bas, dans lequel sont notés tous les plans de séparation et variations perceptibles dans la couche et surtout la présence d'ardoise, de schiste ou de séparations osseuses, et du soufre ou galets de houille qui ne sont pas compris dans l'échantillon. L'échantillon doit peser 20 livres au moins. Si l'échantillon ainsi obtenu est trop volumineux, on le réduit par inquarteration. Ce procédé consiste à pulvériser la houille pour qu'elle passe à travers un tamis à maille de $\frac{1}{2}$ pouce, à tamiser et à mélanger complètement sur la toile, à étendre l'échantillon en forme circulaire, à le diviser en quarts, à mettre de côté les quarts opposés et à mélanger complètement de nouveau le reste, ce procédé étant répété jusqu'à ce qu'on obtienne la quantité requise. L'échantillon ainsi obtenu est placé dans un récipient hermétiquement clos, que l'on secoue énergiquement de façon à le remplir complètement et à chasser autant d'air que possible. Une étiquette portant tous les renseignements sur l'échantillon quant à sa localité, ce qu'il représente, l'épaisseur, la nature et l'état hygrométrique de la couche, la date et le nom du collectionneur, est mise dans une enveloppe placée sur le charbon, le couvercle est vissé hermétiquement et scellé par une bande de diachylon autour du couvercle vissé, de façon à recouvrir complètement le joint. Cette précaution empêche la pénétration de l'air en même temps que la perte d'humidité et des gaz. L'échantillon est ensuite numéroté et envoyé aux Laboratoires de l'Essai des Combustibles, à Ottawa. Toutes choses égales, plus l'échantillon est gros plus il sera représentatif de la couche; donc, là où c'est possible, ces échantillons devraient être prélevés et la réduction effectuée dans les laboratoires. Si l'inaccessibilité ou d'autres conditions nécessitent l'envoi que de petits échantillons, l'inquarteration devrait être pratiquée avec le plus grand soin afin qu'ils soient représentatifs de toute la couche.

Comme les couches sont rarement uniformes sur de grandes distances, un certain nombre d'échantillons de la même couche devraient être prélevés en autant de localités différentes afin qu'on puisse réaliser une analyse à peu près exacte de toute la couche.

Pour les couches épaisses, il arrive que certains lits minces soient tellement chargés d'impuretés, cendre, soufre, phosphore, etc., qu'ils rendent la couche invendable pour la fabrication du coke, tandis qu'en mettant de côté ces lits par une extraction sélective on peut obtenir un produit de haute qualité. Dans ce cas, il est recommandable de diviser la couche à chaque endroit échantillonné en ses différents bancs ou sous-sections et d'échantillonner et d'analyser chaque banc de section séparément, en sus d'obtenir un échantillon moyen de la couche en général. Ce mode d'opération est suivi par la Commission géologique et la Division des Mines du



Extraction d'une colonne de houille de $10\frac{1}{2}$ pieds, couche Phalen, Réserve houillère n° 5, Cap-Breton (N.-E.).

Ministère fédéral des Mines dans leur levé physico-chimique des couches de houille de la Nouvelle-Ecosse. La planche VI illustre bien le mode d'extraction d'un pilier de 10½ pieds de la couche de houille Phalen, Réserve houillère n° 5, Cap-Breton (N.-E.), et indique le toit de grès et le mur de schiste de la couche et les 24 sections en lesquelles fut divisée la couche pour ces examens.

Dans l'échantillonnage d'un district où il existe des houillères au moins trois échantillons moyens devraient être prélevés à chaque mine, les échantillons étant choisis en des endroits considérablement éloignés les uns des autres, là où on peut obtenir des façades fraîches.

BIBLIOGRAPHIE

- "Coal Resources of the World", 3 vols. Treizième Congrès Géologique International, Canada, 1913.
- Dowling (D.-B.): "Les terrains houillers de Manitoba, Saskatchewan, Alberta et de l'est de la Colombie britannique," Com. géol., Canada, Mém. 53 (1914).
- "Ressources houillères du Canada", Com. géol., Canada, Mém. 59 (1915).
- "Bassins houillers de la Colombie britannique", Com. géol., Canada, Mém. 69 (1915).
- Moore (E.-S.): "Coal", Proc. of the First International Conference on Bituminous coal, nov. 1926.
- Proc. of the Second International Conference on Bituminous Coal, 2 vols, nov. 1928.
- Reports of the Scientific and Industrial Research Council, University of Alberta, Edmonton, Alberta.

GAZ NATUREL ET PÉTROLE

(G.-S. Hume)

Le carbone et l'hydrogène se combinent en différentes proportions pour donner une grande variété de composés, appelés hydrocarbures, gazeux, liquides ou solides, aux conditions ordinaires de température et de pression. Le gaz naturel et le pétrole se composent tous deux d'hydrocarbures, mais différents groupes de ces hydrocarbures entrent dans chaque substance et expliquent le fait qu'alors qu'un composé est un gaz, l'autre est un liquide. L'un des hydrocarbures plus légers, qu'on appelle méthane ou gaz des marais, est l'élément usuel dominant du gaz naturel, mais il en contient généralement d'autres tandis que les hydrocarbures lourds, ne possédant pas toujours la même composition et en quantités variables, constituent le pétrole. Le pétrole est donc un mélange d'hydrocarbures et, par suite de proportions et de compositions variées des divers hydrocarbures qui s'y trouvent, il peut se présenter sous forme d'huile légère, moyenne ou lourde dans des localités différentes, et même sous forme d'huile de qualité différente dans le même terrain.

Le pétrole et le gaz naturel, en dépit de leur composition différente de l'avis général, tirent leur origine de débris végétaux et animaux. On sait que certaines plantes d'un ordre inférieur donnent des matières ressemblant à l'huile, et que ces substances cireuses et graisseuses par la désagrégation

gation microbienne peuvent donner de petits globules d'huile. Ces petites gouttes d'huile s'attachent aux particules de limon ou de boue et sont emportées par l'eau jusqu'à ce qu'elles soient déposées avec le limon et la boue dans les strates qui plus tard se transforment en schistes. Il arrive aussi que les matières cireuses, résineuses et graisseuses des plantes et des animaux soient enfouies à de grandes profondeurs dans les sédiments des marais, des baies et au bord de la mer. La déformation de ces sédiments dans les plissements de l'écorce terrestre produit une chaleur suffisante sous une haute pression pour faire jaillir le gaz et l'huile des matières enfouies avec les sédiments. Les anaérobies se développent particulièrement bien en eau salée et détruisent la cellulose des plantes, abandonnant les matières cireuses et grasses, de sorte que la formation de l'huile se rattache généralement aux sédiments pélagiques.

Des fossiles de formes assez élevées d'invertébrés se retrouvent dans des strates aussi anciennes que le Paléozoïque primitif et comme la vie végétale a précédé la vie animale, ceci appuie la théorie organique qui veut que le pétrole et le gaz naturel habitent les roches sédimentaires de tous âges, depuis le Paléozoïque primitif jusqu'au récent, bien que souvent le pétrole et le gaz aient sans aucun doute émigré de leur lieu d'origine. L'une des propriétés du gaz et du pétrole est de pouvoir couler, et pour cette raison on peut les retrouver dans des conditions tout à fait autres que celles dans lesquelles ils se sont formés.

La migration ou l'épanchement du gaz naturel et du pétrole se produit de diverses façons par les pores entre les grains qui composent les roches sédimentaires. Dans la consolidation des sédiments, le pétrole et le gaz peuvent être exprimés des petits interstices par compression, dans les parties de la roche où les pores sont grands et la pression plus faible. Le gaz possède la propriété de se dilater, et de ce fait, se meut facilement sous l'action de forces même assez faibles. Le mouvement du pétrole, qui est un liquide, est entravé par la friction. Si le gaz associé au pétrole est soumis à de fortes pressions, une partie s'en dissout dans le pétrole et le reste est transformé en hydrocarbures liquides plus légers. Un tel liquide, avec son gaz associé, se dilate de façon marquée dans tout abaissement de pression un peu marqué et se meut facilement dans la direction de la moindre résistance même par de petites ouvertures. L'huile adhère sous forme de pellicules aux bulles gazeuses et son mouvement est sans doute grandement facilité et accéléré par le mouvement du gaz associé, bien que, comme on pourrait s'y attendre, le mouvement à travers une matière fine poreuse provoque le filtrage de l'huile, de sorte que le gaz dans de telles conditions peut facilement franchir des distances beaucoup plus considérables que l'huile. Une propriété des liquides connue sous le nom de tension superficielle tend à les faire pénétrer dans les petits interstices qu'on appelle fentes capillaires, mais l'eau pure possède une attraction capillaire à peu près trois fois plus grande que celle du pétrole. Ainsi, si l'eau et le pétrole sont en présence l'un de l'autre dans un même milieu, l'eau tend à entrer dans tous les pores et à chasser le pétrole dans d'autres milieux où les pores sont trop grands pour exercer une attraction capillaire. Les pores des schistes sont généralement fins, tandis que ceux des sables sont plus grossiers. La capillarité, par con-

séquent, tend à chasser le pétrole hors des schistes dans les sables avoisinants si les deux sédiments sont saturés d'eau. Quand le pétrole a été chassé par capillarité dans les interstices plus grands, il est probable que la gravité agit davantage sur le déplacement du pétrole. Le gaz est plus léger que le pétrole, qui à son tour est plus léger que l'eau, et si l'huile et le gaz ont été chassés dans des strates inclinées saturées d'eau, ils tendent vers le haut, tout comme la crème s'accumule au sommet d'une bouteille de lait. Il arrive fréquemment que l'eau souterraine circule dans les strates contenant le pétrole et le gaz. Si ce mouvement de l'eau se fait dans la direction que suivront le pétrole et le gaz à cause de leur faculté de surnager, le mouvement du pétrole et du gaz sera grandement facilité; si, d'un autre côté, le mouvement de l'eau se fait en sens inverse, le mouvement du pétrole et du gaz sera considérablement entravé, et sous un fort mouvement de l'eau, le pétrole et le gaz pourront être entraînés par l'eau.

Le pétrole et le gaz se concentreront dans une poche sur leur parcours. Les poches existent sous diverses formes. La forme la plus usuelle est en arche (anticlinal) dans les strates (figure 6), ou certaine modification de cette structure, une voûte, par exemple (figure 7). Une autre forme est due à une barrière qui entrave ou arrête le mouvement. Cette barrière peut être une faille (figure 8), ou une lentille de sable (figure 9), entourée de sédiments plus compacts, dans lesquels les pores sont de taille capillaire et remplis d'eau. Ainsi, si pour une raison ou pour une autre la migration de l'huile et du gaz est arrêtée, il se produit une accumulation de ces matières donnant un champ virtuel de pétrole et de gaz.

Quelle que soit la forme de la structure géologique ou de la poche dans laquelle le pétrole et le gaz s'accumulent, il doit y avoir des strates imperméables en dessus et en dessous de l'horizon poreux pétrolifère pour empêcher le pétrole et le gaz de s'échapper. Les roches sus-jacentes et sous-jacentes sont souvent des schistes qui à part d'être imperméables au pétrole peuvent être repliées en anticlinaux sans grande fracture, surtout si elles sont chargées de sédiments.

Vu que le pétrole et le gaz s'accumulent dans des anticlinaux et dans d'autres structures favorables, la recherche de ces substances se résout à la recherche des structures capables de les contenir dans des étendues où les couches pétrolifères sont présentes. La reconnaissance des structures favorables est essentiellement un problème d'ordre géologique comportant la détermination des structures souterraines par l'étude des affleurements de roche et par forage. Dans une voûte, les roches sont inclinées vers le dehors à partir du centre comme dans un bol renversé. Dans certains cas cette structure peut se présenter en une colline conique, mais si le sommet a été érodé elle peut ne posséder aucun trait topographique. Dans le cas d'un arche allongé ou d'un anticlinal, les roches sur les flancs s'inclinent vers l'extérieur à partir d'un axe médian. Il arrive souvent que le milieu d'un pli de ce genre soit fracturé et, en conséquence, facilement érodé; donc, comme dans le bassin de Turner-Valley en Alberta, où la partie centrale de la structure est occupée par une vallée. Pour la même raison, les vallées, dans bien des cas, se forment le long de failles, mais il ne s'ensuit aucunement que toutes les vallées dans une région disloquée et plissée soient les emplacements d'anticlinaux ou de failles.

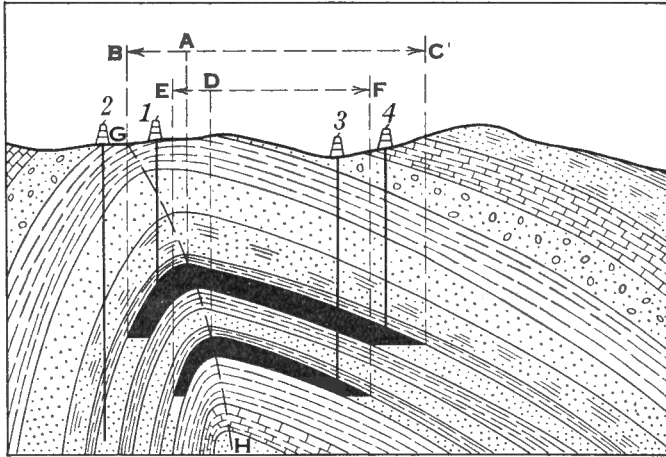
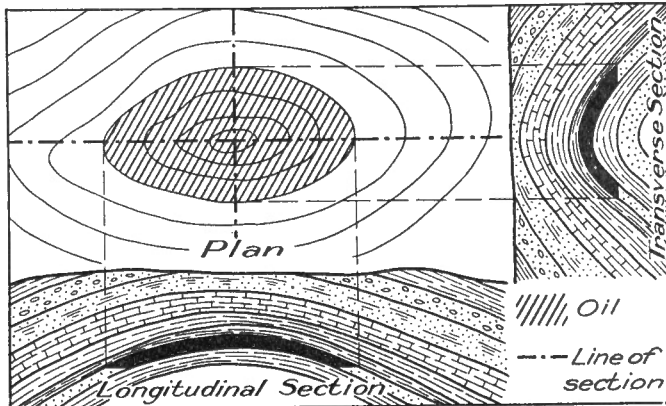


Figure 6. Anticinal simple asymétrique avec deux strates pétrolifères (d'après Uren.) G-H indique le changement de l'axe du pli; B-C la largeur de l'étendue productive pour le sable supérieur; E-F pour le sable inférieur. Les axes des plis en A et D reposent près du bord gauche de l'étendue productive. Le puits n° 1 est productif; le n° 2 est stérile; le n° 3 produit à partir des sables supérieurs et inférieurs; le n° 4 produit à partir du sable inférieur.



7. Structure en voûte illustrée en plan par les contours structuraux et par les coupes verticales à travers le grand et le petit axe (d'après Uren).

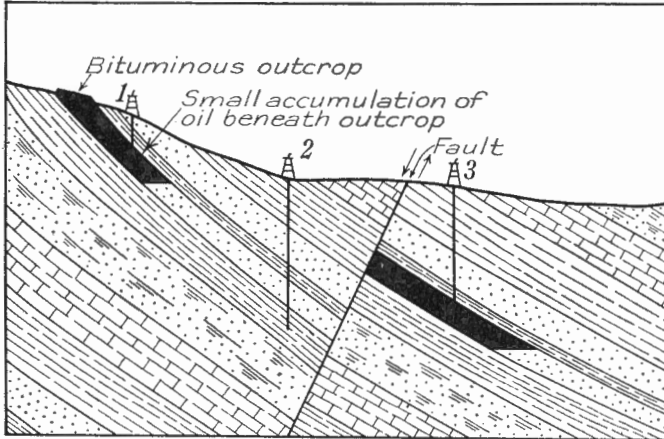


Figure 8. Un monoclinal failé (d'après Uren). Il indique comment une faille peut interposer une strate imperméable à travers la partie inférieure d'une strate pétrolifère, permettant l'accumulation d'une nappe de pétrole, scellée par la salbande de la faille et empêchée de s'échapper en remontant le pendage de la structure. Les puits n° 1 et 3 sont productifs; le n° 2 à mi-chemin entre les deux autres rencontre l'eau à la limite de la nappe de pétrole.

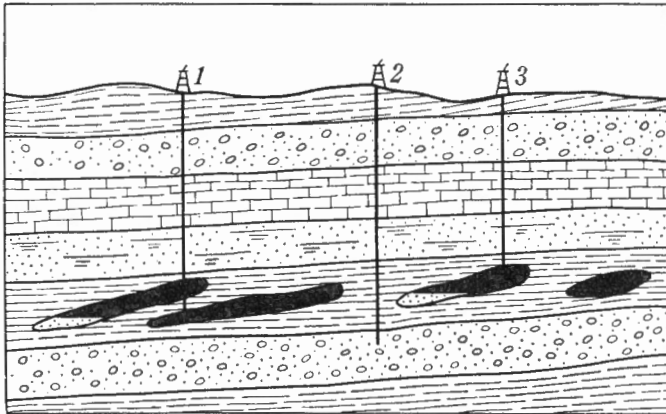


Figure 9. Dépôts lenticulaires (d'après Uren.) Des lentilles de sable grossier enchâssées dans des schistes pétrolifères servent de centres de concentration. Le puits n° 1 produit à partir de deux lentilles; le n° 3, d'une; le n° 2 est improductif.

Dans la détermination des possibilités d'une région comme source de pétrole, il est très important d'établir s'il s'y présente des roches pétrolifères, qui, dans des conditions favorables, fourniront du pétrole. Les strates peuvent présenter dans leurs affleurements des schistes ou des sables pétrolifères et même des suintements de pétrole et de gaz. Les suintements sont, naturellement le meilleur indice de la présence de pétrole ou de gaz naturel en quantité, parce que si ce suintement s'opère depuis longtemps il doit provenir d'un réservoir assez considérable. Vu que le principal élément du gaz naturel est le méthane ou gaz des marais et que des quantités considérables de ce gaz se dégagent ordinairement de la végétation en putréfaction dans les mares stagnantes et dans les marais, les suintements gazeux sont difficiles à interpréter, et bien que dans la majorité des cas il ne soit pas difficile d'établir si le gaz provient d'une source profonde promettant un approvisionnement en profondeur, ou d'une source superficielle sans espoir d'une production commerciale, on devrait mettre beaucoup de soin à établir en présence du gaz de marais seul, si oui ou non il existe un véritable suintement, et en cas de doute il faut recourir à un expert. Des écumes de composés ferreux, en maints cas, se forment sur l'eau des mares stagnantes ou dans les marais et sont souvent prises pour des suintements d'huile. Les composés ferreux produisent une écume iridescente ressemblant superficiellement à celle que forme l'huile. Si l'écume se compose de pétrole elle est soluble dans les dissolvants du pétrole tels que l'éther, le chloroforme ou le tétrachlorure de carbone, tandis que l'écume ferreuse est insoluble dans ces dissolvants.

Si des strates pétrolifères se rencontrent dans une région donnée et si des structures favorables aux accumulations du pétrole et du gaz ont été localisées, il devient alors possible de choisir des sites convenables au fonçage des puits. Même dans de telles conditions il ne s'ensuit aucunement, toutefois, que chaque puits produira des quantités commerciales de gaz naturel ou de pétrole. On dit souvent que, les autres éléments étant favorables, la production dépend de la porosité des horizons productifs présumés. Ceci est juste, mais la porosité de la roche, tant au point de vue de la quantité que de la dimension des pores, doit être considérée. Un sable dans lequel les grains sont fins aura exactement la porosité d'un sable dans lequel les grains sont gros, pourvu que dans chacun, les grains de sable aient la même forme et soient disposés de la même manière. Dans le sable à grain fin il y a un grand nombre de petits interstices entre les grains, tandis que dans le sable grossier il existe un plus petit nombre d'interstices plus grands, mais la porosité dans chaque cas est la même. Le gaz et le pétrole coulent plus facilement à travers les grands interstices qu'à travers les petits, et puisque le gaz ou le pétrole doivent couler vers un puits si le puits doit être productif, il s'en suit que le sable grossier aura un pouvoir absorbant beaucoup plus grand. Comme le pouvoir absorbant des sables, même dans le même horizon, est variable, il arrive parfois qu'un puits puisse être très productif et qu'un autre puits à une faible distance seulement produise peu ou point du tout. Une autre cause de différence dans la productivité de puits rapprochés les uns des autres c'est que dans certaines parties d'une strate pétrolifère ou gazeuse, pour des raisons qui ne peuvent pas être déterminées d'après des observations de surface, les grains de sable peuvent être cimentés par des

matières étrangères qui remplissent complètement les interstices entre les grains. Dans ces cas on dit que le sable est compact et il ne produit pas de pétrole. Vu que la pression gazeuse ou hydrostatique à l'intérieur d'une strate pétrolifère est nécessaire pour pousser le pétrole dans un puits s'il doit devenir productif, le rendement dépend dans une grande mesure de l'intensité de la pression et de son maintien jusqu'à l'épuisement du puits. Dans un sable à grain fin, saturé d'huile, le mouvement du pétrole à travers les interstices poreux est retardé par la friction à un plus fort degré que dans le sable plus gros, et par conséquent, les puits dans les sables pétrolifères fins sont susceptibles de rendre une plus faible production initiale ou jaillissante, que les puits dans le sable à gros grain; mais si la pression se maintient les sables à grain fin produiront pendant plus longtemps, bien que la production ne soit pas en définitive plus élevée que celle des sables grossiers.

Ainsi, même après que le géologue ou le prospecteur a localisé une structure favorable dans des strates censées receler des gisements pétrolifères, seul le forage démontrera si, oui ou non, on peut en retirer du pétrole. Un puits convenablement localisé offre naturellement l'avantage de faire un essai raisonnable, tandis qu'un puits localisé au hasard ne présente ordinairement pas cet avantage. Il est essentiel, cependant, que tout renseignement portant sur la production soit recueilli et étudié au moment où les puits sont foncés. C'est pour cette raison que la Commission géologique du Canada maintient une section des Sondages. En fonçant un puits, il faut prélever un échantillon des strates traversées à des intervalles réguliers, ordinairement à tous les 10 pieds. Les renseignements acquis à l'examen de ces échantillons et des journaux de forage permettent d'établir la corrélation entre les horizons traversés par les différents puits, de déterminer les détails de la structure de laquelle dépendent les accumulations de pétrole et de gaz, et d'étudier les différences de sédimentation qui affectent la production. Ces résultats sont précieux pour les compagnies pétrolières et pour les exploitants dans le choix des emplacements des nouveaux puits, et pour établir la profondeur probable des horizons productifs; aussi permettent-ils de se rendre compte du développement économique d'un champ pétrolifère donné.

Vu que le pétrole et le gaz naturel ont une origine organique et qu'ils se rattachent aux roches sédimentaires, on ne doit pas s'attendre de les rencontrer dans les roches ignées ni dans les roches formées de sédiments déposés avant l'époque paléozoïque. Les raisons de leur absence dans les formations plus anciennes peuvent être attribuées à la rareté possible de la vie végétale et animale, mais, la principale raison probable est que les anciennes roches ont, en général, été soumises à un métamorphisme tellement intense que le pétrole et le gaz naturel, s'ils étaient présents, ont été entièrement détruits. Vu que le bouclier canadien se compose de roches éruptives et hautement métamorphosées, on n'y trouvera pas de pétrole ou de gaz. On peut en dire autant des roches ignées et hautement métamorphosées des régions montagneuses de l'est et de l'ouest du Canada. Dans l'ouest il est possible que les régions entre les montagnes telles, par exemple, la vallée de Flathead du sud-est de la Colombie britannique, où le métamorphisme des roches récentes est relativement peu intense, peuvent offrir certaines perspectives. On a démontré qu'un certain degré de déformation des sédiments est nécessaire à l'accumulation du pétrole et du gaz; pour cette

raison les contreforts de l'Alberta, qui occupent une position mitoyenne entre les roches profondément déformées des montagnes à l'ouest et les sédiments assez légèrement plissés des plaines à l'est, passent pour offrir des perspectives favorables à des champs de pétrole de haute qualité. Les possibilités des provinces maritimes dans le cas des sédiments paléozoïques qui ont été modifiés par le plissement des Apalaches, ne devraient pas être négligées. Du pétrole et du gaz de haute qualité ont été extraits pendant plusieurs années dans le champ de Stony-Creek, au Nouveau-Brunswick, et on sait qu'il existe des suintements d'huile en Gaspésie. Le reste de Québec et de l'est d'Ontario offre de médiocres perspectives à cause de la faible épaisseur des sédiments paléozoïques, mais la péninsule du sud-ouest d'Ontario, là où on rencontre les sédiments plus épais, fut jusqu'à ce jour, la région la plus productive du Canada. Les Grandes Plaines des provinces des prairies passent pour être supportées par des roches pétrolifères. Maintes régions produisent maintenant de grandes quantités de gaz et plusieurs autres, y compris les champs de Skiff et de Wainwright, ont déjà révélé des perspectives pétrolières. On ne peut s'attendre à un rendement dans les plaines que là où on rencontre des plis favorables, et on considère que les meilleures perspectives se présentent dans les roches de l'époque mésozoïque. Au nord, dans les basses terres du MacKenzie, dans une grande étendue allant de la frontière septentrionale de l'Alberta jusqu'à l'océan Arctique et du bouclier précambrien à l'est et aux Cordillères à l'ouest, les meilleurs prospects semblent se trouver dans les roches paléozoïques de l'époque dévonienne dans lesquelles le forage à Norman a déjà démontré la présence du pétrole et d'où on a signalé ailleurs plusieurs suintements. La principale difficulté touchant la région du MacKenzie est l'absence de moyens de transport économique. Dans l'état actuel de l'industrie pétrolière, la région n'est pas de bon augure à cause de ses difficultés d'accès.

Le Canada produit moins de 2 pour cent de sa consommation actuelle de pétrole et de produits du pétrole, de sorte qu'il existe un marché pour nombre d'années pour tout le pétrole qu'on peut produire. La surproduction de gaz naturel dans le district de Turner-Valley, en Alberta, constitue en ce moment un problème sérieux, car le gaz est non seulement, à cause de sa valeur comme combustible, un actif national trop précieux, pour être gaspillé, mais sa conservation dans le but d'obtenir un rendement maximum d'huile est un sujet de la plus grande importance. A l'heure actuelle un certain nombre de champs qui probablement produiraient de grands volumes de gaz pourraient être ouverts dans l'Alberta, mais la demande pour le gaz en comparaison de l'approvisionnement disponible est très restreinte. Ce n'est pas, toutefois, le cas dans d'autres parties du Canada, et bien que le gaz naturel soit produit dans le sud-ouest d'Ontario et le Nouveau-Brunswick, l'augmentation de l'approvisionnement trouverait sûrement un débouché.

BIBLIOGRAPHIE

- Ziegler (Victor): "Popular Oil Geology".
 Hager (Dorsey): "Practical Oil Geology".
 Stigand (I.): "Outlines of the Occurrence and Geology of Petroleum".
 Craig (Cunningham): "Oil Finding".
 Emmons (W.-H.): "Geology of Petroleum".
 Uren (L.-C.): "Petroleum Production Engineering".
 Day (D.-T.): "Handbook of Petroleum Industry".
 Hume (G.-S.): "Oil and Gas in Western Canada", Com. géol., Canada, Sér. de la Géol. appliquée N° 5.

SABLES BITUMINEUX

(G.-S. Hume)

Les schistes bitumineux sont, au sens strict du mot, des schistes qui contiennent du bitume, une substance noire fusible, soluble dans certains dissolvants et se composant d'hydrocarbures. En contraste avec ces schistes dont on peut extraire le pétrole au moyen de dissolvants, il s'en trouve d'autres qui ne donnent de pétrole que par distillation et dans lesquels le pétrole provient de pyrobitumes, c'est-à-dire de matières qui, sous l'action de la chaleur, produisent des substances ressemblant au bitume. Les pyrobitumes sont insolubles dans les réactifs qui dissolvent les bitumes et sont infusibles. Ils sont de deux catégories, asphaltique et non-asphaltique. A la première appartiennent les prétendus "schistes pétrolifères" dans lesquels le pétrole n'est pas présent comme tel, mais est contenu dans certaines matières asphaltiques qui ne l'abandonnent que sous l'action de la chaleur. En pratique, toutefois, la plupart des schistes pétrolifères renferment du pétrole libre, mais la quantité en est faible comparativement à celle qui est obtenue par la distillation. A la seconde catégorie, les pyrobitumes non-asphaltiques appartiennent les matières charbonneuses, dont la tourbe et le charbon. Le pétrole peut être extrait de ces pyrobitumes au moyen de dissolvants et, cependant, les schistes contenant une matière charbonneuse peuvent donner une quantité considérable de pétrole par distillation. Toutefois, on a coutume de dire que les substances bitumineuses comprennent les matières bitumineuses et pyrobitumineuses, de sorte que le nom de schistes bitumineux, tel que consacré par l'usage, est un terme imprécis groupant tous les schistes desquels on peut retirer du pétrole, bien que les véritables schistes pétrolifères et les schistes charbonneux ne renferment pas de substance bitumineuse sous forme de bitume.

Les schistes noirs se présentent en plusieurs points du Canada et il est probable que, dans la plupart des cas, la coloration de ces schistes est attribuable aux substances bitumineuses. La plupart de ces schistes sont sans valeur commerciale comme sources de pétrole dans les conditions et avec les méthodes d'extraction actuelles; par conséquent, il ne sera fait ici mention que des gisements mieux connus de schiste. Au Canada tous les gisements de schistes de valeur possible comme sources de pétrole par distillation destructive appartiennent au paléozoïque ou au mésozoïque, quoique les schistes tertiaires soient très importants dans l'ouest des Etats-Unis.

Dans les roches précambriennes la carbonisation des schistes noirs par métamorphisme est tellement profonde que les schistes sont sans valeur comme source probable de pétrole.

Les dépôts de schistes canadiens les mieux connus qui pourront donner du pétrole sont les schistes pétrolifères du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Ecosse. Dans le comté d'Albert (N.-B.), un pyrobitume, l'albertite, était autrefois exploité. Cette matière se présentait en filons recoupant les schistes pétrolifères de la série Albert, mais elle a été épuisée. On a signalé de petits filets d'albertite dans les schistes pétrolifères et l'on a émis l'opinion que l'albertite est l'élément des schistes qui donne le pétrole à la distillation. Il y a deux sortes de schiste, le schiste carton et le schiste massif, avec intermédiaires entre les deux. Les schistes cartons sont de gris à brun et leurs minces lamelles peuvent être très flexibles. S'ils sont suffisamment riches en substances bitumineuses ils s'allument en les plaçant sur le feu. Dans certains cas on considère le schiste carton comme étant simplement un schiste massif altéré. Le schiste massif est de noir à brun, possède une raie brunâtre, et présente souvent une fracture conchoïdale. Les variétés à lamelles contournées ou finement plissées sont appelées schistes "frisés", autrement on dit que le schiste est "plat".

La distillation de ces schistes donne du gaz, du pétrole et du sulfate d'ammonium en sous-produit. La valeur du schiste, par conséquent, dépend non seulement de la quantité et de la qualité du pétrole, mais de la quantité des sous-produits. Le rendement en pétrole et en sous-produits nécessaires pour constituer un dépôt commercial dépend des conditions locales, telles que le coût d'exploitation et de transport, la continuité et l'épaisseur du massif et la nature du schiste. Dans certains cas on a rapporté que les schistes pétrolifères du Nouveau-Brunswick rendent à la distillation 60 gallons de pétrole à 26° Baumé, et plus de 100 livres de sulfate d'ammonium par tonne, mais il est probable qu'aucun gros massif de schiste ne fournisse un rendement moyen aussi élevé. La quantité de schiste pétrolifère est très grande au Nouveau-Brunswick.

Les schistes pétrolifères se rencontrent dans un certain nombre de localités en Nouvelle-Ecosse. Ils sont peut-être un peu différents de ceux du Nouveau-Brunswick. Dans le comté de Pictou, une substance appelée stellarite se présente dans un dépôt de schiste associé à de la houille bitumineuse. La stellarite donne à la distillation une grande quantité de pétrole et elle était autrefois exploitée.

En Gaspésie, le long des rivières York et Saint-Jean, certaines couches de schistes sont hautement bitumineuses et des analyses ont révélé un rendement possible de 30 à 35 gallons de pétrole et de 40 à 60 livres de sulfate d'ammonium par tonne. La plus grande épaisseur connue de schiste connue est de 14 pouces. Cette épaisseur est ordinairement beaucoup moindre, et il est probable que l'exploitation commerciale ne serait pas possible à moins que des dépôts beaucoup plus épais ne soient découverts.

Le schiste Utica qui affleure sur le lac Saint-Jean (Québec), le long du fleuve Saint-Laurent, entre Montréal et Québec, sur certaines parties du rivage du lac Ontario et sur la baie Georgienne, près de Collingwood, ren-

ferme des quantités considérables de ce qui est probablement une substance charbonneuse. Les schistes près de Collingwood étaient autrefois distillés, mais ils donnaient moins de 10 gallons de pétrole par tonne. Tous les travaux ont cessé.

Des schistes dévoniens noirs se retrouvent à la pointe Kettle sur le lac Huron et le long de la rivière Sydenham. Des plantes fossiles se présentent dans ces schistes. Un essai de distillation a donné 4.2 pour cent de pétrole, une grande quantité de gaz inflammable et du sulfate d'ammonium. On a estimé que les schistes contenaient 10 pour cent de matière combustible, et sur une étendue limitée, leur puissance connue est de 200 pieds.

Des schistes, que l'on suppose appartenir à l'époque mésozoïque et qui se présentent dans les collines Pasquia et sur la rivière Carrot, en Saskatchewan, donnent du pétrole et du sulfate d'ammonium à la distillation, mais le rendement en est faible en comparaison de celui des schistes pétrolifères du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Ecosse. En autant qu'on le sache, ces schistes n'ont pas actuellement une importance industrielle comme source de pétrole.

BIBLIOGRAPHIE

Abraham: Asphalts and Allied Substances.

Voir les Rapports de la Commission géologique et de la division des Mines pour la description des gisements de schiste au Canada.

DÉPÔTS SALINS

(W.-A. Bell)

Les dépôts salins comprennent les sels alcalins (soude et potasse), et les sels de terres alcalines (chaux et magnésie), qui sont plus ou moins solubles dans l'eau et que l'on trouve fréquemment en solution dans les eaux superficielles naturelles. Les principaux dépôts salins sont les chlorures, les sulfates, les carbonates, les borates et les nitrates de sodium, de potassium, de calcium et de magnésium. Parmi ces derniers les suivants sont importants:

Chlorures: Halite ou sel gemme (NaCl); sylvite (KCl); carnallite ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Sulfates: Gypse ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); glauberite ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot \text{SO}_4\text{Na}_2$); mirabilite ($\text{SO}_4\text{Na}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$); epsomite ($\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); polyhalite ($2\text{SO}_4\text{Ca} \cdot \text{SO}_4\text{Mg} \cdot \text{SO}_4\text{K} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Carbonates: Natron ($\text{CO}_3\text{Na}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$); trona ($\text{CO}_3\text{Na}_2 \cdot \text{CO}_3\text{NaH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Nitrates: Nitratine (NO_3Na).

Borates; Borax ($\text{B}^4\text{O}_7\text{Na}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$); ulexite ($\text{B}^5\text{O}^9\text{NaCa} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$).

A l'état pur ces divers minéraux sont de transparent à blanc ou gris et se présentent en agrégats ou en amas cristallins. Mais s'ils contiennent, comme c'est ordinairement le cas, de l'argile, des oxydes de fer, ou une matière organique, ils affectent des teintes de bleu, rouge, vert, noir, etc.

Les sels naturels par suite de leur grande solubilité se rencontrent normalement en solution dans les eaux superficielles ou souterraines telles que les océans, les lacs, les eaux de sources ou d'infiltration. Généralement,

toutefois, ce n'est que dans les régions arides ou demi-arides que ces solutions s'évaporent *naturellement* ou que le degré de concentration en solution devient suffisamment élevé pour permettre l'extraction économique. Le sel, cependant, est récupéré artificiellement de l'eau de mer dans certaines régions chaudes. A quelques exceptions près, tous les dépôts de sels sont précipités ou les résidus salins sont rejetés par l'évaporation ou la congélation des nappes d'eau de surface d'infiltration qui existent maintenant ou qui existaient autrefois. Dans la prospection pour les salines, par conséquent, le facteur dominant de l'origine, *aridité climatique*, doit être considéré de prime importance. Le facteur de seconde importance est le drainage intérieur ou bassin fermé par lequel les dépôts sont emmagasinés et préservés d'une nouvelle solution.

Suivant leur origine les dépôts salins peuvent être classés comme suit:

(1) Dépôts d'évaporation des eaux marines dans des bras de mers anciens ou contemporains, en partie ou entièrement séparés par des barres ou des déplacements de l'écorce terrestre. Grabau¹ subdivise ces dépôts de la façon suivante: (a) bassins marginaux de sel qui reçoivent de grandes et fréquentes inondations d'eau de mer; (b) salines marines qui reçoivent des apports constants d'eau de mer par le suintement à travers les barres ou les roches poreuses interposées; (c) dépôts lagunaires avec ingressions d'eau de mer par des chenaux ouverts, étroits et peu profonds; (d) anciens dépôts marins dans des bassins entièrement séparés, bien qu'autrefois reliés à la nappe principale. Les principaux dépôts parmi ceux qui ont tiré leur origine de l'eau de mer sont ceux de sel gemme, de gypse et de chlorures et de sulfates de potassium.

(2) Les dépôts d'évaporation de lacs fermés autres que les anciennes mers. Ces derniers comprennent, comme ceux de la première catégorie, les dépôts actuels et anciens. Les lacs peuvent contenir de l'eau à l'année, ou bien n'être que des *playas*, sujets à la sécheresse des saisons. Les résidus salins de cette catégorie dépendent des eaux de la région, de la nature de la roche encaissante, des variétés de sels apportés par le vent, des variations saisonnières de température, etc., et présentent ainsi un grand écart tant en quantité qu'en qualité. L'halite, la mirabilite, le trona, le natron, le borax et le gypse sont les principales substances formées.

(3) Les efflorescences à la surface ou immédiatement en dessous, résultant du dépôt par les eaux souterraines. Les nitrates de sodium et de potassium sont les plus précieux dépôts de cette catégorie.

(4) Les dépôts d'origine éolienne. Ils se composent surtout de gypse sous forme de dunes.

(5) Les dépôts provenant de sources. Ils peuvent se former soit par évaporation, soit par congélation. On peut les ajouter aux autres types de dépôts, mais en eux-mêmes ils sont trop restreints pour être de valeur industrielle.

(6) Remplacements des autres substances. Ces derniers sont peu importants sauf, peut-être, les remplacements de calcaire par le gypse.

La suite de cet article traite des plus importants dépôts salins.

¹ Documentation à la page 143.

SEL GEMME ET GYPSE

Le sel gemme, comme le gypse et l'anhydrite, forme des amas de roche, et ces trois minéraux sont souvent interstratifiés ou étroitement associés par leur commune origine de l'eau de mer. Les lits économiques de sel gemme appartiennent surtout à l'un ou à l'autre des deux premiers types de dépôts salins mentionnés plus haut. Ceux du premier type, qui proviennent de l'évaporation des eaux marines, devraient recevoir une attention spéciale en vue de la possibilité de sels de potassium associés dans la même formation ou dans les sédiments plus récents de la même région, dans lesquels peut s'être produite la concentration secondaire de sels de potassium.

On peut reconnaître l'origine marine des couches salifères par: (a) la présence de calcaire, de dolomie, d'anhydrite et de gypse interstratifiés; (b) la présence de calcaire ou de dolomie fossilifère directement en dessous ou en dessus des dépôts; (c) la présence de couches marines fossilifères normales au même horizon dans une partie avoisinante de la région; (d) la présence de quantités appréciables de carbonate de chaux dans les couches de gypse associé.

Le sel gemme par suite de sa grande solubilité n'affleure pas dans les régions humides. Sa découverte dans le passé a été en grande partie le fait du hasard pendant qu'on fonçait des puits pour l'eau, le pétrole, le charbon ou dans quelque autre but. Bien que le gypse et le sel gemme se présentent parfois seuls, une formation supposée renfermer du gypse ou de l'anhydrite est un terrain favorable pour le chercheur de sel, surtout s'il se trouve des sources salines dans la même région. La présence de grès rouges et de schistes épais est très souvent une indication de l'aridité pendant la déposition et ces formations méritent d'être explorées. Les agents favorables à l'aridité ayant été établis, la prospection subséquente doit nécessairement se faire par sondage. Les frais sont donc élevés, et on doit s'attendre à un fort pourcentage de faillites, particulièrement là où les roches sont redressées ou disloquées. Des études stratigraphiques soignées s'imposent pour la localisation d'emplacements économiques de forage. Le forage au voisinage des sources salines est généralement voué à la faillite, vu que les eaux provenant de ces sources ont parfois franchi de grandes distances. Le forage au diamant, de préférence avec une sonde carottière, de 2½ à 3 pouces, est à recommander, ou l'on peut opérer par sondage percutant pour plus de vitesse et d'économie. Lorsqu'on a rencontré du sel, il faut se servir de la perforatrice diamantée pour noyauter les couches salines. A cette fin une solution saumâtre saturée doit être préparée comme eau de forage et là où il y a un indice de chlorure de potassium, cette saumure doit être remplacée par une solution de 30 pour cent de chlorure de magnésium. Là où on se sert d'outils à câble dans les premières phases ou autrement, des échantillons, tant des coupures que de l'eau de forage, doivent être pris à intervalles rapprochés et réguliers, en ayant soin d'épuiser le puits à vide à chaque puisage. Il faut éviter les changements dans le taux de forage et prendre grand soin de ne pas réaliser l'arrêt de l'eau par un cuvelage qui ne soit pas parfaitement adéquat. Tous les échantillons de sel et d'eau doivent être soigneusement étiquetés quant à la profondeur et confiés à un chimiste compétent ou envoyés au ministère des Mines.

Plusieurs dépôts de sel dans l'univers se présentent sous forme de dômes de sel, qui sont des amas intrusifs qui se sont soulevés à partir d'une ou plusieurs couches salines situées à un niveau inférieur. Seule une étude stratigraphique soignée des roches déterminera, si oui ou non, il y a eu migration du sel ou s'il occupe sa position stratigraphique normale.

Le gypse est légèrement soluble dans l'eau pure, mais davantage dans une solution de sel ordinaire. Il affleure souvent, ou sa présence en dessous du sel, comme celle du sel, peut être révélée par des étangs et des creux causés par une solution souterraine et l'affaissement de la matière superficielle. Les recherches sur la valeur marchande d'un dépôt de gypse comprennent le forage et l'échantillonnage de surface ou de mine, vu que les amas d'anhydrite sont souvent irrégulièrement entremêlés et que, s'ils sont abondants, ils peuvent sérieusement diminuer la qualité. Les cristaux de sélénite sont fréquents dans les couches de gypse et s'ils sont en abondance, il sont nuisibles, parce qu'ils encrassent la machine à meuler.

SELS DE POTASSIUM

La prospection des sels de potasse peut suivre deux lignes d'exploration: (1) le forage profond pour les dépôts enfouis; (2) la recherche des dépôts superficiels de sels, les saumures et les eaux mères. La première méthode de prospection ne devrait être entreprise qu'après une étude complète dans une formation ou des formations que l'on sait contenir du sel gemme. La façon de procéder ressemble à celle qui a déjà été décrite pour la recherche du sel gemme. Comme la seconde méthode ne se rapporte qu'à des accumulations superficielles qui ont le caractère des régions actuelles désertes ou sèches, elle doit être confinée aux régions où les lacs salins, les *playas*, les bas-fonds alcalins, les efflorescences alcalines, etc., sont censés exister. Comme le chlorure de potassium est beaucoup plus soluble dans les solutions salines que le sel ordinaire ou le carbonate de sodium, les sels de potassium se trouveront plus probablement dans les solutions résiduelles qui imprègnent les sels de sodium cristallins dans les dépôts lacustres. Une exploration complète ne comprendra pas seulement l'échantillonnage des sels et des saumures à la surface, mais des forages d'essai dans les dépôts en profondeur et des analyses des sels et des saumures ainsi obtenus. Ces forages peuvent se faire au moyen d'une tarière et d'un trépan dans un cuvelage pourvu d'un sabot denté et enfoncé au moyen d'une légère perforatrice¹ ou bien au moyen d'un léger appareil² de sondage portatif au diamant. Comme la détermination exacte de la teneur en potasse des eaux alcalines exige de la technique de la part de l'analyste, les échantillons ne devraient être confiés qu'à des chimistes d'expérience. Comme ce travail est assez dispendieux, les essais préliminaires sur le terrain peuvent être faits en plongeant la boucle d'un fil de platine dans une solution de sel rendue légèrement acide par l'addition d'acide chlorhydrique, en l'asséchant et en l'allumant à la flamme d'une lampe à alcool ou à une lampe à braser à essence et en observant la couleur de la flamme qui en résulte à travers un filtre Merwin. S'il s'y trouve des sels de potassium la flamme prendra

¹ Serv. géol. des E.-U. Bull. 530, p. 333 (1911).

² Div. des Mines, Min. des Mines du Canada, pub. n° 645 p. 80.

une coloration violette tirant sur le rouge. Des essais quantitatifs sommaires peuvent être exécutés par comparaison avec une solution standard, telle que décrite par W.-B. Hicks.¹

SULFATE DE SODIUM, CARBONATE DE SODIUM, SULFATE DE MAGNÉSIUM, ETC.

Ces salines se présentent de nos jours dans des régions semi-arides ou acides, soit en dépôts soit en solutions concentrées, dans des bassins hydrographiques indépendants ou fermés, qui n'ont pas pu depuis longtemps trouver d'issues par où s'échapper. Présents à l'origine dans les sels et les roches, ils ont été lavés par les eaux naturelles d'infiltration et se sont concentrés par évaporation dans les dépressions les plus basses. Ces étendues de concentration, comme on l'a déjà dit, peuvent être des lacs salins, des *playas*, des marais salants, des bas-fonds boueux, etc. Les dépôts consistent généralement en une succession alterne de couches d'argile, de sable et de sel. Comme la boue scelle les sels déposés antérieurement, les lacs d'eau quelque peu diluée, peuvent recouvrir de vastes dépôts salins, une conformation qui fait ressortir la nécessité de faire l'essai des dépôts du fond par sondage. Comme certains sels sont extrêmement solubles, les couches cristallines plus compactes devraient être recherchées là où s'est produite l'évaporation complète d'un lac salin profond et de grande superficie. Dans la plupart des dépôts les sels de sodium dominant. Les changements saisonniers ou journaliers de température exercent une grande influence sur la précipitation de certains sels, surtout les sulfates et les carbonates de sodium, et comme les couches de ces sels déposés pendant une saison sèche et froide sont sujets à une nouvelle solution par une saison humide plus chaude, l'extraction de ces sels est nécessairement régie par la saison.

Comme les salines superficielles de cette catégorie sont exposées, leur investigation consiste en grande partie en relevés de surface et en échantillonnage systématique des sels, des saumures et des eaux mères. Le mode d'opération précis est bien décrit par L.-H. Cole.²

Les dépôts de cette nature au Canada se limitent climatologiquement à certaines régions des Grandes Plaines et à l'intérieur de la Colombie britannique, vu qu'ils sont d'âge post-glaciaire et quelques-uns seulement ont plus de 100 pieds de puissance.

RÉPARTITION RÉGIONALE

Dans le passé, aussi bien que de nos jours, l'aridité est un élément tellement important de la formation des dépôts salins que le prospecteur peut en toute sécurité restreindre son exploration à certaines régions et à certaines formations. Le sel et le gypse, par exemple, se sont accumulés en Amérique du Nord en grandes quantités, vers la fin de l'ère silurienne

¹ Hicks (W.-B.): Mineral Resources. U.S., pt. 2, p. 129 (1915).

² Cole (L.-H.): "Sulfate de Sodium de l'ouest du Canada", Div. des Mines, Min. des Mines du Canada, publ. n° 646.

(époque Salina) et les régions canadiennes, dont le sous-sol est formé de strates salina, sont d'une importance primordiale pour le chercheur de sel et de gypse. Ces régions se présentent dans la péninsule du sud-ouest d'Ontario. Les couches de gypse ont plus d'affleurements et se trouvent plus près de la surface que le sel gemme beaucoup plus soluble. La localisation de ce dernier exige nécessairement un forage dispendieux à travers de grandes épaisseurs de strates plus récentes. La région probablement supportée par du sel dans l'ouest d'Ontario est située à l'ouest d'une ligne qui va du lac Erié, en passant par London, au lac Huron, au nord de Kincardine, et on peut s'attendre que la profondeur du sel augmente vers le sud. La seule autre région de l'Ontario où l'on puisse probablement rencontrer du sel ou du gypse est située dans la partie du bassin de la baie James près du cours inférieur des rivières Moose, Albany et Kapiskau. Le gypse affleure sur la rivière Moose et le forage dans les formations dévoniennes pourra peut-être localiser d'autres couches ou même conduire à la découverte de sel.

Aux environs du bassin du lac Winnipegosis dans le Manitoba, il y a un grand district dont le sous-sol se compose de roches du silurien supérieur et du dévonien. On extrait déjà du gypse à Gypsumville, et des sources salines jaillissent en plusieurs endroits dans ce district hors des roches dévoniennes. Ce district est donc favorable à la prospection et il peut s'étendre en suivant la région supportée par les roches dévoniennes vers le nord-ouest jusqu'à la vallée de la rivière Athabaska et jusqu'au district asséché par le cours inférieur des rivières la Paix et des Esclaves.

Les régions mentionnées plus haut sont supportées par les strates salina marines à de faibles profondeurs. Il y eut une époque subséquente d'aridité qui coïncida avec des invasions peu profondes des eaux de mer de l'Atlantique sur les îles de la Madeleine et les Provinces maritimes. Les sédiments pélagiques déposés à cette époque sont connus sous le nom de série de Windsor du Carbonifère inférieur. Le gypse et l'anhydrite sont répandus à profusion dans cette série et le sel gemme en quantité commerciale fut découvert par forage à Malagash (N.-E.). La série de Windsor offre un champ fertile pour le chercheur de dépôts salins, mais par suite des forts pendages et de l'état généralement disloqué des strates, cette prospection est dispendieuse et souvent désappointante. Il y a bon espoir que la potasse existe, çà et là, dans certaines régions supportées par la série de Windsor.

Dans la recherche du sel et du gypse, soit dans les groupes de strates salines, soit dans ceux de Windsor, les indications superficielles de salines sous forme d'effondrements, dépressions et d'étangs non-asséchés, aussi bien que sous forme de sources salines et d'eau de puits qui s'y présentent en abondance, méritent une attention spéciale. Les perspectives de découvertes d'amas économiques de potasse au Canada sont loin d'être décourageantes.

La répartition connue des sulfates et des carbonates de sodium et de magnésium coïncide assez étroitement avec les dépressions actuelles non-asséchées dans les zones sèches de l'ouest du Canada, surtout dans le sud de la Saskatchewan et dans le sud central de la Colombie britannique. Là où le bassin hydrographique d'une grande région est entouré par du drift

superficiel dans ces zones sèches ou là où il n'y a pas suffisamment de précipitation pour occasionner le débordement des bassins et par l'écoulement vers la mer, les analyses chimiques des eaux des étangs et des lacs peu profonds ont été peu révélatrices, et la haute teneur en sel des eaux peut être connue, surtout pendant la température froide, par la cristallisation des sels à la surface des eaux ou à l'issue des sources.

BIBLIOGRAPHIE

- Grabau (A.-W.): "Geology of the Non-metallic Mineral Deposits", vol. 1, Principles of Salt Deposition; McGraw-Hill Book Co. N.-Y. 1920.
 Clarke (F.-W.): "The Data of Geochemistry;" Bull. Serv. géol. des E.-U.
 Cole (L.-H.): "Le gypse du Canada—Ses gisements, Son Exploitation et sa technologie;" Div. des Mines, Min. des Mines, Canada, Pub. n° 246, 1913.
 Cole (L.-H.): "Rapport sur les dépôts salifères du Canada, et de l'industrie du sel;" Div. des Mines, Min. des Mines, Canada, Pub. n° 326, 1915.

CALCAIRES ET SUBSTANCES CONNEXES

(E.-M. Kindle)

DÉPÔTS CALCAIRES

Le calcaire est une des roches les plus abondantes et les plus répandues. Les nombreux usages que trouvent le calcaire et ses produits lui confèrent une importance économique que possèdent bien peu d'autres roches. Son emploi dans les constructions de tous genres, dans la fabrication des ciments, la fusion du fer et des minerais, la fabrication du verre, le carbure de calcium et la construction des routes est un exemple du rôle de premier plan qu'il joue dans l'industrie.

Le gaz carbonique dégagé par la combustion du calcaire, offre, quand il est réduit à l'état solide sous une haute pression, une matière réfrigérante très efficace, connue sous le nom de "glace sèche". Le gaz carbonique solidifié produit l'effet du refroidissement à mesure qu'il reprend lentement sa forme gazeuse, tout comme la glace quand elle retourne à l'état liquide, mais sans laisser de trace de moisissure ou d'autre trace de sa présence.

La fabrication du carbonate de sodium industriel, connu sous le nom de carbonate de soude brute ($\text{CO}_3 \text{Na}^2$), comporte aussi l'emploi de calcaire. Le sulfate de sodium, le carbonate de calcium (calcaire) et la houille quand ils sont mélangés en quantités proportionnées, engendrent lorsque chauffés jusqu'à la fusion d'après le procédé Leblanc, des réactions qui résultent dans la formation de carbonate de sodium ou carbonate de soude brute (soda ash).

La soude caustique, utilisée dans la fabrication du savon et de diverses autres façons, s'obtient en chauffant ensemble de la chaux vive et du carbonate de soude brute. La soude caustique joue un rôle important dans la fabrication du papier, le procédé étant connu sous le nom de "procédé de la pulpe au sulfate." Par ce procédé la fibre de bois est mise en digestion dans de la soude caustique. Lorsque la pulpe au sulfite est préparée par

la méthode Jensen, il faut un calcaire riche en calcium, tandis que le procédé au lait-de-chaux exige un calcaire riche en magnésium.

La poudre de blanchiment, appelée communément "chlorure de chaux", est un autre produit du calcaire. La chaux hydratée, produite en gâchant de la chaux éteinte, est traitée dans des chambres spécialement aménagées.

Le calcaire est considérablement employé sous forme de ciment—un produit calciné du calcaire naturel à ciment ou du calcaire ou de la marne et de l'argile. La marne n'est pas beaucoup employée à cette fin au Canada, vu que le calcaire offre une matière première plus uniforme sur laquelle on peut compter. Il est probable que la difficulté de travailler les dépôts de marne en hiver est aussi un élément prohibitif; mais cette difficulté ne devrait pas exister dans le sud de la Colombie britannique et dans le sud d'Ontario où les lacs marneux ne sont pas rares.

Les calcaires s'étendent dans l'échelle géologique des plus anciennes roches aux plus récentes. Le type de calcaire le plus simple, qu'on appelle coquillier (coquina), est formé par la cimentation ensemble des coquilles marines brisées par les vagues. Les algues calcaires et les débris de récifs coraliens contribuent beaucoup à la formation de certains calcaires. Les coquilles microscopiques des foraminifères ont produit la craie. Par l'évaporation des eaux de sources thermales renfermant beaucoup de carbonate de calcium en solution, des amas de calcaire compact d'une grande beauté—les soi-disant "marbres onyx" et "l'onyx mexicain"—sont formés. Les tufs calcaires formés autour des sources thermales à Banff (Alberta), ont pris naissance de cette façon. Le calcaire de certaines localités renferme une petite quantité de sulfure d'hydrogène, qui donne une odeur fétide d'où le nom de "roche puante". Une couche de calcite dans le canton de Chatham (Ontario), fournit un bon exemple de ce type de calcaire. Dans maints lacs d'eau douce certaines algues, *Potamogetons*, et d'autres plantes aquatiques, ont le pouvoir, par leur très grande absorption de gaz carbonique, de séparer le carbonate de calcium de l'eau et de le déposer sur leurs tiges et leurs feuilles. Les couches de marnes sont en grande partie le produit de l'accumulation de chaux séparée par les plantes. Certains calcaires à fine texture sont sans aucun doute le résultat de l'action d'agents biochimiques au cours de laquelle la sursaturation, avec le carbonate de calcium des couches superficielles de l'eau de mer dans lesquelles ils se sont formés, a contribué pour beaucoup. Ce type de calcaire, qui par sa texture se rapproche du calcaire lithographique, se présente dans le district de Kingston. Le calcaire lorsqu'altéré sous forme cristalline par métamorphisme prend le nom de marbre. Le beau poli que prend le marbre, ou d'une pierre populaire pour la décoration intérieure, les monuments, les façades et pour les murs de certains édifices. Diverses couleurs de marbre sont employées, de blanc pur en sculpture, au gris tacheté ou brun ordinairement utilisé dans la construction.

Diverses expériences citées par Clarke¹ démontrent que la structure hautement cristalline qui distingue le marbre du calcaire ordinaire peut être le résultat de la pression seule, de la chaleur seule, ou d'une combinaison des deux. Dans l'une de ces expériences une quantité de craie blanche sèche fut placée dans une presse à vis et maintenue sous une pression de

¹ Clarke (F.-W.): "The Date of Geochemistry"; Bull. Serv. géol. E.-U., 491, p. 531, (1911).

6,000 à 7,000 atmosphères pendant environ 17 ans. A la fin de cette période on a trouvé que la craie ressemblait en partie au calcaire cristallin. Ces expériences semblent indiquer que les calcaires fortement cristallins et les marbres du précambrien et des autres horizons canadiens ont été produits par des pressions et des hautes températures incidentes à l'action orogénique sur les calcaires ordinaires.

Sur de grandes étendues, comme la péninsule d'Ontario, les chaînes orientales des Rocheuses, et dans diverses parties du Canada, les calcaires sont la roche de fond dominante et, dans maints cas, la seule. Dans d'autres vastes régions, cependant, ils font défaut, ou ne se rencontrent qu'en amas lenticulaires au milieu d'une série de sédiments non calcaires ou dans des schistes et des gneiss précambriens. Dans la région des Cordillères, en Colombie britannique, les calcaires sont aussi abondants, qu'ils sont rares dans les Grandes Plaines de l'ouest du Canada. L'existence même de petits gisements lenticulaires de calcaires au milieu de roches, telles que celles des prairies de l'Alberta et de la Saskatchewan, peuvent être une matière d'une importance considérable comme source de chaux pour usage local ou comme calcaire pour fondant de minerai dans une région minière.

Sur la plus grande partie du versant de la baie James et de la région au sud-est de la baie d'Hudson, les calcaires sont confinés à une zone à l'intérieur ou près de la plaine côtière, où ils sont généralement masqués par des argiles, des sables et des graviers pléistocènes. La zone calcaire bordant le côté sud-ouest de la baie d'Hudson et les calcaires de la vallée du Saint-Laurent, sont séparés par les roches cristallines du bouclier canadien dans lequel les dépôts calcaires, quand ils s'y trouvent, sont distinctement cristallins, des marbres dans bien des cas. La déformation et le métamorphisme, auxquels la base de ces anciennes montagnes précambriennes du bouclier canadien a été soumise, ont altéré leurs calcaires, de sorte qu'ils ne présentent qu'une bien faible ressemblance physique avec les calcaires paléozoïques des régions légèrement bouleversées comme le sud-est d'Ontario. Dans la région des Apalaches des Provinces maritimes les calcaires ont été aussi en maints endroits altérés dans une certaine mesure par les forces orogéniques, et par les roches intrusives et les autres roches éruptives.

Le moyen le plus simple de reconnaître un calcaire est par l'emploi d'acide chlorhydrique dilué froid qui donne une effervescence abondante quand il est appliqué sur une variété quelconque de roche calcaire. Les dolomies et les magnésites peuvent se distinguer par l'absence d'effervescence dans l'acide froid. Quand elles sont pulvérisées elles présentent une faible effervescence comme dans l'acide dilué chaud.

Les caractères topographiques fournissent dans certains cas un indice de la présence de formations calcaires dans les régions précambriennes où elles sont associées à des roches comme le granite, le schiste et diverses roches intrusives. La grande solubilité des calcaires et leur altération rapide peuvent dans ces associations avoir pour résultat le développement de vallées en forme de bassin dans des régions supportées par du calcaire, là où elles sont cachées par des dépôts de surface.

L'examen du calcaire dans un banc naturel depuis longtemps soumis à l'intempérisme, offre le meilleur critère pour juger de sa valeur pour fins

de construction. Le banc récemment mis à découvert dans une carrière donne peu d'indication du comportement de la roche sous l'action de la gelée, mais le banc altéré est apte à présenter soit une face solide légèrement affectée par l'intempérisme, soit une couche ayant de nombreux joints, des fissures de plan de stratification et des amas de strates en voie de désagrégation.

On trouvera des renseignements détaillés sur les calcaires et les autres pierres de construction au Canada dans les volumes du professeur Parks sur ce sujet.¹

CALCAIRES MAGNÉSIENS

Bien des calcaires ordinaires renferment un faible pourcentage de carbonate de magnésium. Une faible ou moyenne quantité de magnésium dans un calcaire ne met pas obstacle à son emploi dans le domaine industriel, sauf pour certains usages. La présence de magnésium en certaines proportions avec le calcium constitue un calcaire qui, avec l'addition de matière argilacée, produit à la calcination un ciment hydraulique. Le calcaire DeCew, ou "chaux hydraulique", de l'escarpement de Niagara, est un bon exemple de ce type de roche. Il était autrefois considérablement exploité pour la fabrication du ciment au moyen de tunnels à Thorold (Ontario). Une cimenterie bien connue dans la vallée de l'Ohio emploie un calcaire contenant CO^3Ca et CO^3Mg en proportions de 44.60 et 36.20 respectivement. Quand la teneur magnésienne est élevée la roche est appelée calcaire magnésien ou dolomie; ce dernier terme, toutefois, devrait être réservé aux roches dans lesquelles la proportion moléculaire de chaux par rapport à la magnésie est de 1 à 1. Les calcaires magnésiens et non-magnésiens ne se distinguent pas facilement sauf par une épreuve chimique. Le premier se dissout avec difficulté, l'autre rapidement, dans HCL dilué froid. La magnésite, du carbonate de magnésie, se dissout dans les acides encore plus difficilement que la dolomie. La calcite et la dolomie peuvent aussi se distinguer par l'emploi d'un réactif au chlorure d'aluminium et à l'hématoxyline. En présence de ce réactif il se forme un enduit violet sur la calcite, tandis que la dolomie reste incolore.

Le calcaire bariolé, que l'on extrait à Tyndall (Manitoba), est un calcaire magnésien qui prend un fort bel aspect au polissage. On en trouve une excellente illustration dans les corridors des nouveaux édifices du Parlement fédéral. La formation gris brun, couleur café, qu'on appelle dolomie de Lockport, de la péninsule de Niagara, constitue un bon exemple de calcaire ordinaire hautement magnésien.

¹ Parks (W.-A.): "Pierres de construction et d'ornementation du Canada"; Div. des Mines, Min. des Mines, Can., vol. 1 (1912).

"Pierres de construction et d'ornementation du Canada; Provinces maritimes". Div. des Mines, Min. des Mines du Canada, vol. 2 (1914).

"Pierres de construction et d'ornementation du Canada; Québec;" Div. des Mines, Min. des Mines, Can., vol. 3 (1914).

"Pierres de construction et d'ornementation du Canada; Saskatchewan et Alberta;" Div. des Mines, Min. des Mines, Canada, vol. 4 (1916).

"Pierre de construction et d'ornementation du Canada; Colombie britannique"; Div. des Mines, Min. des Mines, Canada, vol. 5 (1917).

ANHYDRITE ET GYPSE

Dans certaines régions des conditions spéciales ont favorisé le développement du sulfate de calcium, qu'on appelle anhydrite (SO^4Ca), au lieu du carbonate de calcium ou du calcaire. On trouve, par conséquent, dans certaines régions une série calcaire interrompue par des couches d'anhydrite ou de gypse. L'hydratation de l'anhydrite produit $\text{SO}^4\text{Ca} \cdot 2\text{H}^2\text{O}$, un minéral tendre, facile à rayer, qu'on appelle le gypse.

Le gypse calciné produit le plâtre de paris et l'alabastine bien connus, et d'autres mélanges employés pour la décoration des murs intérieurs. Le gypse est employé comme agent retardateur dans le ciment Portland. Bluté à travers un tamis de 200 mailles, le gypse est employé comme corps de remplissage dans le papier et la peinture, sous le nom de terre blanche. Le crayon d'école ordinaire, connu sous le nom de craie, est fabriqué avec du gypse non-calciné. Le gypse broyé a aussi considérablement été employé comme engrais.

De vastes dépôts de gypse se présentent dans les roches du carbonifère inférieur en Nouvelle-Ecosse et au Nouveau-Brunswick, où ils ont dans certains cas une puissance de 200 pieds ou davantage. Le gypse se rencontre en abondance dans les roches dévoniennes le long de la vallée de Moose-River, dans le nord d'Ontario. L'un des plus gros dépôts de gypse exploités actuellement est situé à Gypsumville (Manitoba).

De gros dépôts d'anhydrite et de gypse, qui n'ont pas encore été exploités, existent à la pointe Peace, sur le cours inférieur de la rivière La Paix, et au mont Charles, sur le lac du Grand Ours, dans les Territoires du Nord-Ouest.

La présence de dépôts de gypse est généralement indiquée par une série d'effondrements et de cours d'eau souterrains. La faible consistance de la roche sert à le distinguer du calcaire auquel il ressemble par la couleur.

PHOSPHATE DE ROCHE

Peu de gîtes minéraux se présentent dans des circonstances plus variées que les dépôts exploitables de phosphates. On n'étudiera ici que ceux qui sont associés aux calcaires du Canada.

Penrose s'est servi de la classification suivante (Bul. Serv. géol. des E.-U. n° 7, p. 22), des dépôts de phosphate de chaux.

(1) Phosphates minéraux	$\left\{ \begin{array}{l} \text{A. Apatites} \\ \text{B. Phosphites} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Fluor-apatites} \\ \text{Chlor-apatites} \end{array} \right.$
(2) Phosphates de roche	$\left\{ \begin{array}{l} \text{A. Nodulaire amorphe} \\ \text{B. Couches de calcaire phosphatique} \\ \text{C. Guanos} \\ \text{D. Lits à ossements} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Nodules détachés} \\ \text{Nodules cimentés ou} \\ \text{conglomérats} \end{array} \right.$
		$\left\{ \begin{array}{l} \text{Guanos solubles} \\ \text{Guanos délavés} \end{array} \right.$

Les dépôts qui seront étudiés ici tombent dans le groupe 2B de cette classification.

Les phosphates les mieux connus au Canada sont les apatites qui furent d'abord décrites par T. Sterry Hunt dans les rapports de la Commission géologique du Canada pour l'année 1848. Ils se présentent dans les roches précambriennes dans le comté de Hull (Québec), et dans les comtés de Leeds, de Lanark, d'Addington et de Renfrew (Ontario). La plupart de ces dépôts qui sont exploitables ont été considérés comme des filons de fracture et des poches. Ils se présentent généralement dans le pyroxène à syénite et les gneiss, et ce fait ne concerne pas la présente étude, mais ils sont en certains cas associés avec le calcaire, et Dawson croyait que plusieurs dépôts du district d'Ontario sont de vraies couches.

On connaît depuis plusieurs années l'existence dans les Rocheuses, au Sud de l'Alberta, d'une mince couche de phosphate de roche ou phosphorite. Cette couche se présente à peu près au même horizon que les vastes dépôts commerciaux, bien connus, trouvés dans quatre états du nord des montagnes Rocheuses. Cette matière se présente au milieu des formations calcaires et ressemblent d'assez près aux calcaires associés pour être facilement pris pour eux.

Le phosphore, l'élément précieux dans la phosphorite, est l'un des trois éléments, à savoir, l'azote, le potassium et le phosphore, qui sont absorbés dans le sol en grandes quantités par les plantes croissantes. Leur enlèvement par la culture, diminue graduellement la fertilité à moins qu'ils ne soient restaurés au sol.

Bien que l'azote puisse être fourni au sol par l'intermédiaire du trèfle, le phosphore, sous forme de phosphate, peut être retourné aux champs sous forme d'engrais fabriqués ou autres si leur fertilité doit être maintenue. L'acide phosphorique est abondant dans les graines des plantes. Plus de 49 pour cent de la cendre de blé se compose d'acide phosphorique. Les cendres d'os contiennent jusqu'à 40 pour cent de cette importante nourriture végétale. Sur la côte de l'Atlantique, au Canada, où la pêche à la morue est une importante industrie, les têtes et les os de morue sont épandus sur le sol comme moyen de lui restaurer le phosphore que lui enlèvent les récoltes.

L'origine des dépôts stratifiés de phosphorite est encore imparfaitement comprise. On sait, cependant, que certaines formes organiques sont beaucoup plus riches en phosphates que d'autres. Les os sont les plus riches, mais certaines coquilles de mollusques ont une teneur en phosphate très élevée. W.-E. Logan, et T.-S. Hunt ont trouvé 85.79 pour cent de phosphate de calcium dans les coquilles de la *Ligula* récente. Les changements accompagnant le durcissement des sédiments calcaires riches en débris organiques hautement phosphatés ont contribué à phosphoriser certaines couches de calcaire en concentrant les phosphates extraits de l'eau de mer par les mollusques ou d'autres organismes vivants.

Gale décrit le phosphate de roche de Melrose (Montana), comme ressemblant quelque peu au calcaire foncé, grossier et granuleux qui pourrait même être mépris, au simple examen, pour un basalte foncé à grain fin. Il a une structure oolithique, une couleur gris foncé à noire et il est remarquablement lourd en comparaison des roches sédimentaires qui lui sont associées. Plusieurs surfaces altérées présentent un recouvrement blanc bleuâtre ou "efflorescence de phosphate", probablement d'un minéral

phosphaté secondaire. La structure oolithique, bien que constituant l'un de ses caractères les plus distinctifs, est un peu masquée par endroits.

Une mince bande de phosphorite est visible dans la coupe de Banff, près de la base du quartzite des Rocheuses, sur le bord de la route, juste à l'est des chutes Spray, sur la rivière Bow. Ce gisement à Banff, près du sommet du paléozoïque, semble se rapprocher de la position prise par les couches de phosphate dans la coupe Montana à Melrose, où l'on dit qu'il gît à 100 pieds en dessous du sommet du paléozoïque. Dans l'Idaho et l'Utah, on le trouve aussi dans la formation de Park-City de l'époque carbonifère.

Le Dr Adams donne une description de la roche phosphatée trouvée près de Banff qui est semblable à celle du phosphate Montana. Il dit:

"La roche phosphatée trouvée dans le lit du creek Fortymile est de texture à grain très fin et massive, de couleur noire, et ressemble au basalte. Un examen attentif de sa surface brisée, au moyen d'une bonne lentille, indique que la structure oolithique—que l'on a mentionnée comme caractérisant cette roche—est assez distincte, avec çà et là des objets foncés en forme de tige..."

L'exploitation commerciale de la roche phosphatée a été entreprise dans la vallée de la rivière Elk dans le sud-est de la Colombie britannique.

La présence des gisements connus de phosphate en Colombie britannique et dans les Etats au sud, indique qu'on peut chercher ce minéral près du sommet des sédiments paléozoïques dans les limites de la formation de quartzite des Rocheuses avec plus de chance de succès que partout ailleurs. Une certaine connaissance des fossiles qui distinguent cette formation des autres formations adjacentes, pourra servir au prospecteur dans le choix des horizons qui méritent d'être examinés. *Plagioglypta canna*, en forme de crayon, est l'un des fossiles indices de cette formation.

En établissant l'identité de la roche phosphatée il faut se souvenir du caractère généralement oolithique et de l'odeur fétide pénétrante de la roche. Elle est plus lourde que le chert avec lequel elle est intimement associée, ayant à Banff une densité de 3 et une dureté "d'environ 5" selon Spence, qui dit qu'à Banff elle s'altère en une teinte légèrement rouilleuse ou plus noire et qu'elle ne présente pas l'"efflorescence" bleuâtre du phosphate de Montana.

L'essai chimique recommandé par Adams et Deck pour reconnaître avec certitude l'acide phosphorique est le suivant:

"Pulvériser quelques éclats de roche dans un mortier jusqu'à ce que la matière passe à travers un tamis de 100 mailles. Placer autant de cette poudre qu'en peut facilement contenir une pièce de vingt-cinq cents dans une petite coupelle d'émail, ajouter environ 30 cc. d'eau et 10 cc. d'acide nitrique concentré. Recouvrir la coupelle d'un grand verre de montre et chauffer légèrement pendant dix minutes. Filtrer ou décanter le liquide s'il est clair, dans un becherglas et ajouter 100 cc. d'eau, puis quelques centimètres cubes d'une solution saturée de carbonate d'ammonium. Ceci clarifiera la solution peut-être un peu trouble. On doit alors ajouter de l'acide nitrique goutte à goutte jusqu'à ce que la solution redevenue claire et donne une réaction acide distincte et faible au tournesol. La solution est alors chauffée de nouveau jusqu'à une température de 70° ou 80° C et 55 cc. d'une solution concentrée de molybdate d'ammonium sont ajoutés goutte à goutte pendant qu'on agite la solution. On laisse ensuite reposer cette solution dans un endroit chaud pendant 15 minutes; s'il y a de l'acide phosphorique, un précipité jaune brillant granuleux de phospho-molybdate d'ammonium apparaîtra."

FER

(T.-L. Tanton)

Après l'aluminium, le fer est le métal le plus usuel et le plus profusément répandu à la surface du globe. Quatre minéraux à teneur de fer sont les principaux éléments constitutifs des minerais de fer. Ce sont: la magnétite (minerai magnétique) Fe^3O^4 , Fe 72.4 pour cent; l'hématite (rouge et mouchetée) Fe^2O^3 , Fe 70.0 pour cent; la limonite (hématite brune, minerai brun) $2 \text{Fe}^2\text{O}^3 \cdot 3 \text{H}^2\text{O}$, Fe 59.8 pour cent; la sidérite (carbonate, minerai spathique) CO^3Fe , Fe 48.3 pour cent. De gros amas de roche composée en grande partie d'un ou de plusieurs de ces minéraux se sont formés à diverses époques de l'histoire du globe terrestre. Ils se composent des différentes formes suivantes:

SÉGRÉGATIONS MAGMATIQUES

Toutes les roches ignées basiques renferment du fer soit sous forme de magnétite, silicates à teneur de fer, ou de sulfures. Dans certaines grosses roches intrusives ces minéraux à teneur de fer, qui sont lourds et parmi ceux qui cristallisent les premiers dans le magma en fusion, se sont réunis ensemble. Quelques-uns supposent que des ségrégations de ce genre sont le résultat de l'enfoncement de cristaux dans un milieu liquide vers le fond de l'amas de roche; d'autres théories de la différenciation magmatique ont été émises sur le même phénomène. Ces ségrégations magmatiques sont ordinairement des amas de forme irrégulière et de taille variée, ne présentant aucun rapport, en autant qu'on le sache, avec la forme, la taille ou la structure des amas ignés dont elles font parties; leur composition est variable et leurs limites ne sont pas nettement définies là où elles passent par gradations dans d'autres phases de la roche. La magnétite est le minéral de fer le plus susceptible de se rassembler de cette façon, et lorsque tel est le cas, elle renferme ordinairement du titane et en certains cas des éléments rares, tels que le vanadium.

Les ségrégations magmatiques de la magnétite titanifère se trouvent dans les amas d'anorthosite et de gabbro dans le district de Lac-Saint-Jean et ailleurs dans l'est d'Ontario et dans Québec. Les plus gros dépôts connus sont ceux du Cran-de-Fer, dans le comté de Saguenay, et de la mine Saint-Charles dans le district de Lac-Saint-Jean, estimés contenir au moins 300,000 et 1,000,000 de tonnes respectivement, de matière renfermant environ 50 pour cent de fer et 10 pour cent de titane. Les dépôts de ce type ne sont pas exploités. Les exploitants de hauts fourneaux n'aiment pas à employer un minerai riche en titane, car il augmente la viscosité du laitier et empêche la récupération complète du fer.

Intimement alliés aux magnétites titanifères et se présentant comme elles en ségrégations basiques dans l'anorthosite sont les *ilménites*, trouvées dans les comtés de Charlevoix et de Terrebonne (Québec). Ces gisements renferment de 40 à 45 pour cent de fer et de 21 à 25 pour cent de titane. Ils ont été exploités et traités au four électrique dans la fabrication des

alliages au titane. Des recherches récentes sur la fusion électrolytique et une appréciation de la valeur de l'oxyde de titane dans la peinture laissent à espérer que ces dépôts pourront être utilisés comme source de fer et d'oxyde de titane.

Pour trouver un dépôt de cette sorte: rendez-vous dans le voisinage général de gisements connus, examinez les régions connues ou supposées reposer sur du gabbro ou de l'anorthosite et cherchez des concentrations de magnétite et d'ilménite. Les indications superficielles sont: la présence en abondance de ces minéraux dans les affleurements de roche et les lectures à la boussole d'inclinaison.

DÉPÔTS FORMÉS PAR DES SOLUTIONS CHAUDES

Certaines roches intrusives ignées abandonnent des solutions ferrifères qui traversent les fissures ou pénètrent la roche avoisinante. Les gîtes qui en résultent, connus sous le nom de gîtes métamorphiques de contact, prennent parfois la forme de filons ou de dykes, ou de massifs de remplacement. Ces derniers atteignent quelquefois des dimensions considérables; ils possèdent une forme et une composition irrégulières. Plusieurs de ces amas sont plus ou moins régulièrement répartis autour du contact des massifs de roches intrusives dans certaines formations telles que les roches calcaïques qui sont particulièrement susceptibles de remplacement.

Les dépôts de magnétite sont formés de cette façon. Plusieurs se présentent sur le bord occidental du batholithe côtier, disséminés sur toute la côte du Pacifique de la Colombie britannique. Ils ont été décrits dans une publication récente de la Commission géologique.¹

Pour trouver un dépôt de ce type: examinez les régions supportées par le calcaire ou les sédiments calcaïques dans le voisinage immédiat du bord occidental du batholithe côtier (Coast-Range). Les indications de surface sont: la présence de roche riche en magnétite dans les affleurements et les lectures à la boussole d'inclinaison. Une roche grenatique étrange, contenant du grenat et d'autres silicates de chaux se présente ordinairement autour des bords des dépôts magnétiques de ce type; des affleurements de ce genre peuvent être considérés comme indice d'un terrain favorable à la prospection situé non loin de là. Dans le district de Madoc (Ontario), le calcaire de Hastings autour des bords du batholithe de Deloro est censé être un terrain favorable à la prospection des dépôts de ce type.

Certaines laves associées à la formation ferrifère rubanée du précambrien primitif dans le nord d'Ontario ont été, çà et là, converties en carbonate de fer siliceux par des solutions d'origine ignée. Les dépôts de ce genre atteignent des longueurs mesurables en milles et des largeurs que l'on peut mesurer en centaines de pieds; leurs contours sont irréguliers, bien qu'au sens large du mot ils correspondent à la structure des laves et roches pyroclastiques associées. Des massifs assez petits de carbonate ferrifère d'origine analogue se présentent dans le calcaire de Hastings dans le district de Madoc (Ontario).

¹ Young (G.-A.) et Uglow (W.-L.): "Iron ores of Canada", vol. 1, Série de la géol. appliquée, n° 3, Com. géol., Canada (1926).

On a déjà publié des descriptions détaillées des massifs de carbonate de fer dans le district de Michipicoten (Ontario).¹ D'immenses amas se rencontrent aux mines Helen et Magpie et la matière de cette dernière a été utilisée comme minerai enrichi après l'agglomération.

Le prospecteur à la recherche de gîtes de ce type serait bien avisé de chercher aux environs de dépôts connus, et, généralement dans les laves du Keewatin du nord d'Ontario et de Québec, dans le voisinage de la formation ferrifère rubanée. La surface des roches de carbonate de fer est ordinairement altérée en une couleur rouille.

MINERAIS DE FER FORMÉS PAR L'INTEMPÉRISME

L'intempérisme affecte toutes les roches à la surface de la terre ou à une faible profondeur et avec le temps, il cause une altération profonde des roches qui renferment des minéraux instables dans les conditions superficielles. *Les minerais de fer résiduels* se sont formés là où, à la suite de l'intempérisme, les constituants ferrugineux de la roche ont été altérés par les oxydes de fer hydratés (lesquels sont stables dans les conditions superficielles) et libérés de leurs éléments non-ferrugineux. Dans certains pays des minerais de ce genre ont été tirés de roches éruptives telles que la péridotite. Au Canada, ce type de minerai provient de l'altération de la formation ferrifère décrite plus bas, et aussi de la décomposition des amas de roche de carbonate de fer, décrits précédemment. Dans la roche de carbonate, celui-ci a altéré le minerai brun à des profondeurs variables sous les surfaces mises à jour, donnant lieu à des poches irrégulières de diverses dimensions.

Une grosse poche de ce type fut exploitée à la mine de fer Helen, Michipicoten, avant 1918. Elle produisit au delà de 2,500,000 tonnes de minerai. On connaît plusieurs gisements dans le district de Michipicoten qui n'ont pas encore été développés.²

L'altération des phases ferrugineuses du calcaire de Hastings, dans le district de Madoc (Ontario), a engendré la formation de nombreuses poches de minerai d'hématite, dont plusieurs ont été exploitées; la plus grosse était celle de la mine Wallbridge et a donné 100,000 tonnes.

Des terrains favorables à la prospection du minerai de ce type se présentent dans des régions supportées par des roches riches en carbonate de fer, comme il s'en trouve dans les régions de Madoc et de Michipicoten et en de nombreuses autres localités où les roches keewatiniennes ont été portées sur la carte comme se présentant dans le Bouclier canadien. L'apparence superficielle est terreuse brun-rouilleux, et c'est une matière plus ou moins poreuse. Les concentrations de minerai ne diffèrent de l'enduit rouilleux ordinaire sur les roches ferrugineuses altérées que sous le rapport de la profondeur et de la taille. Tout enduit considérable de minerai brun qui ne peut être pénétré facilement jusqu'à la roche inaltérée à l'aide d'un pic de prospecteur, mérite qu'on fasse des fosses d'essai et des forages dans l'espoir de découvrir un massif de dimension économique.

¹ "Michipicoten Iron Ranges", Com géol., Canada, Mém. 147 (1926).

² Com. géol. du Canada, Mém. 147 (1926).

DÉPÔTS SÉDIMENTAIRES

(i) *Placers*. Le type connu sous le nom de sables magnétiques est le résultat de l'action concertée de l'altération et de la concentration mécanique. Le premier phénomène ne cause pas l'altération chimique de la magnétite dans les roches primaires ou ignées, mais en décomposant les minéraux environnants il libère la magnétite sous forme de grains. A mesure que la roche se désagrège, ces grains peuvent être soit débarrassés des impuretés par l'action des vagues, soit concentrés pendant leur entraînement par l'eau, par suite de leur grande densité, de leur dureté et de leur stabilité chimique.

De vastes dépôts de sable magnétique se présentent sur la rive nord du golfe et du fleuve Saint-Laurent dans Québec¹, et ces derniers ont fourni d'importantes quantités de minerai de fer. Des dépôts de quelques pieds d'épaisseur et de plusieurs mille pieds de longueur se présentent sur les rives est et ouest de la baie Noire (Black), et près du havre Peninsula, lac Supérieur. Ces dépôts sont d'âge récent et ne sont pas consolidés. Un ancien dépôt du même type se rencontre au sein des roches crétacées à Burmis, près de Blairmore (Alberta).

Hors les régions mentionnées plus haut, les chercheurs de ce type de gîte feraient bien d'examiner les dépôts de plage et de rivière formés au voisinage des plateaux sur lesquels il se trouve des roches à teneur de magnétite. La matière est facile à reconnaître par sa couleur noire et son attraction magnétique. La dimension des dépôts est plus facile à estimer que celle des autres types de minerai de fer décrits antérieurement; les couches ont ordinairement la forme de plaques ou de lentilles et la nature du minerai est assez uniforme sur une grande étendue d'une même couche.

(ii) Au cours de l'altération, certains composés de fer entrent en solution en oxydant les eaux souterraines qui contiennent de l'acide carbonique et autres acides. Les eaux minéralisées circulent par les pores des roches par gravité et précipitent leur teneur en fer sur le gaz carbonique émanant de la solution.

Les *minerais de fer des marais*, de la limonite, sont formés où les eaux souterraines à teneur de fer jaillissent en sources des flancs de côteau ou dans les vallées et rencontrent des agents charbonneux réducteurs, qui se présentent habituellement à ces endroits dans les étangs ou les marais. Le précipité se forme d'abord en un amas flocculent, semblable à de la gelée d'oxyde de fer hydraté brun rouilleux. Il se solidifie avec le temps et forme parfois des amas nodulaires dans la limonite. La dimension et la forme des gîtes de minerais de fer des marais dépendent en grande partie du cours pris par l'eau minéralisée de la source après qu'elle a jailli du terrain. Si le point d'émersion se trouve au fond d'une dépression, le dépôt s'étendra comme sur le fond d'un étang; si le point d'émersion est situé sur une pente, le dépôt sera assez mince et s'étendra en éventail à la partie inférieure de la pente. Les dépôts de minerai de fer des marais renferment d'ordinaire de l'oxyde de manganèse, de l'acide phosphorique et des matières organiques en quantité variable, qui sont précipitées chimiquement et qui contiennent aussi des impuretés apportées mécaniquement, telles que le sable et l'argile.

¹ MacKenzie (Geo.-C.): "Magnetic Iron Sands", Div. des Mines, Min. des Mines, Canada (1912).

Les dépôts de ce type sont nombreux en plusieurs localités au Canada, surtout dans la vallée du Saint-Laurent (Québec). Aux environs de Knowlton (Ontario), 90 milles au nord-ouest de Fort-William, on rapporte que des minerais de fer des marais se présentent en grandes quantités dans de nombreux lacs et étangs. La première industrie sidérurgique au Canada s'alimentait du minerai de fer des marais utilisé à Trois-Rivières (Québec). Les dépôts que l'on sait avoir eu une valeur commerciale sont épuisés et aucun minerai de ce type n'a été extrait en ces dernières années.

On découvre les dépôts de minerai de fer des marais en examinant l'oxyde de fer hydraté flocculent ou la limonite dans les marais. L'étendue et l'épaisseur sont déterminées par forage à la tarière ou à la perforatrice à tourbe. L'état actuel de l'industrie sidérurgique ne laisse pas prévoir que l'on puisse découvrir au Canada de dépôts de minerai de fer des marais suffisamment riches et assez considérables pour être de quelque valeur économique.

La précipitation souterraine de la limonite se produit parfois dans les roches poreuses, causée par des phénomènes analogues à ceux qui ont engendré les dépôts de minerai de fer des marais, sauf que les conditions de précipitation se présentent aux eaux souterraines à teneur de fer avant qu'elles jaillissent à la surface.

Des exemples de ce type de gisement existent près de Londonderry, en Nouvelle-Ecosse.

(iii) De vastes dépôts sédimentaires composés surtout de minéraux de fer et de silice se présentent au sein des roches stratifiées du précambrien, dans tout le bouclier canadien. Ces roches sont connues sous le nom de formations ferrifères. Des couches composées en grande partie d'hématite oolithique sont interstratifiées à d'autres sédiments (paléozoïques primitifs) au Canada. Ces couches ferrugineuses sont du même type que celles de la formation Clinton (silurien), qui ont donné de grandes quantités de minerai dans l'Alabama et d'autres Etats de l'étendue des Apalaches.

Le type de dépôts Clinton se trouve dans des couches bien distinctes et se compose de façon caractéristique d'oolithes consistant en minces coquilles concentriques de silice à grain fin et d'hématite en alternance. Le principal minerai de fer d'origine britannique maintenant utilisé au Canada provient d'un dépôt de cette nature exploité à Wabana, Terre-Neuve. Des couches de ce type de minerai de fer se rencontrent aussi dans la vallée d'Annapolis, en Nouvelle-Ecosse et au Nouveau-Brunswick.

Les grandes formations ferrifères d'Animikie ou du précambrien récent, près de la baie du Tonnerre et du lac Sutton (Ontario), et aux îles Belcher et autour du golfe Richmond, dans la baie d'Hudson, se composent en partie d'hématite oolithique intimement associée à de la silice à grain fin, et en partie de diverses autres phases, tant oolithiques que finement laminées, dans lesquelles un ou plusieurs des minéraux de fer suivants se présentent avec la silice: magnétite, sidérite et greenalite.

Dans les régions dont le sous-sol est constitué par des formations du précambrien primitif qui se retrouvent par endroits dans tout le bouclier canadien, il existe de vastes zones de formation ferrifère ayant l'apparence

de couches plissées et abruptement inclinées. Elles se composent de façon caractéristique de couches d'hématite et de magnétite, atteignant une épaisseur moyenne de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ pouce, interlaminées avec des couches de silice à grain fin de même épaisseur. Des groupes de ces couches atteignent parfois 100 pieds de puissance; et dans certaines régions elles ont été suivies à la base, en direction, sur plusieurs mille pieds.

Les formations ferrifères du précambrien primitif sont ordinairement associées à des laves andésitiques; les autres formations ferrifères se présentent avec des sédiments schisteux ou carbonatés.

En général, la majeure partie d'un gros massif ferrifère est trop pauvre en fer pour être considérée comme minerai, la teneur moyenne étant d'ordinaire moins de 25 pour cent. Ces formations ferrifères sont, cependant, la source des plus gros et des plus riches gîtes de minerai de fer connus; ces derniers se présentent dans les formations ferrifères et sont censés être des parties de la roche qui ont été affectées par certains phénomènes géologiques ayant causé l'altération et le nouvel agencement des éléments primitifs en rendant le fer susceptible d'utilisation commerciale.

Là où la formation ferrifère a subi une chaleur et une pression intenses, la magnétite s'est formée normalement en proportion plus grande que dans la formation première; elle recristallise parfois et il en résulte une concentration locale de magnétite. Un tonnage considérable de minerai séparé magnétiquement a été obtenu de ce genre de formation ferrifère hautement altérée, à la mine Moose-Mountain, Sellwood (Ont.). Dans la zone ferrifère d'Atikokan, dans le nord-ouest d'Ontario, où la formation ferrifère a été plissée et envahie par du gabbro à grain fin, on a estimé qu'il se trouve des millions de tonnes de minerai magnétique à teneur de soufre. Le minerai produit à la mine de fer d'Atikokan en 1907, 1909, 1910 et 1911 était grillé avant d'être fondu.

Il y a sans doute d'énormes tonnages de magnétite dans plusieurs des zones ferrifères connues dans le nord d'Ontario, et où le minerai sans être riche pourrait donner un excellent rendement par concentration ou par quelque autre procédé d'enrichissement. On a acquis de l'expérience avec les minerais enrichis à des endroits favorablement situés au point de vue du transport et des marchés, notamment à Moose-Mountain et à Port-Arthur, mais on ne produit pas aujourd'hui de minerai dans ces localités. Tant qu'on n'aura pas pu réaliser une exploitation plus profitable, il vaut mieux ne pas inciter les prospecteurs à la recherche de ce type de minerai.

La formation ferrifère, se composant de silice et d'un ou plusieurs des minéraux suivants, carbonate de fer, greenalite et hématite, lorsqu'elle a subi une longue altération et lixiviation par les eaux souterraines, se transforme en minerai d'hématite. Les minéraux à teneur de fer s'altèrent en hématite et la silice associée, qui est sensiblement plus soluble dans les eaux souterraines, est entraînée en solution. La roche ferrugineuse se solidifie avec le temps, par suite du glissement et des nouveaux agencements chimiques de ses constituants. Des massifs minéralisés de ce type affleurent à la surface de la roche à certains endroits dans la formation ferrifère au cours de la période de formation, et ils se prolongent sous terre à des

profondeurs variables et le long de cours détournés tels que développés par la circulation des eaux souterraines dans la formation ferrifère primitive.

Ce type de minerai est la principale source actuelle de fer, mais les gisements canadiens connus, v.g., Loon (Ontario), et la mine Joséphine, district de Michipicoten, sont petits en comparaison de ceux du Minnesota, du Wisconsin et du Michigan et ils ne sont pas exploités. Pour qu'elle soit de la qualité du minerai de fer du lac Supérieur il est nécessaire que la matière contiennent au delà de 50 pour cent de fer et très peu de soufre et de phosphore. Dans les minerais utilisés pour la fonte Bessemer acide, la quantité maximum de phosphore admissible est de 0.001 du pourcentage de fer.

En cherchant du minerai de ce type on devrait examiner les affleurements dans les régions supportées par une formation ferrifère (d'une époque géologique quelconque), en vue de découvrir une partie de la formation riche en hématite et exempte de silice. L'aspect de la matière peut être rouge, brun ou gris bleuâtre foncé, donnant dans tous les cas une poudre rouge lorsque pulvérisée. Comme le dépôt n'est pas un sédiment inaltéré, aucune continuité régulière ni de grandes étendues ne peuvent être présumées entre ou au delà des observations. Des analyses chimiques devraient être faites d'échantillons pris en travers de la substance identifiée sur le terrain comme minerai probable. La détermination de la dimension des massifs de minerai exige une exploration systématique au forage au diamant. Le noyau est ordinairement fendu longitudinalement en deux et analysé en longueurs de 5 pieds chacune.

Dans les régions en grande partie recouvertes de drift, où l'on croit que la formation se présente en grande partie à la surface de la roche massive, tel qu'indiquée sur la carte géologique, l'expérience a démontré que les amas de minerai de ce type peuvent être découverts par un forage systématique dans le drift. Presque toutes les grandes mines de fer des districts de Mesabi et de Cuyuna, au Minnesota, se trouvent dans des dépôts découverts de cette façon; il n'y avait aucune indication superficielle ni dans les affleurements ni dans la nature du drift qui eussent pu révéler la position du minerai. Si l'étude de l'histoire géologique d'une région conduit à la conclusion que les phénomènes ayant engendré le minerai ont agi dans la formation ferrifère de cette région et que le minerai n'a pas subséquemment été érodé par les glaces, les résultats obtenus dans le Minnesota semblent justifier des explorations équivalentes dans les roches semblables que l'on rencontre au Canada.

MANGANÈSE

(*T.-L. Tanton*)

Les minerais de manganèse se composent surtout de pyrolusite (MnO_2), avec 63.2Mn pour cent, et de psilomélane ou wad, un oxyde hydraté de composition variable. Des concentrations de ces minéraux se présentent dans des types de roche semblables à ceux dans lesquels on

trouve les minerais de fer limonitique, et les phénomènes géologiques impliqués dans leur formation sont les mêmes. Ils se présentent sous forme de minerais résiduels et de précipités chimiques de solutions soit en sédiments soit dans des cavités souterraines. Le manganèse est ordinairement contenu en solution sous forme de carbonate ou de sulfate. Ces sels sont plus solubles que les sels de fer correspondants. Quand les solutions souterraines contenant du fer et du manganèse rencontrent des agents de précipitation, les oxydes de fer et de manganèse précipitent séparément. Ainsi, bien que la limonite soit ordinairement associée au minerai de manganèse, il y a une grande variation dans l'intimité de leur association.

Le *minerai résiduel de manganèse* se compose d'oxyde de manganèse noir, ordinairement en nodules concrétionnés, formés par l'altération des roches manganifères. Il existe un gisement de ce type dans les quartzites de la série de Sicker, près du lac Cowichan, île de Vancouver. A cet endroit le minéral manganifère dans la roche inaltérée est la rhodonite, un silicate de manganèse.

Les *minerais tendres de bog-manganèse*, ou wad, sont déposés par les sources près de leurs points d'émergence à la surface du terrain. Les principaux gisements connus au Canada se trouvent au Nouveau-Brunswick, où ils occupent une superficie de plusieurs acres sur des profondeurs variant de quelques pouces à 20 pieds.

Des *gîtes souterrains de minerai dur* se présentent dans le granite altéré et dans les sédiments sous des formes qui ont été décrites comme filons, rognons, bandes, et gros amas en poches. Le bioxyde de manganèse de ces dépôts a précipité des eaux souterraines avant leur émergence à la surface, en partie comme remplissage de cavité, en partie comme remplacement. On connaît des exemples de ce type de dépôts dans les sédiments carbonifères du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Ecosse, et en filons dans le granite à biotite dans le district de New-Ross, en Nouvelle-Ecosse.

Il est possible que de nouvelles découvertes de minerai de manganèse soient faites dans le voisinage des gîtes connus au Canada. Un compte rendu de ces nombreuses localités, ainsi que du mode de gisement à chaque endroit, est donné dans le rapport final de la Commission des Ressources en Munitions, Canada, 1920.

Il se peut aussi que l'on découvre des minerais de manganèse semblables à ceux du district Cuyuna, au Minnesota, dans les formations ferri-fères altérées de l'époque précambrienne du nord d'Ontario.

L'apparence de ces dépôts est surtout caractérisée par la couleur noire de la roche. Elle a aussi la couleur noir geai quand elle est pulvérisée. Dans les dépôts de marais, elle peut avoir une texture gélatineuse ou terreuse ou présenter une structure embryonnaire de matière dure, luisante et noire avec une substance noire terreuse remplissant les interstices. Il y a une tendance aux formes nodulaires et botryoïde dans la matière bien cristallisée. Toute roche renfermant une abondante quantité de minéral noir, terreux ou luisant, assez lourd, devrait être analysée au point de vue du manganèse. Le minerai marchand contient 40 pour cent ou plus de manganèse.

ARGILES, SABLES ET DÉPÔTS CONNEXES

(W.-A. Johnston)

Les argiles sont utilisées dans la fabrication des briques de toutes sortes, de la tuile, des tuyaux d'égout, de la poterie, de la faïence, et pour le modelage. Elles sont aussi employées dans la fabrication du ciment et du papier et de diverses autres façons. Il y a plusieurs variétés d'argile et l'usage qu'on peut en faire dépend en partie de sa nature. Par exemple, une argile qui renferme des quantités appréciables de fondants comme impuretés, telles que la chaux et la magnésie, ne peut être employée avec succès dans la fabrication de la brique réfractaire. Les analyses chimiques peuvent être d'un certain secours pour déterminer la valeur d'un dépôt d'argile à certains usages, mais la meilleure méthode est par essais physiques, car le caractère physique d'une argile ne dépend pas entièrement de sa constitution chimique. L'épreuve de l'argile, afin de déterminer sa valeur pour la fabrication des briques, ou pour d'autres fins, se fait dans les laboratoires de la division des Mines, ministère des Mines, Ottawa. Des échantillons d'au moins 2 livres sont requis pour l'essai préliminaire.

Les argiles du Canada peuvent être groupées en trois catégories: (1) argiles de glaciers, (2) argiles résiduelles et (3) schistes (argiles durcies). Les argiles de chacune de ces catégories ont des caractères propres qui en déterminent dans une certaine mesure la valeur pour fins industrielles.

Les *argiles de glaciers* comprennent les dépôts stratifiés qui se sont formés dans les lacs glaciaires et dans les bras de mer, les dépôts interglaciaires, constitués pendant le retrait de la glace, les argiles non-stratifiées, déposées par les calottes glaciaires, et les argiles alluviales (dépôts de plaine d'inondation des cours d'eau). Tous ces dépôts, sauf les argiles alluviales, se sont constitués pendant l'époque glaciaire. Une partie des argiles alluviales fut déposée par les cours d'eau actuels et une partie par les cours d'eau pendant la phase finale de la glaciation.

Toute ces argiles renferment une grande quantité de fondants qui sont des impuretés (chaux, fer, magnésie et alcalis); par conséquent, elles ne doivent être cuites qu'à une température assez faible dans la fabrication des matériaux de construction, mais aucune ne convient à la fabrication de produits d'argile vitrifiée. Elles servent à la fabrication de la brique ordinaire, des tuyaux d'égout et du ciment. Elles sont aussi parfois employées pour le modelage et pour la fabrication des poteries, mais, en général, pour nulle autre fin.

La nature des argiles varie beaucoup avec les endroits et dépend en grande partie du caractère des roches desquelles s'est formée l'argile par l'action de la glace. Dans les régions supportées par des schistes ou des calcaires impurs, les argiles sont "grasses", c'est-à-dire qu'elles renferment une très grande quantité de matière argileuse fine. Dans les territoires où les roches cristallines dures sont abondantes, comme dans le bouclier canadien, les argiles sont "maigres"; elles contiennent beaucoup de limon et de sable. La plasticité des argiles provient de la présence de grandes quantités de matières extrêmement fines, et certaines argiles, par exemple les argiles sous-jacentes dans la vallée de la rivière Rouge (Manitoba), sont

tellement plastiques qu'elles ne peuvent servir à la fabrication de la brique sans avoir subi au préalable un traitement spécial. D'un autre côté, certaines argiles renferment si peu de matière fine qu'elles ne sont pas suffisamment plastiques pour être travaillées. Si les argiles sont riches en chaux, la brique qui en résulte est blanche ou chamois pâle, la chaux captant le fer pour former un silicate incolore. Le fer est le principal colorant et si la quantité de chaux dans l'argile est faible en proportion du fer, la brique qui en résulte prend une teinte rouge. Dans la plupart des régions l'argile superficielle, jusqu'à une profondeur de 1 à 3 pieds, renferme peu ou point de chaux à cause de l'altération et les briques fabriquées avec cette argile ont une teinte de rouge.

Les argiles de lac glaciaire se présentent en plusieurs endroits dans les Grandes Plaines et dans la région des Grands lacs. Les argiles glacio-marines sont abondantes dans les vallées de l'Ottawa et du Saint-Laurent et se présentent en certains points d'une grande zone autour des baies d'Hudson et James. On sait que les argiles interglaciaires ne se rencontrent qu'à Toronto, mais il en peut exister en d'autres endroits. Elles se distinguent des argiles de lac glaciaire par leur faible teneur en chaux. Elles deviennent, par conséquent, rouges à la cuisson. L'argile glaciaire (argile à blocs), est assez exempte de pierres et de grosses particules de roche pour être employée dans la fabrication de la brique et de la tuile à quelques endroits dans le sud d'Ontario. En général, les argiles à blocs sont trop pierreuses pour être utilisées dans la fabrication de produits argileux et les concrétions et les galets de chaux qui se présentent par endroits dans les argiles de lac glaciaire et glacio-marines, constituent un défaut de ces argiles. Les argiles alluviales se rencontrent le long de plusieurs grands cours d'eau qui débordent aux époques d'inondation. Elles proviennent pour la plupart de l'érosion fluviatile du drift glaciaire. Elles renferment ordinairement de grandes quantités de matière organique ainsi que du sable et du limon fins, et, par conséquent, possèdent une texture perméable et se travaillent plus facilement que les argiles de lac glaciaire ou marines, mais elles ont peu de "consistance". Des argiles de lac glaciaire et marines employées dans la fabrication du ciment existent en maints endroits dans Ontario, Québec et les Grandes Plaines. Les matières premières employées dans la fabrication du ciment se composent de 75 pour cent de carbonate de calcium (calcaire, marne ou craie) et de 25 pour cent d'argile. L'argile doit être exempte en autant que possible de grosses particules rocheuses, de gravier et de concrétions, et avoir une teneur assez faible et uniforme en impuretés fondantes.

Les argiles résiduelles résultent de l'altération et de la lixiviation des roches par les eaux superficielles et d'infiltration. Certains types peuvent s'être formés par l'action de vapeur contenant des agents chimiques, ou par des solutions chaudes ascendantes. Ces agents altèrent les minéraux alumineux dans les roches, tels que le feldspath, en kaolin, la forme d'argile la plus pure, et enlèvent les éléments solubles, tels que la chaux, la magnésie, la soude et la potasse. L'argile peut être impure et contenir des composés ferreux et des minéraux résistants tels que le quartz, le mica et les minéraux associés, ou peut se composer en grande partie de kaolin (selon le caractère de la roche d'où elle provient). L'argile résiduelle la plus appréciée est le

kaolin provenant des granites et des pegmatites. Le kaolin pur est blanc, reste blanc à la cuisson et constitue la plus réfractaire des argiles. La plupart des gisements de kaolin sont impurs et le kaolin brut doit être préparé par un procédé de lavage qui enlève les impuretés. La fine argile blanche ainsi obtenue est connue sous le nom de terre à porcelaine. La plupart des argiles résiduelles ont été formées en place au-dessus ou dans les roches d'où elles ont émané. Quelques-unes ont été charriées par les cours d'eau et déposées de nouveau en couches. Les gisements connus au Canada appartiennent au tertiaire ou au mésozoïque.

Les argiles résiduelles ne se présentent que rarement au Canada, en partie à cause des effets de la glaciation. Un dépôt de kaolin provenant de la décomposition d'un dyke de diabase se présente dans la mine de fer abandonnée Helen, district de Michipicoten (Ontario). Le seul gisement de kaolin qui ait été exploité au Canada se trouve à Saint-Rémi-d'Amherst (Québec). D'assez vastes dépôts d'argile mésozoïque de haute qualité, probablement formés d'argiles résiduelles qui ont été charriées, se rencontrent le long des rivières Missinaibi et Mattagami, dans le nord d'Ontario. Il existe de petites étendues d'argiles quelque peu semblables à Middle-Musquodoboit et Shubenacadie, en Nouvelle-Ecosse, de grandes étendues dans le sud de la Saskatchewan et dans le nord de l'Alberta, au nord de McMurray, sur la rivière Athabaska et ses tributaires. De l'argile résiduelle réfractaire existe à Kyuquot sur l'île de Vancouver. La présence des argiles résiduelles formées sur place dans quelques localités indique que d'autres peuvent exister en dépit de l'érosion glaciaire. Des argiles résiduelles charriées doivent très probablement se trouver dans des dépôts tertiaires ou mésozoïques légèrement consolidés. Elles peuvent aussi exister comme résultat de l'altération de la lave et des tufs. Certaines argiles résiduelles sont réfractaires, c'est-à-dire qu'elles résistent à un degré élevé de température sans s'amollir; d'autres sont aussi réfractaires, mais cuisent en un corps très dense aux températures auxquelles l'argile reste perméable et poreuse, et sont appelées argiles à poterie. Il est impossible de déterminer définitivement sur le terrain la nature d'une argile, mais presque toutes les argiles de haute qualité sont blanches ou gris clair. Cependant, quelques-unes sont tachetées, rosâtres et même noires.

Les argiles qui supportent des couches de houille et parfois celles qui les surmontent, ont été lixiviées par endroits par les eaux souterraines et peuvent être considérées en partie comme des argiles résiduelles. Les mineurs ont l'habitude de désigner par argile réfractaire toutes les argiles et les schistes sous-jacentes à des couches de houille, mais bien que les argiles sous-jacentes en certains points du globe soient des argiles réfractaires, plusieurs ne le sont pas. De l'argile réfractaire de haute qualité associée aux couches de houille se présente près de Clayburn dans la vallée du fleuve Fraser, en Colombie britannique. Du grand nombre d'argiles et de schistes formant le sous-sol des couches de houille dans les Provinces maritimes, qui ont été éprouvées, une seule s'est montrée réfractaire; il en est de même de celles de l'Alberta et de la Saskatchewan.

Les schistes qui deviennent plastiques quand ils sont broyés fins constituent la matière première dans la fabrication des produits argileux, de même que les argiles, et sont plus considérablement utilisés que celles-ci.

Plusieurs schistes ne sont que légèrement durcis et sont fréquemment considérés comme des argiles. Ils sont employés de préférence aux argiles parce qu'ils donnent souvent un produit plus compact et plus résistant. Ils séchent mieux que l'argile, leur retrait est moindre et surcuissent difficilement. Par contre les schistes ne peuvent pas être travaillés par les méthodes simples et avec l'outillage courant employé pour les argiles. Comme dans le cas des argiles, la nature des schistes détermine en grande partie les variétés de produits argileux qu'on en peut fabriquer.

Des schistes de diverses variétés et de différents âges, du précambrien ou du tertiaire, sont employés au Canada dans la fabrication des produits argileux, soit seuls soit mélangés avec l'argile. Les schistes du Carbonifère inférieur et des assises carbonifères des Provinces maritimes sont utilisés dans la fabrication de la brique comprimée, des tuyaux d'égout, des tuyaux de drainage et de la brique semi-réfractaire. Dans Québec, les schistes des formations de Sillery, de Lévis, d'Utica-Lorraine et de Médina, sont employés dans la fabrication de la brique ordinaire, des blocs de pavage et des tuyaux d'égout. Les schistes de Lorraine et de Queenston (ordoviciens) sont les principaux schistes utilisés en Ontario, les produits argileux étant des briques pressées à sec, à face rugueuse et coupées au fil de fer, ainsi que diverses sortes de tuiles. Dans les Grandes-Plaines, les schistes des formations de Pierre, de Belly-River, d'Edmonton et du Tertiaire, servent ou pourraient servir à la fabrication de produits argileux. Une importante série d'argiles réfractaires et semi-réfractaires se présente dans les formations de Whitemud et de Ravenscrag dans les régions de Dert-Hills et de Willowbunch, au sud de la Saskatchewan, et semi-réfractaires dans les collines Cypress. Des argiles semi-réfractaires se rencontrent aussi dans la formation de Belly-River, dans le district de Medicine-Hat, en Alberta. Les schistes tertiaires au mont Sumas et à la montagne Bleue dans la vallée du fleuve Fraser, en Colombie britannique, donnent des argiles réfractaires et semi-réfractaires propres à la fabrication de la brique réfractaire et des produits vitrifiés.

Les cartes géologiques indiquent la répartition des formations qui renferment des schistes dans plusieurs régions au Canada et constituent de bons guides pour la prospection des argiles.

Les sables sont employés dans la fabrication de la brique silico-calcaire, du mortier, du ciment, du béton, dans le mélange d'argile, comme sable de séparation dans la fabrication de la brique, comme corps de remplissage dans le stuc, comme sables de moulage et à noyau, pour la fabrication du verre et à plusieurs autres fins. Pour la construction, les sables n'ont pas besoin d'être purs et proviennent pour la plupart du drift glaciaire. Toutefois, ils doivent posséder certaines propriétés pour le moulage, la verrerie, et pour d'autres fins spéciales, telles que la fabrication de la brique silico-calcaire et du carborundum. Le sable de moulage est un mélange de sable et d'un agglomérant qui est ordinairement une argile impure contenant de l'oxyde de fer. La grosseur du grain, la fusibilité du sable et la proportion de l'agglomérant dépendent des fins auxquelles les sables sont destinés. Pour les travaux à haute température, tels que les moulages d'acier, le sable réfractaire à grain relativement gros avec une quantité limitée d'agglomérant est le plus satisfaisant. Pour les petits

moulages en fer les types intermédiaires de sable sont utilisés; pour les lourds moulages en fer, le sable avec un agglomérant d'argile très lourd est nécessaire.

Pour la fabrication du verre, des sables riches en silice, faibles en fer sont requis, de préférence de grosseur moyenne, de qualité uniforme et à grain anguleux. Le sable doit contenir plus de 99 pour cent de silice. L'oxyde de fer est l'impureté la plus fréquente et ne doit pas excéder 0.20 pour cent, sauf lorsque le sable sert à la fabrication des bouteilles foncées.

Les sables employés dans la fabrication de la brique silico-calcaire et du carborundum exigent même un plus fort pourcentage en silice que les sables à verre. Il est nécessaire qu'ils renferment très peu d'impuretés fondantes.

Les sables qui sont de la silice presque pure ne se rencontrent pas en général dans le drift glaciaire; le seul dépôt connu se trouve à Beauséjour, dans l'est du Manitoba, où on obtenait autrefois le sable pour la fabrication du verre à bouteille. On les trouve à quelques endroits dans des dépôts mésozoïques légèrement consolidés dans le nord d'Ontario. Leur principale source sont les quartzites du précambrien, comme au Sault Sainte-Marie, dans le grès de Potsdam d'Ontario et de Québec, dans le grès crétacé inférieur dans le nord-ouest du Manitoba et le nord de la Saskatchewan, et dans les quartzites cambriens dans les montagnes Rocheuses du sud. Le sable de moulage se présente dans le drift glaciaire à un certain nombre d'endroits, tels qu'à la voie d'évitement de Melbourne (Manitoba), et près de Brockville (Ontario).

La *terre à foulon* est une matière semblable à l'argile, blanc verdâtre ou grise, vert olive ou brunâtre pâle et onctueuse au toucher. Elle a un fort pouvoir absorbant pour plusieurs substances et on l'emploie pour le blanchiment de l'huile de coton et du saindoux. Elle existe au Canada.

La *bauxite* est un oxyde d'aluminium hydraté, et l'argile pure, un silicate hydraté d'aluminium. C'est le seul minerai d'aluminium actuellement en usage. Dans certains cas elle ressemble beaucoup à l'argile, mais plus souvent elle possède une structure pisolitique, c'est-à-dire composée de petits amas arrondis. La meilleure qualité de bauxite contient 57 ou 58 pour cent d'oxyde d'aluminium. On n'a pas trouvé de bauxite au Canada. Des dépôts apparentés à la bauxite se présentent, toutefois, près de Sooke, sur l'île de Vancouver. Ils renferment de 20 à 30 pour cent d'oxyde d'aluminium.

La *terre à diatomées* est une matière terreuse et siliceuse, composée des parties siliceuses des diatomées déposées dans les étangs. Elle est blanche ou grise et parfois brun grisâtre. On l'emploie comme matière abrasive, comme isolant de la chaleur, pour le filtrage et à d'autres fins moins importantes. Elle se présente en maints endroits en Nouvelle-Ecosse et au Nouveau-Brunswick. Tous les dépôts exploités ont été rendus accessibles par l'assèchement des lacs dans lesquels elle a été trouvée. Elle se présente aussi en couches dans les dépôts tertiaires dans la vallée du fleuve Fraser, près de Quesnel, en Colombie britannique.

Marne.—Au Canada le terme de marne ne s'applique qu'aux dépôts crayeux et friables de carbonate de chaux, trouvés en plusieurs endroits

sous des couches de tourbe ou au fond de petits lacs. Par suite de sa nature tendre, de sa blancheur et de sa légère plasticité, elle peut être prise pour du kaolin.

La *bentonite* est une argile pâle, extrêmement plastique qui, lorsqu'elle est saturée d'eau, se dilate à plusieurs fois son volume. Elle se présente en minces couches à plusieurs endroits dans les dépôts crétacés et tertiaires des Grandes-Plaines et de la Colombie britannique. On peut l'employer comme absorbant, comme agent de consistance dans les explosifs et les engrais chimiques, dans la fabrication des lubrifiants, des peintures, du papier, des savons et d'autres façons.

Le *ciment naturel* est un calcaire impur qui contient environ 75 pour cent de carbonate de calcium et 25 pour cent d'argile. Il n'exige que la cuisson et le broyage pour produire un ciment à prise lente. Il se présente dans la formation de Niobrara à certains endroits du sud-ouest du Manitoba, et fut employé dans la fabrication du ciment près de Leary (Manitoba).

BIBLIOGRAPHIE

- Ries (H.), et Keele (J.): "Rapport sur les dépôts d'argiles et de schistes des provinces de l'ouest;" Com. géol. Can., Mém. 24E, partie III (1912); Mém. 25, parties IV et V (1913); Mém. 65 et 66 (1915).
- Keele (J.): "Argiles et schistes du Nouveau-Brunswick"; Com. géol., Canada, Mém. 44 (1914).
- "Argiles et schistes de la province de Québec"; Com. géol., Canada, Mém. 64 (1914).
- "Rap. préliminaire sur les argiles et schistes d'Ontario"; Com. géol., Canada, Mém. 142 (1924).
- Davis (N.-B.): "Rapport sur les ressources en argile du sud de la Saskatchewan"; Div. des Mines, Min. des Mines, Canada, n° 468 (1918).
- Cole (L.-Heber): "Silice au Canada, partie E, l'Est du Canada"; Div. des Mines, Min. des Mines, Canada, n° 555 (1923).
- Spence (Hugh-S.): "Bentonite", Div. des Mines, Min. des Mines, Canada, n° 626 (1924).

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

(F.-A. Kerr)

Sous ce titre sont groupés un grand nombre de produits, provenant surtout de l'extraction en carrières, plutôt que des mines. Les matériaux les plus importants peuvent être classés en trois grandes catégories: sédimentaires, ignés et métamorphiques.

	Principaux usages
	Grès—pierre de construction, meules abrasives, meules à défibrage, brique silico-calcaire, pierre réfractaire
Sédimentaires	Calcaire, (et dolomie)—pierre de construction et d'ornementation, ¹ ciment, enrochement, blocaille, planchers en terrazzo, stuc, surfaçage en béton, fondant

¹ "Ornementation" comprend la décoration extérieure et intérieure, cloisons, dessus de tabl., monuments et objets de sculpture.

	Principaux usages
Ignés	Granites, etc.—pierre de construction et d'ornementation, ¹ pierre concassée, enrochement, blocaille, blocs de pavage
	Basalte—pierre concassée, blocs de pavage, meules à défibrage
Métamorphiques	Ardoise—toiture, tableaux noirs, dessus de tables de billard, centrales téléphoniques, dallage, voûtes, granules pour papier d'asphalte à toiture (y compris bardeaux de composition), peinture, stuc, enduit pour toile cirée, ardoises d'écolier, surfaçage en béton, planchers en terrazzo.
	Marbre (y compris le calcaire cristallin à gros et à grain fin), voir Calcaire
	Gneiss—pierre de construction et d'ornementation ¹
	Quartzite—blocs de pavage, pierre de construction, brique silico-calcaire, pierre réfractaire
	Serpentine—pierre d'ornementation ¹ et de construction, granules pour toiture.
	Talc et stéatite—cuves à laver, articles sanitaires, tables et citernes de laboratoire, centrales téléphoniques.

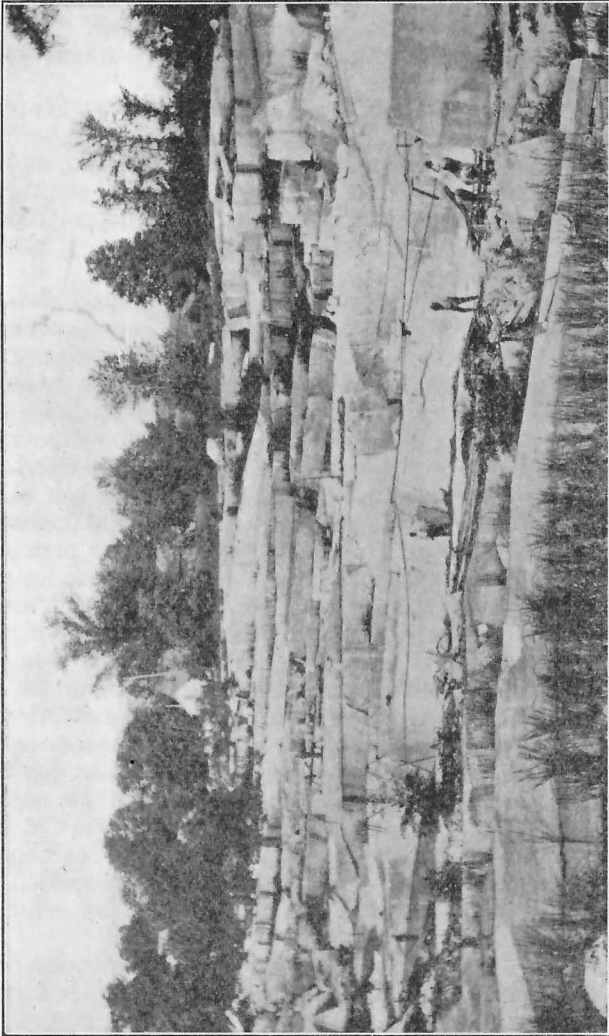
PRINCIPALES QUALITÉS REQUISES

Les principales qualités exigées d'une pierre de construction sont la résistance, la durabilité, la couleur et la facilité de taille. Presque toutes les pierres sont suffisamment résistantes pour les fins ordinaires de construction. Toutefois, la pierre doit être assez exempte de joints, de plans de dislocation, de cavités, de plans de stratification marqués et d'autres faiblesses susceptibles de développer des fractures. On peut se rendre un peu compte de la durabilité sur le terrain en observant l'effet de l'altération sur des surfaces exposées au jour; la dureté, la porosité, la composition, les impuretés et le manque d'uniformité exercent une influence importante sur cette qualité. La pierre doit posséder une couleur plaisante et durable; si elle est choisie pour une fin spéciale, elle devrait correspondre avec l'entourage. La marcasite, la pyrite et les carbonates de fer, s'ils sont présents en quantité un tant soit peu appréciable, constituent de graves défauts, de même que la présence de beaucoup de bitume dans le calcaire ou le marbre. Ils s'altèrent rapidement, affaiblissent la pierre et développent des taches de rouille. Une pierre difficile à tailler a peu de valeur. Les plans de séparation ou les fractures plus ou moins horizontales sont absolument indispensables à l'extraction du granite en carrière.

Certains joints verticaux et, dans les sédiments, quelques plans de stratification distincts sont parfois utiles, mais la plupart des exploitants de carrière utilisant des machines modernes pour le débitage, préfèrent qu'il

¹ "Ornementation" comprend la décoration extérieure et intérieure, cloisons, dessus de table, monuments et objets de sculpture.

PLANCHE VII



Carrière de la Stanstead Granite Company, Graniteville (Québec). Carrière de granite montrant les plans de séparation

ne s'en trouve pas. Les meilleurs granites ont un grain et un délit bien développés—deux directions à angles droits suivant lesquelles la roche se fend assez facilement. Plusieurs des pierres sédimentaires les plus estimées, quand elles sont exposées à l'air libre pour la première fois, sont tendres et faciles à tailler, mais durcissent en séchant. L'uniformité de couleur, de texture, de dureté et des autres traits caractéristiques sont généralement désirés. Les nodules, les concrétions, les veines, les ségrégations et les stries diminuent la valeur de la pierre.

Pour fins d'ornementation les qualités exigées sont en général les mêmes que celles qu'on requiert de la pierre de construction. La teinte ou l'agencement des teintes sont des éléments importants. Le manque d'uniformité dans la teinte, surtout dans les marbres, est parfois une qualité plutôt qu'un défaut. La valeur décorative d'un matériau réside en grande partie dans sa beauté, l'absence de taches et la facilité avec laquelle il peut être taillé, gravé et poli.

Dans l'ardoise pour toiture et autres fins la plupart des éléments qui diminuent la valeur des pierres de construction sont aussi nuisibles. La valeur de l'ardoise dépend surtout de sa facilité de clivage, c'est-à-dire sa tendance à se séparer en minces feuillets. Plus la surface de ces feuillets est lisse et plane, meilleure est l'ardoise. Le grain ou la tendance à se fendre à angles droits sur le clivage, doit être assez bien développé pour permettre le fendage, mais pas au point d'entraîner la rupture sous l'effort. Une bonne ardoise, quand elle est suspendue et frappée, rend un son caractéristique. Sa résistance peut être éprouvée en posant un feuillet d'épaisseur ordinaire sur des supports à chaque extrémité et en exerçant une pression au centre. Si elle plie sans se briser, c'est un signe de sa qualité, car les ardoises élastiques sont moins susceptibles de se briser au fendage. L'ardoise ne doit pas être friable au point de se fendiller quand les trous de clou sont percés dans les feuillets. La stratification ou le rubanement bien visibles sont souvent des signes de faiblesse. La présence de beaucoup de carbonate de calcium, dont on peut se rendre compte à l'aide d'acide chlorhydrique, diminue souvent la durabilité de l'ardoise. Les taches causées par la présence de matière organique dans le dépôt primitif diminuent la qualité. La détérioration de la couleur est un défaut, bien qu'elle n'indique pas toujours une perte de résistance; et elle est même négligeable lorsqu'elle est uniforme.

Les ardoises vertes sont les plus sujettes à pâlir. Une abondante quantité de magnétite, qui est découverte par broyage et extraction à l'aide d'un aimant, rend l'ardoise impropre à son emploi pour les centrales téléphoniques.

L'ardoise verte et rouge, la roche verte et la serpentine sont fréquemment employées en granules dans la fabrication du papier d'asphalte à toiture. Les déchets de carrières d'ardoise à toiture, en général, ne sont pas employés à cette fin, bien que leur emploi soit possible. Bien que certains traits caractéristiques d'une bonne pierre de construction et d'une bonne ardoise à toiture soient désirables, beaucoup ne sont pas nécessaires parce que la matière est broyée très fin et incorporée à l'asphalte. Elle doit être assez facile à broyer, mais ne doit pas cependant produire trop de fins. Elle doit posséder en autant que possible les propriétés de durabilité de l'ardoise à toiture.

Pour le stuc, le surfacage en béton et les planchers en terrazzo, l'ardoise de diverses couleurs, le calcaire et le marbre sont employés. Le fait qu'ils sont faciles à briser et à broyer et qu'en général ils sont aussi durables que la gangue employée pour les cimenter leur donne la préférence sur d'autres matériaux, bien que plusieurs autres roches ignées et métamorphiques puissent être utilisées. Les roches de teintes brillantes telles que l'ardoise verte et rouge, le marbre blanc et gris sont en général préférées. Le calcaire grossièrement cristallin, à cause de ses nombreuses facettes étincelantes, sert à l'ornementation. Le granite et les autres roches ignées servent souvent à donner un fini imitant la pierre véritable. Quoique plusieurs matériaux s'adaptent à cette fin, le choix de la pierre à utiliser doit être déterminé, dans une certaine mesure, par les mêmes exigences que pour les autres matériaux de construction.

Le grès est le plus fréquemment employé dans la fabrication des meules abrasives, des meules à défibrage et des autres abrasifs. Le trait caractéristique essentiel, à part ceux qui sont assez généraux pour les matériaux de construction, est celui de toujours présenter une surface rugueuse pendant qu'il est en usage. Les grains du grès doivent être fermement maintenus en place; mais l'agglomérant doit être suffisamment tendre ou peu abondant pour s'user plus rapidement que les grains, leur permettant ainsi de toujours faire saillie. Pour les meules à défibrage, les grains doivent être de grosseur moyenne et presque anguleux; les grains anguleux coupent la fibre et les grains arrondis tendent à la polir. La taille préférée du grain varie quelque peu suivant la qualité de la pulpe requise. La roche doit être suffisamment uniforme et exempte de fissures, d'abord, pour qu'il soit possible d'en obtenir de gros blocs, et, en second lieu, pour assurer une usure uniforme. Elle doit pouvoir résister à des efforts considérables, et cependant être facile à tailler et à façonner. La pierre en général durcit considérablement en séchant. Les meules à défibrage sont fabriquées avec de la lave vésiculaire en Allemagne. Les mêmes qualités seraient requises de cette lave que du grès.

Dans tous les cas, si l'on doit entreprendre de grands travaux, un grand nombre d'épreuves de laboratoire doivent être effectuées sur le produit avant de faire de grands déboursés. Ces derniers sont décrits par le détail dans plusieurs des ouvrages de référence cités à la fin de cette partie du volume. La Division des Mines, Ministère des Mines, à Ottawa, est en mesure d'exécuter la plupart de ces essais et de fournir des renseignements quant à l'endroit où ils peuvent être faits.

Les plus importantes propriétés d'une pierre concassée comme matériaux de voirie sont la dureté, le ténacité, la résistance à l'abrasion et la puissance agglomérante. La dureté est le pouvoir de résister à l'abrasion causée par le sable. La ténacité est la résistance aux chocs, par exemple celui du sabot d'un cheval ferré. La résistance à l'abrasion c'est la propriété de s'user quand des fragments sont frottés ensemble. Par puissance agglomérante, on entend les propriétés liantes des matériaux de voirie. La qualité de la pierre sous ces rapports, comme pour d'autres fins de construction, peut être déterminée, autrement que par l'usage réel, au moyen d'essais de laboratoire qui sont décrits dans les publications mentionnées dans la liste et peuvent être faits par la Division des Mines, Ministère des Mines, Ottawa.

Un très grand nombre de roches ont été employées et éprouvées; de fait il y en a très peu qui n'aient été mises en usage. Les essais de chaque sorte ont révélé des degrés divers de qualité, et, si possible, il vaut mieux exiger une roche qui répond à certaines spécifications plutôt qu'un matériau défini. En général l'ordre de préférence suivant peut être cité (dans tous les cas la matière fraîche est supérieure à la matière altérée):

Le trapp, et, en général, les roches basiques à grain fin (surtout de couleur foncée) durs, tenaces, de forte résistance à l'abrasion et possédant une bonne puissance si la circulation est assez lourde pour user la roche.

Les roches basiques à gros grain (surtout de couleur foncée); les propriétés d'usure ne sont pas aussi bonnes que celles du groupe précédent. Leur valeur cimentante et leur dureté à peu près égales à celles du trapp, mais leur tenacité est inférieure.

Les roches acides à gros grain, telles que le granite (surtout de couleur claire) faible ténacité et médiocre puissance agglomérante; les propriétés d'usure sont à peu près équivalentes à celles du second groupe. En général, plus le grain est fin, meilleur est le matériel.

Les ardoises, argilites, etc.: ces dernières résistent assez bien à l'usure et possèdent une dureté et une ténacité faible et une puissance agglomérante moyenne. Les ardoises et les schistes se fendent facilement en éclats ce qui est préjudiciable.

Les quartzites et les grès: ces derniers possèdent de bonnes qualités d'usure et une bonne tenacité; mais leur valeur cimentante est faible; par conséquent, il ne faut pas les employer seuls.

Le calcaire: faible ténacité et dureté, résistance médiocre à l'usure, sauf là où la circulation est légère, et une bonne puissance agglomérante.

Pour les blocs de pavage les propriétés essentielles sont la résistance à l'intempérisme et une résistance suffisante à l'abrasion pour empêcher leur usure en s'arrondissant et en se polissant sous le trafic. Le granite est le plus employé parce qu'il se fend facilement. Le trapp, toutefois, est plus dur et plus tenace et s'use assez uniformément, sans s'arrondir comme le granite.

PROSPECTION EN VUE DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

La faible valeur en comparaison du volume et de la pesanteur de tous ces produits fait qu'il est essentiel que tout dépôt soit accessible au transport à bon marché et pas trop éloigné des marchés, bien qu'une abondance de matériaux d'une qualité exceptionnelle puisse compenser, dans quelques rares cas, les difficultés de transport et l'éloignement.

Les matériaux sédimentaires de construction proviennent de strates paléozoïques et mésozoïques, qui n'ont pas été trop plissées ou altérées. Dans la prospection, les couches inclinées présentent un avantage en exposant à l'inspection un plus grand nombre de couches; de même dans les travaux d'extraction, en diminuant la quantité de dépouillement. Toutefois, les couches légèrement inclinées ou horizontales sont en général de meilleure qualité. Elles sont moins sujettes à être beaucoup fracturées ou jointées. Elles ne fournissent d'ordinaire que trois plans de cassure: les plans de stratification et deux systèmes de joints verticaux qui permettent d'extraire assez facilement des blocs rugueux rectangulaires. Le plissement développe souvent des fractures et des systèmes de joints irréguliers qui recoupent

obliquement la stratification. La distance entre les plans de stratification et leur développement net sont importants. Les strates qui ont été envahies par des amas de roches ignées ou recoupées par des dykes ou des filons doivent être évitées. La présence de ces derniers ajoute aux rebuts et occasionne des difficultés dans l'extraction, et leur injection peut avoir développé des fractures, altéré la roche et autrement diminué sa valeur. Les couches de roches à la surface sont rarement bonnes à cause d'une longue altération, mais elles peuvent servir à donner une idée de la durabilité du matériau, et d'une façon générale à indiquer la nature du gisement.

Les roches ignées peuvent appartenir à n'importe quelle époque. Il est généralement important qu'elles n'aient pas trop profondément été déformées par les plissements ou les failles, ni envahies ni recoupées par d'autres roches ignées ou des filons. La qualité de la pierre dans les massifs intrusifs tels que le granite dépend en grande partie de sa position dans l'amas éruptif. Presque tous les traits caractéristiques importants de la roche sont plus variables près du contact, et les ségrégations, les inclusions, les filons et autres agents qui affectent la qualité de la pierre y sont plus généralisés. En conséquence, la pierre la plus uniforme, et généralement la meilleure, devrait être trouvée normalement à une certaine distance du contact, c'est-à-dire à ces endroits dans les affleurements qui sont les plus éloignés de la roche sédimentaire ou de toute autre roche envahie. Parfois ce n'est pas le cas, car le toit de l'amas igné peut avoir été plat ou concave, de sorte que le centre de l'affleurement ne représente pas la partie de l'amas la plus éloignée du contact originel. Les dykes et les petits amas fournissent rarement le meilleur matériau. Les gisements à surfaces en dômes aplati fournissent, en général, les meilleures fractures — des fractures plus ou moins horizontales qui sont essentielles à l'extraction du granite. La nature des fractures peut rarement être constatée sans travaux préliminaires, bien qu'une coupe artificielle, comme le long d'un chemin de fer, ou une coupe naturelle, comme dans un canyon de ruisseaux, peut la révéler dans quelques rares cas. Pour d'autres fins que celle de la construction et de l'ornementation, plusieurs des considérations précédentes ne doivent pas affecter le choix d'un emplacement de carrière. Quoique la nature des roches ignées à la surface ne soit jamais un critère sûr de leur valeur réelle, en maintes parties du Canada où des surfaces fort érodées par les glaces ont été laissées, elle donnera généralement une assez bonne idée de ce qu'on peut s'attendre de rencontrer en profondeur.

Les roches métamorphiques, autres que la serpentine, le talc et la stéatite dans l'est du Canada, sont confinées aux séries plus anciennes que le carbonifère, mais en Colombie britannique celles de l'époque mésozoïque peuvent se ranger dans ce groupe. Des matériaux de ce type ne se présentent que dans des régions où la roche a été soumise à une grande chaleur et à une forte pression avec, en général, un plissement intense. La direction et le pendage de la stratification n'affectent pas beaucoup l'extraction, sauf là où la bande qui doit être exploitée est assez mince et doit être suivie attentivement — alors la direction et le pendage sont très importants. Le développement d'un gisement de cette sorte est très coûteux et ne doit être entrepris que pour un matériau de qualité exceptionnelle. La propriété de clivage de l'ardoise varie considérablement le long et en travers de l'allure par suite des variations dans la composition et dans les conditions où le

clivage s'est développé. La nature friable de l'ardoise rend improbable l'obtention d'un bon matériau près de la surface, et le marbre à cause de sa solubilité est généralement de médiocre qualité là où il est soumis à l'action des eaux superficielles. Les étendues renfermant des intrusions de roches ignées, des filons et des failles, doivent être évitées autant que possible. Par suite de la déformation des roches, il est toujours important de les examiner avec soin afin de s'assurer d'une étendue assez grande, de préférence pas étroite dans toute direction, dans laquelle la qualité soit bonne.

Dans le choix d'un emplacement de carrière, il faut s'assurer avec grand soin de la qualité et de l'uniformité du matériau, de pourvoir à un bon égouttement et de ménager suffisamment de terrain pour les déchets et d'éviter le dépouillement inutile. Les déboursés de l'installation d'un atelier et de la mise en opération ne doivent jamais excéder ceux qui sont garantis par l'approvisionnement connu de matériaux de bonne qualité. En d'autres termes on doit d'abord s'assurer qu'il soit possible d'obtenir la quantité et la qualité désirées. Des carrières situées dans des terrains bas entraînent presque invariablement des frais additionnels de pompage afin de maintenir les chantiers à sec. Si l'emplacement se trouve en terrain élevé ou en pente, ou près d'une vallée profonde, le drainage naturel suffit généralement. Toutefois, un approvisionnement suffisant d'eau est en même temps essentiel aux travaux. Dans certaines carrières on a recourt à un puisard dans ce but, mais il est préférable d'obtenir l'eau d'une autre source, éloignée des chantiers. Autant que possible l'emplacement d'une carrière doit être situé là où il y a le moins de mort-terrain. Dans certains cas, un emplacement sur une légère pente exige moins de dépouillement. Une pente offre aussi, dans plusieurs cas, de meilleures conditions de travail, parce que la carrière prend la forme d'une coupe. Le sommet et un des côtés des blocs qui doivent être débités sont plus facilement mis à jour et le transport en est simplifié. Les espaces réservés aux rebuts doivent être assez loin, de manière à ne pas nuire à l'expansion des travaux d'extraction.

On trouvera de plus amples renseignements sur ce sujet et d'autres connexes, y compris l'extraction, dans les publications suivantes:

BIBLIOGRAPHIE

- Manuels sur la géologie appliquée. Chapitres sur les matériaux de constructions, les abrasifs, les pierres de construction, et matériaux de voirie.
- Cole (L.-Heber): "Essais sur certains grès canadiens pour déterminer leur adaptation à la fabrication des meules à défilage"; Div. des Mines, Min. des Mines, Canada, Bull. n° 19 (1917).
- Cole (L. Heber): "La silice au Canada"; Div. des Mines, Min. des Mines, Canada, n° 555 (1923).
- Cole (L.-Heber) et Keele (Joseph). "Matériaux de construction le long du Saint-Laurent, entre Prescott (Ont.), et Lachine (Qué.)"; Div. des Mines, Min. des Mines, Canada, n° 549 (1922).
- Parks (Wm.-A.): "Pierres de construction et d'ornementation du Canada"; Div. des Mines, Min. des Mines, Canada, vol. I, rap. n° 100; vol. II, n° 280; vol. III, n° 389; vol. IV, n° 388; vol. V, n° 452.
- Plusieurs autres publications sur les matériaux de voirie de la Div. des Mines, Min. des Mines, Canada.
- Ries et Watson; "Engineering Geology", 1915.
- Ladoo (R.-B.): "Non-metallic Minerals", 1925.
- Les publications du Service géologique des États-Unis, par T.-N. Dale et Oliver Knowles.

CHAPITRE IV

ESQUISSE DE LA GÉOLOGIE DU CANADA

(F.-J. Alcock)

Au point de vue de la topographie et de la géologie, le Canada se partage naturellement en six grands territoires ou provinces. La plus grande est le Bouclier canadien, une vaste étendue de 2,000,000 milles carrés entourant presque complètement la baie d'Hudson. C'est une région en forme de plateau qui s'élève en certains points à plus de 1,500 ou 2,000 pieds au-dessus de la mer, sauf dans le nord-est de Québec et le Labrador. Il est recouvert d'innombrables lacs de toutes dimensions et son sous-sol est en majeure partie formé de roches précambriennes. Il est borné au sud par les basses terres du Saint-Laurent, une région en forme de plaine reposant sur des strates en pente douce de l'époque paléozoïque, s'étendant du cours inférieur du Saint-Laurent vers l'ouest, à travers l'Ontario, jusqu'au lac Huron. A l'ouest du bouclier se trouvent les Grandes Plaines qui s'étendent vers l'ouest jusqu'aux Rocheuses et des Etats-Unis, vers le nord, jusqu'à l'océan Arctique. Elles forment une région de plaines et de plateaux supportée par des couches presque horizontales ou légèrement disloquées des époques paléozoïque, mésozoïque et tertiaire. Une quatrième province physiographique occupe le nord du bouclier. Elle comprend les îles de l'archipel arctique et se compose d'une série de plateaux formés de strates en pente douce. Dans cette province sont comprises les basses terres de la marge sud-ouest de la baie d'Hudson, reposant sur des assises paléozoïques en plateau.

Les deux autres provinces se trouvent dans l'extrême-est et l'extrême-ouest du Canada. Elles sont en grande partie supportées par des strates disloquées. La province de l'est comprend les Provinces maritimes et une partie de la province de Québec au sud du fleuve Saint-Laurent. Elle est connue sous le nom de province physiographique des Apalaches et de l'Acadie. Elle est en majeure partie constituée par une contrée montagneuse ou accidentée. La province de l'ouest est la grande région des Cordillères de la Colombie britannique et du Yukon, une région de chaînes de montagnes et de plateaux, avec de grandes différences de relief.

LE BOUCLIER CANADIEN

Le Bouclier canadien tient son nom de sa forme triangulaire, rappelant un bouclier dont le sommet serait tourné vers le sud. On le décrit aussi fréquemment comme une région en forme de V ayant un bras de chaque côté de la baie d'Hudson. La superficie de cette vaste province est de 1,825,000 milles carrés, soit environ la moitié des 3,729,665 milles carrés

qu'occupe le Canada. Il s'étend du Labrador à l'est, aux grands lacs du bassin du Mackenzie à l'ouest, et du sud d'Ontario ou 44° de latitude nord, jusqu'à l'océan arctique.

Malgré son immense superficie, une grande similitude persiste dans toute la région. Ceci est surtout vrai au point de vue de la topographie. Sur presque toute son étendue le trait le plus caractéristique est son bas relief.

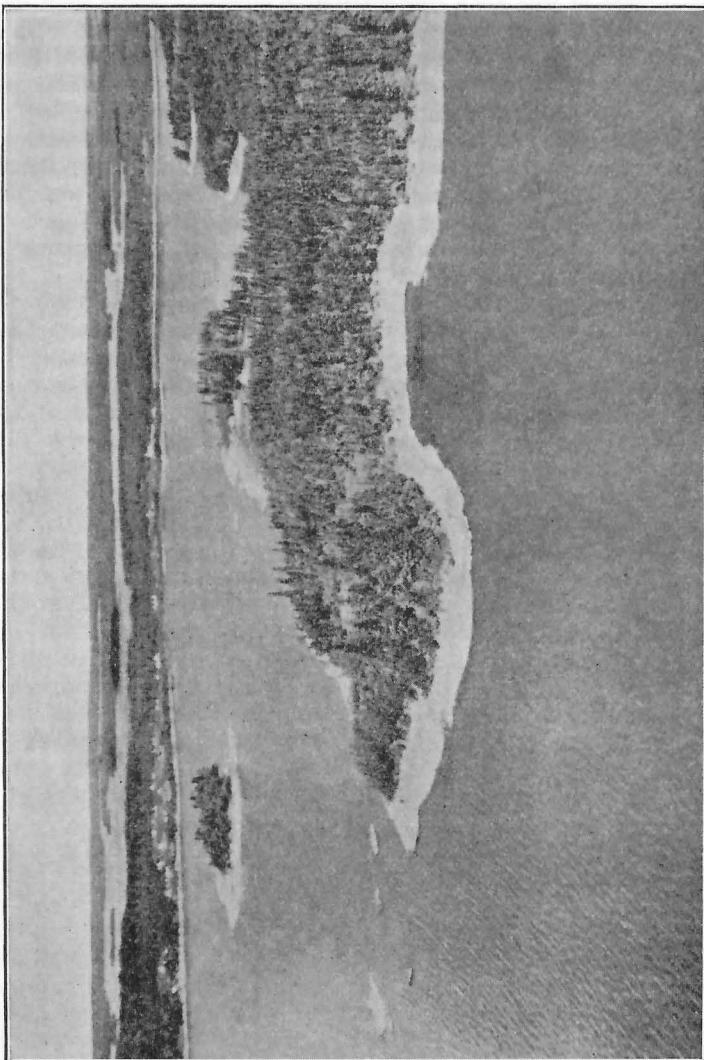
Si l'on se tient debout sur une élévation, une ligne d'horizon presque égale à celle de la mer frappe l'œil dans presque toutes les directions. En certains endroits, par exemple, le nord du Manitoba, une élévation de 100 pieds au-dessus du niveau général prend l'allure d'une colline proéminente. Dans presque toute la région les collines et les crêtes ne s'élèvent pas à plus de 100 ou de 200 pieds au-dessus du niveau des lacs et des fonds de vallée environnants. Au bord méridional du bouclier et dans le nord de Québec, sur la côte du Labrador, le relief est beaucoup plus accentué. Sur la côte du Labrador, certaines falaises atteignent de 1,000 à 2,000 pieds d'altitude et les sommets à l'intérieur des terres s'élèvent jusqu'à 5,000. Ces derniers, cependant, présentent les mêmes sommets plats que le reste du plateau, la plus grande partie du relief de cette étendue ayant été produit par un soulèvement plus considérable du bord du continent qui partage plus intensivement cette région de plateau à sommet uni.

Bien que la topographie présente en général cette uniformité remarquable, elle est très irrégulière de détails. Elle est constituée par des collines et des crêtes basses, séparées par des dépressions occupées par des lacs ou des marais. Les crêtes ne sont jamais continues sur de longues distances, mais sont ordinairement interrompues par des dépressions transversales, de sorte qu'il est difficile de voyager dans cette région sauf en suivant les cours d'eau.

Le second trait caractéristique de cette étendue est la grande superficie recouverte d'eau. Elle est en majeure partie parsemée de lacs de toutes dimensions et formes. Certaines parties ont l'apparence d'une région inondée dont les crêtes seulement font saillie. Les lacs sont en général peu profonds et occupés par de nombreuses îles. Les issues en sont souvent difficiles à trouver, car les longues baies étroites et en cul-de-sac sont nombreuses. Plusieurs rivières ne sont que des prolongements de lacs reliés par des biefs sillonnés de nombreux rapides et de chutes. Par endroits le drainage se fait par le déversement d'un bassin à l'autre. Dans cette région de cours d'eau, la méthode ordinaire de voyage et de transport, loin des chemins de fer ou des voies navigables, est par canot. C'est le moyen de communication qui a servi à l'exploration, la traite et la prospection, et bien qu'il soit aujourd'hui remplacé à un certain point par l'hydravion, il continuera d'être un moyen efficace pour parcourir ce vaste district.

Le climat sur toute l'étendue du bouclier présente de grandes variations, comme on pourrait s'y attendre avec le grand changement de latitude, et du fait qu'une partie borde l'océan, et qu'une autre occupe le centre du continent. Règle générale, on peut dire que les étés sont chauds, les hivers froids, et la précipitation (pluie et neige), de 10 à 25 pouces par

PLANCHE VIII



Aspect caractéristique du Bouclier canadien. (Phot. Commission de l'Aéronautique du Canada)

année. Dans la partie méridionale, les lacs gèlent vers le mois d'octobre, et le voyage d'hiver, sauf dans les districts peuplés en bordure du chemin de fer, se fait par attelages de chiens.

Pour ce qui a trait à la végétation, la région se divise en deux: une zone méridionale boisée et une zone septentrionale connue sous le nom de Terres stériles. Une ligne tirée diagonalement de l'embouchure de la rivière Churchill, vers le nord-ouest, à l'embouchure du fleuve MacKenzie, marquerait à peu près la démarcation entre ces deux zones. Les arbres utiles de la zone boisée sont l'épinette blanche et noire et le sapin baumier. Le pin gris est abondant dans les plaines sablonneuses autour de plusieurs lacs, sur les moraines frontales sablonneuses, qui recouvrent de vastes étendues, et sur les crêtes de granite. Le mélèze occupe aussi un vaste territoire et il est surtout abondant dans les muskegs ou les étendues marécageuses. Des arbres caduques, le bois blanc et le bouleau gris sont de beaucoup les plus importants.

Si ce n'est sur son bord méridional, les établissements sur le Bouclier canadien sont très clairsemés. Les chemins de fer qui traversent Québec et le nord d'Ontario, l'industrie minière et l'exploitation forestière de ces régions, et une certaine culture dans les zones argileuses constituent les principaux développements. Au nord, le piégeage, la traite et la pêche furent les principales occupations de la population qui est dispersée. Aujourd'hui, toutefois, la prospection se fait dans presque tout le bouclier canadien et le développement futur dépendra sans aucun doute de la découverte de minéraux.

Le Bouclier canadien se compose de roches de l'époque précambrienne. Il fait partie d'un amas continental qui, à l'époque précambrienne, s'étendait dans toutes les directions au delà de ses limites actuelles. Pendant les périodes géologiques subséquentes le Bouclier canadien fut plusieurs fois inondé, du moins en partie, par des mers qui s'avancèrent et se retirèrent par la suite. Pendant ces périodes, des sédiments comprenant des calcaires, des grès et des schistes, se déposèrent. Plus tard l'érosion enleva presque toute cette couverture et mit à nu la surface des roches précambriennes. Quelques lambeaux des calottes de roches persistent encore, par exemple, les buttes-témoin du paléozoïque au lac Timiskaming et au lac Saint-Jean.

Depuis le début du Cambrien, le Bouclier canadien a été un amas stable. Il a subi des mouvements verticaux, mais il n'a pas été affecté par des révolutions de plissement par l'activité orogénique. L'histoire du précambrien est toutefois compliquée. L'époque précambrienne fut très longue, probablement plus longue que tout le temps qui s'est écoulé depuis le commencement du cambrien, qui, d'après les dernières estimations commença il y a environ 7,000,000 d'années. Au cours de la longue époque précambrienne, le vulcanisme et la sédimentation furent intenses, et pendant au moins deux périodes, se formèrent des chaînes de montagne qui furent subséquentement érodées en plaines de bas relief. Les périodes orogéniques furent aussi caractérisées par l'intrusion de roches ignées, qui déterminèrent la formation de plusieurs variétés de dépôts de minerai.

L'ère précambrienne peut se répartir en deux grandes divisions, qu'on peut appeler le précambrien primitif et le précambrien récent. Le premier

a aussi été décrit sous les noms d'Archéen, de Laurentien et d'Archéozoïque et le dernier sous les noms d'Algonkien, d'Huronien et de Protérozoïque.

Le précambrien primitif se divise en deux périodes. Dans la première, le vulcanisme fut intense et les laves qui sont ordinairement désignées sous le nom de Keewatin, s'accumulèrent par milliers de pieds. La sédimentation s'opéra à la même époque, de sorte que l'on trouve parmi les laves des tufs et des sédiments interstratifiés et transformés, par endroits, en gneiss grenatiques et en micaschistes. Dans le district de Rainy-River, dans l'ouest d'Ontario, une épaisse série de ces roches, connue sous le nom de Couchiching, supporte les roches volcaniques du Keewatin. Dans le nord du Manitoba et de la Saskatchewan des sédiments altérés analogues reposent tant en dessous qu'interstratifiés avec les roches volcaniques.

Dans l'est d'Ontario et le sud-ouest de Québec une épaisse série de sédiments, dans laquelle le calcaire est un élément important, paraît s'être déposée durant cette période. Cette série est connue sous le nom de Grenville et se compose de calcaire, de quartzite et de gneiss sédimentaires, renfermant ordinairement du grenat et de la sillimanite.

Cette première période de vulcanisme et de sédimentation fut suivie d'un plissement de grande étendue, mais léger, accompagné d'intrusions granitiques. A la suite de ses phénomènes, une série de sédiments, connus dans les différents districts sous divers noms, tels que Timiskaming, Windegokan, Pontiac, s'accumula. Cette période de sédimentation fut suivie à son tour d'une phase orogénique accompagnée d'une vaste intrusion de granite, formant l'une des grandes époques métallogénétiques du précambrien. Une longue période de repos suivit, durant laquelle une érosion de grande durée abaissa la région montagneuse à un faible relief.

L'époque précambrienne récente embrasse la longue période au cours de laquelle les roches huroniennes et keewatiniennes s'accumulèrent sur ce complexe de roches ignées. Au nord du lac Huron les roches huroniennes consistent en une série plus ancienne connue sous le nom de Bruce, se composant de 10,000 à 15,000 pieds de quartzite avec, toutefois, un étage de calcaire, et par endroits un conglomérat basal, et en une série plus récente appelée Cobalt, formée de conglomérat, de conglomérat-grauwacke, d'ardoise et de quartzite, par endroits de 10,000 pieds d'épaisseur. Une partie du terme inférieur de la série de Cobalt se compose de matières que l'on croit avoir été arasées par la glaciation continentale.

Les roches huroniennes sont envahies par d'épais filons-couches de diabase quartzifère. Dans le district du lac Timiskaming, il n'y a ordinairement qu'un seul filon-couche exposé dans une même région. Les filons-couches atteignent jusqu'à 1,000 pieds d'épaisseur. Dans la région de Sudbury la roche intrusive du même âge est de la norite qui fut envahie entre la base des roches huroniennes et le complexe de roches anciennes sur lequel celles-ci reposent. Du niveau de Sudbury au sud, jusqu'au lac Huron, les sédiments et les filons-couches sont plissés et recoupés par des failles et, çà et là, envahis par le granite Killarney du précambrien récent.

Une série de sédiments presque en plateau se composant de conglomérat, de formation ferrifère et d'ardoise foncée, borde la rive nord du lac Supérieur. Cette série est connue sous le nom d'Animikie et on la croit du même âge que les roches huroniennes supérieures des autres régions. A

l'est de Port-Arthur ces roches sont recouvertes de conglomérat rouge, de grès et de schiste, de couches calcaires et de tufs avec des épanchements de lave acide et basique au sommet. Le tout est recoupé par des dykes de diabase. Ces roches, appartenant au keeweenawien ou au précambrien récent, reposent, par endroits, en légère discordance sur les roches de la série Animikie.

Le keeweenawien fut une période durant laquelle l'activité volcanique et l'intrusion s'exercèrent avec une grande intensité. Sur la rive sud du lac Supérieur les laves s'accumulèrent jusqu'à plus de 22,000 pieds d'épaisseur dans la partie inférieure de la série. Les dykes de cet âge sont nombreux dans presque toute l'étendue du bouclier. Au sud du lac Supérieur le gabbro de Duluth forme un amas laccolithique de 100 milles de diamètre.

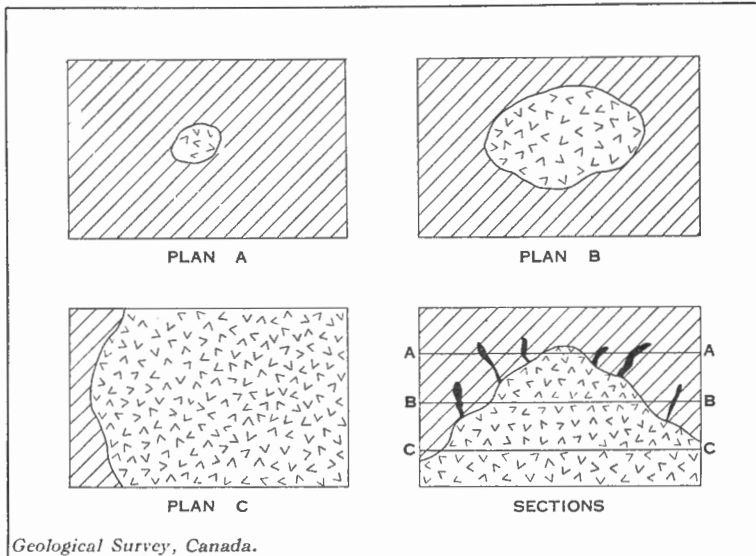
Il a déjà été fait mention des roches éruptives nickélicifères de Sudbury, qui furent considérées comme appartenant au Keeweenawien par la plupart des géologues et du granite de Killarney, qui appartient à cette période d'intrusion et d'orogénèse.

Ces roches ignées font du Keeweenawien une importante période au point de vue de la minéralisation. Les minerais de cuivre natif de la pointe Keeweenaw-Michigan se trouvent dans des épanchements de lave de cet âge et ceux de la région de Coppermine-River du nord du Canada sont semblables et probablement du même âge. Les minerais d'argent de Cobalt sont apparentés aux intrusions de diabase et ceux de nickel cuprifère de Sudbury à l'intrusion de norite.

La période d'intrusion et de plissement dans le Keeweenawien fut suivie d'une longue période au cours de laquelle l'érosion réduisit de nouveau le faciès topographique à un faible relief, sur lequel des invasions successives de la mer devaient se produire dans les ères paléozoïque et mésozoïque suivantes. Les sédiments déposés dans ces mers furent à leur tour en grande partie entraînés par l'érosion pendant la période tertiaire. Le dernier grand événement dans l'histoire géologique du bouclier fut la glaciation continentale pendant le pléistocène. D'énormes calottes de glace se dirigèrent dans toutes les directions depuis leurs points d'accumulation sur les deux côtés de la baie d'Hudson. Elles aplanirent le relief, enlevèrent l'ancien sol résiduel, polirent, strièrent et cannelèrent les roches et par la dissémination irrégulière des débris à la surface désorganisèrent complètement l'ancien système hydrographique. Le résultat fut l'endiguage des anciens chenaux de rivière et la formation de lacs et de nouvelles lignes hydrographiques. Bien que le faible relief actuel de la surface date de l'époque précambrienne, le faciès de la contrée de nos jours, avec ses lacs, ses rapides, ses chutes et ses collines aplanies et arrondies, date du pléistocène.

Les ressources minérales du bouclier canadien sont très variées. En 1924, il produisit 82 pour cent de l'or du Canada, 57 pour cent de l'argent, 35 pour cent du cuivre et tout le nickel et le cobalt. Les divers gîtes peuvent être groupés en quatre catégories principales: (1) certains dépôts de pyrite et de formations ferrifères rubanées qui ont l'apparence de formations ferrifères, mais d'origine volcanique probable. (2) Or, arsenic aurifère, pyrite, chalcoppyrite, sphalérite, minerais ferreux et titanifères, corin-

don, apatite, mica, molybdénite, feldspath, graphite, tous associés aux roches granitiques ou à leurs produits de différenciation; la plus importante période de minéralisation fut celle de l'intrusion granitique qui précéda les dépôts des roches huroniennes, bien que le granite récent ou de Killarney inclus dans l'époque Keweenawienne soit peut-être responsable de certains gîtes. (3) Nickel, cuivre, or, minerais argentifères et dépôts de barytine, associés aux dykes, aux filons-couches et aux autres amas intrusifs de gabbro et de norite du précambrien récent. (4) Minerais de plomb et de zinc et dépôts de barytine, de fluorine et de célestine dans des filons recoupant surtout les roches précambriennes, mais traversant aussi par endroits les sédiments ordoviciens, sur le bord du bouclier et pour cette raison déposés au cours de l'époque post-ordovicienne.



10. Phases dans l'érosion d'un batholithe avec destruction des gîtes minéraux. Les roches envahies sont représentées par des lignes obliques; les roches intrusives, par des angles; les gîtes minéraux, en fort trait noir.

Les gîtes du second et du troisième type sont les plus importants. Les bords des intrusions basiques, en tous points dans toute la région, devraient être fouillés en vue des dépôts caractéristiques de la troisième catégorie. Pour le deuxième type, les bords des grosses et des petites intrusions de porphyre, de granite et de granodiorite devraient être attentivement prospectés. La figure 10 démontre la raison pour laquelle il est particulièrement important de délimiter les petites intrusions et de prospecter leurs bords. Vu que la roche intrusive a fourni les solutions qui ont produit les massifs de minerais, l'endroit naturel où on peut s'attendre que les minéraux ont été déposés se trouve dans le toit au-dessus du magma qui s'est refroidi. L'enlèvement de la roche sus-jacente par l'érosion a finalement mis à jour la roche intrusive. Plus la dissection s'est produite profondément, plus la

roche intrusive y est exposée et plus grandes sont les chances que des massifs de minerai formés au-dessus aient été détruits par l'érosion. Pour cette raison, les vastes étendues de granite offrent moins d'espoir au prospecteur qu'un champ où les petits amas intrusifs recourent une série de roches plus anciennes.

L'ordre de succession des formations rocheuses dans les sous-provinces géologiques mieux connues du bouclier canadien est indiqué dans les tableaux qui suivent. Les principaux minéraux sont indiqués vis-à-vis de la roche encaissante dans laquelle on les trouvent le plus souvent. Toutefois, il faut insister sur le fait qu'un gîte n'est pas toujours confiné à telle formation ou type de roche en particulier. Par exemple, là où le granite est la source de solutions qui ont produit un dépôt, toutes les roches qu'il pénètre peuvent être minéralisées.

Tableau I

Région de Timiskaming et versant de la baie James

Formations	Gîtes minéraux	Modes de gisement
Paléozoïque	Houille Argile réfractaire Sable quartzifère	En couches
Keeweenawien Diabase à olivine Granite Killarney Diabase, norite Conglomérat, grès	Cuivre, nickel Silice, cobalt, arsénic	Produits de différenciation de la norite. En filons génétiquement apparentés à la diabase
Série de Whitewater Conglomérat, tuf, ardoise, grès	Zinc	Filons dans le tuf
Série de Cobalt Quartzite, conglomérat	Silice Argent, cobalt	La partie supérieure du quartzite de Lorraine En filons apparentés à la diabase
Série de Bruce Quartzite, calcaire, conglomérat (Intrusions granitiques)		
Série de Timiskaming (Windegokan, Pontiac, etc.), conglomérat, gauwacke, arkose	Or	En filons apparentés au granite intrusif
Complexe de schiste Roches volcaniques et schistes dérivés	Or, cuivre, arsenic Cuivre, or, zinc, pyrite Fer	En filons Remplacements alliés au granite Formation ferrifère.

Nord-Ouest d'Ontario

Formations	Gîtes minéraux	Modes de gisement
Granite Killarney		
Diabase	Argent, plomb zinc, barytine	En filons alliés à la diabase
Kaministikwien		
Osler, conglomérat, grès, tuf	Cuivre	Filons et amygdales
Sibley, grès, schiste, tuf	Argent	En filons
Animikie, schiste, formation ferri- fère	Fer	En couches
Granite d'Algoma	Lithium	Dans les dykes de peg- matites
Séries de Steeprock		
Conglomérat, grès, calcaire, ar- doise, roches volcaniques	Fer	En couches
Granite laurentien	Or	En filons
Keewatin, roches volcaniques	Or, cuivre Fer	En filons En couches
Couchiching, mica-schistes, gneiss-grenatiques	Cuivre, nickel, platine	Remplacements dérivés du magma cristalli- sant des granites in- trusifs

Sud-Est d'Ontario et Sud-Ouest de Québec

Formations	Gîtes minéraux	Modes de gisement
Granite, amas de Grenville et de Ri- gaud		
Diabase		
Lamprophyre		
Granite, syénite, etc.	Feldspath, béryl, mi- néraux radifères Corindon	Dans les dykes de peg- matite Avec la syénite néphé- linique
Série de Buckingham (ignée)		
Péridotite, gabbro		
Anorthosite		
Syénite		
Série d'Hastings		
Conglomérat, argilite, calcaire		
Série de Grenville		
Calcaire	Plomb, barytine fluo- rine, célestine	En filons
Quartzite	Graphite, apatite, mi- ca, magnésite, talc	En filons et dissémina- tions causées par l'ac- tion des granites
Silliminate-grenat-gneiss	Koalin, molybdénite, magnétite	

Manitoba et Saskatchewan

Formations	Gîtes minéraux	Modes de gisement
Diorite, diabase Granite Gabbro, diorite, lamprophyre, amphibolite, péricrotite		
Série Missi supérieur Arkose, conglomérat		
Série Missi inférieur Ardoise, grauwacke, conglomérat, quartzite (Granite?)		
Kisseynew (Wekusko) Schistes et gneiss sédimentaires	Grenats Cuivre, zinc, plomb	Dans le schiste Remplacements dérivés du granite
Amisk Roches volcaniques et schistes dérivés	Cuivre, zinc, or Or	De remplacement En filons

Région de l'Arctique

Formation	Gîtes minéraux	Modes de gisement
Série de Coppermine-River Basaltes amygdaloïdes, couches de cendre, conglomérats	Cuivre	Amydales, filons et disséminations
Série Goulburn Quartzite, conglomérat		
Série Kanuyak Couches de cendre et tufs		
Dolomie Epworth		
Complexe de granite Granite, gneiss granitiques et roches plus anciennes incluses		

RÉGION DU SAINT-LAURENT

La région des basses terres du Saint-Laurent se partage en trois sections. La première s'étend de la ville de Québec jusqu'à environ 50 milles en amont d'Ottawa sur la rivière du même nom. En aval de Montréal l'élévation moyenne de ce territoire est d'à peu près 100 pieds, excepté huit collines formées de roches ignées qui s'élèvent à des altitudes de 600 à 1,200 pieds au-dessus du niveau de la mer. La seconde section s'étend vers l'ouest, de Kingston à l'escarpement de Niagara, et s'élève graduellement de 246 pieds au lac Ontario, à une altitude de 850 pieds. Elle est bornée au nord par un escarpement marqué de 50 à 100 pieds de hauteur et à l'ouest par l'escarpement de Niagara, de 250 à 300 pieds de haut. La troisième section se trouve entre le lac Huron et le lac Érié. Elle a une altitude maxima de 1,700 pieds, descendant vers les lacs de chaque côté. Ces trois sections, atteignant en tout une superficie de 35,000 milles carrés, étaient autrefois recouvertes d'une forêt dense, qui a aujourd'hui en grande partie disparu, faisant place à une contrée agricole où habite la majeure partie de la population du Canada. Le voyage dans cette région est facilité par les routes et les chemins de fer, de sorte qu'il est relativement facile à un prospecteur d'atteindre une localité quelconque.

Les roches sous-jacentes de la zone sont des sédiments fort peu disloqués, variant en âge du cambrien au dévonien. Les roches cambriennes se composent de grès dérivé par l'intempérisme de l'ancienne surface précambrienne. Les roches ordoviciennes, siluriennes et dévoniennes consistent en grande partie en calcaires et en schistes déposés au cours des ingressions de la mer. La région fut chevauchée par les calottes de glace du pléistocène.

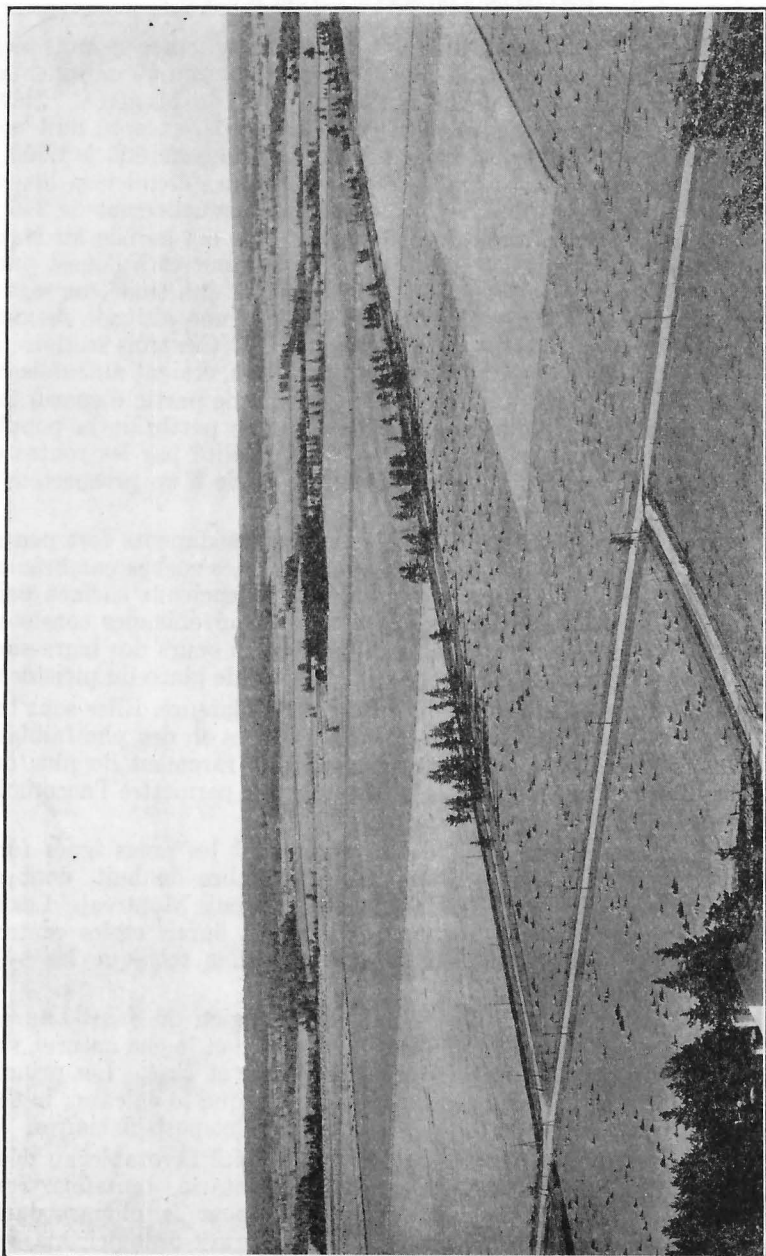
Règle générale les roches du district sont en plateaux. Elles sont brisées par endroit par des failles et sont, çà et là, rejetées en des plis faibles. Le pendage dans la majeure partie de la région est rarement de plus de 200 pieds au mille, ce qui, toutefois, est suffisant pour permettre l'accumulation de l'huile et du gaz.

Les seules roches intrusives de la région sont les amas ignés formant les collines Montérégiennes. Elles sont au nombre de huit, dont six le long d'une ligne est et ouest s'étendant vers l'est depuis Montréal. Les flancs des collines se composent de sédiments altérés et durcis et les centres, de roches intrusives, comprenant divers types alcalins tels que les syénites néphéliniques, les essexites, etc.

Les principales ressources naturelles de la région du Saint-Laurent au point de vue minéral sont le gypse, le sel, le pétrole et le gaz naturel, se présentant dans le district situé entre les lacs Huron et Érié. Les principales industries utilisent aussi d'autres matériaux, tels que le calcaire, le schiste, le grès et l'argile, et le sable des dépôts glaciaires et post-glaciaires.

La nature non-disloquée des roches n'a pas été favorable au développement des gîtes métallifères. Dans l'est d'Ontario, toutefois, certains filons de calcite plombifère, bien que localisés pour la plupart dans des roches précambriennes, sont rapportés à l'époque post-ordovicienne, vu que les parties supérieures de plusieurs recourent des strates calcaires de cette

PLANCHE IX



Traits topographiques caractéristiques des basses terres du Saint-Laurent, vallée de Bonnechère, près de Renfrew (Ontario).

époque. Les filons Ramsey à Carleton-Place et le filon Kingston à Galetta, en sont des exemples. Il est probable que les gîtes sont alliés aux roches intrusives dévoniennes qui n'ont pas atteint la surface dans cette région, mais qui correspondent aux roches intrusives des collines Montérégiennes à l'est.

Tableau II
Région du Saint-Laurent

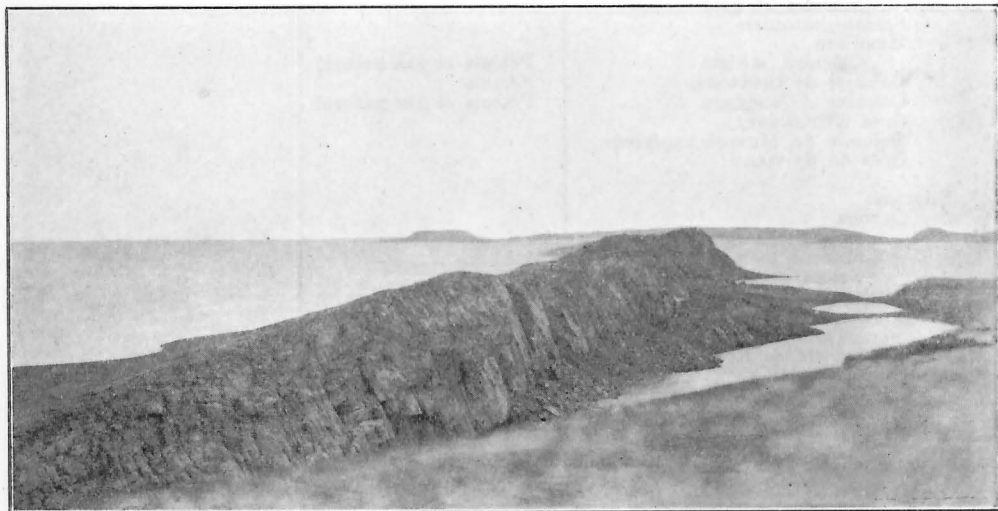
Formations	Gîtes minéraux	Modes de gisement
Dévonien		
Port-Lambton		
Schistes et grès		
Schiste huronien		
Hamilton		
Calcaire, schiste	Pétrole et gaz naturel	
Calcaire de Delaware	Pétrole	
Calcaire d'Onondaga	Pétrole et gaz naturel	
Grès d'Oriskaney		
Dolomie du Munroe supérieur		
Grès de Sylvania		
Silurien		
Cayuga		
Dolomie Lower	Sel, gypse	En couches
Munroe et schiste		
Salina, schiste, dolomie		
Guelph		
Niagara		
Dolomie de Lockport	Pétrole et gaz naturel	
Schiste de Rochester		
Clinton		
Schistes et dolomie	Gaz naturel	
Medina		
Grès, schiste, calcaire	Pétrole et gaz naturel	
Orodovicien		
Richmond		
Schistes et calcaire		
Schistes de Lorraine		
Schistes d'Utica		
Schistes et calcaire de Collingwood		
Calcaire de Trenton	Pétrole et gaz naturel	
Calcaire de Black River		
Grès, schistes et calcaire de Chazy		
Calcaire dolomique de Beekmantown		
Grès basal		
Cambrien		
Grès de Potsdam		

ARCHIPEL ARCTIQUE ET BASSES TERRES DE LA BAIE D'HUDSON

Les îles de la région arctique canadienne occupent une superficie de terre ferme de plus de 500,000 milles carrés. Il y en a au moins vingt qui dépasse chacune 500 milles carrés; parmi les plus grandes on peut citer l'île de Baffin, 211,000 milles carrés, l'île d'Ellesmere, 76,000 milles carrés, et l'île Victoria, 74,000 milles carrés.

L'île de Baffin s'élève rapidement de la côte à des altitudes de plus de 1,000 pieds. Au sud, l'élévation générale varie de 2,000 à 3,000 pieds, mais au nord elle augmente à 5,000 pieds avec des pics de plus de 6,000 pieds. Plus au nord, le terrain s'abaisse de nouveau à une altitude d'environ 3,000 pieds. Dans les îles de North-Devon et d'Ellesmere, les pics s'élèvent à plus de 3,000 pieds. L'île Victoria à l'ouest a environ 500 pieds d'altitude.

PLANCHE X



Havre Franklin's Snug, pointe Kater, littoral Arctique.

Les régions élevées se composent en grande partie de roches précambriennes. Les strates cambriennes sont exposées sur le côté est de l'île d'Ellesmere. A d'autres endroits des horizons variant du cambrien au silurien reposent sur le précambrien. La formation paléozoïque la plus répandue est celle de Niagara, ou mésosilurien. On trouve sur le bord méridional de l'île d'Ellesmere 8,000 pieds de strates, dont l'âge varie du silurien moyen au dévonien supérieur. Les grès carbonifères se présentent sur le côté sud-ouest des îles d'Ellesmere et de Parry. Des sédiments triasiques se composant de calcaire et de schistes calcaires avec des roches volcaniques, se retrouvent sur la côte occidentale de l'île d'Ellesmere, ainsi que des sables et les lignites tertiaires, de même qu'au nord-ouest de l'île de Baffin. Toutes ces assises sont à faibles pendages.

La terre basse supportée par des strates paléozoïques du côté occidental de la baie d'Hudson a une longueur, dans une direction sud-est, de 800 milles, une largeur de 100 à 200 milles et une superficie de 120,000 milles carrés. Elle s'élève du niveau de la mer en pente à peine perceptible jusqu'à une altitude d'environ 400 pieds. Les strates sont presque horizontales et varient de l'ordovicien au mésozoïque.

Le climat rigoureux et la nature rugueuse de la contrée ont entravé presque complètement la prospection dans les îles septentrionales; on a signalé la présence de l'or à la tête de l'inlet Wagner, du cuivre natif dans l'île de Baffin et du mica et du graphite sur le côté septentrional du détroit d'Hudson. On trouve de la houille bitumineuse dans les strates carbonifères sur les îles au nord du détroit de Lancaster, et du lignite dans les couches tertiaires, sur les rives nord et est de l'île de Baffin, ainsi que dans l'île Bylot. Au sud-ouest du Groenland, un territoire appartenant au Danemark, un gisement important de cryolite, minéral contenant de l'aluminium, se présente dans un filon traversant le gneiss gris; dans la basse terre de la baie d'Hudson, du lignite et de l'argile réfractaire se rencontrent dans la série de Mattagami du jurassique récent ou crétacé primitif.

Tableau III

Archipel arctique et basses terres de la baie d'Hudson

Formations	Gîtes minéraux	Modes de gisement
Tertiaire Miocène, sables et argiles	Houille	En couches
Mésozoïque Crétacé Trias Calcaire et schistes.	Houille et argile réfractaire	En couches
Paléozoïque Pensylvanien Calcaire, tufs et laves Mississipien Grès et schistes Dévonien Calcaire Silurien Calcaire Ordovicien Calcaire Cambrien Calcaire	Houille	
Précambrien Granites et gneiss batholitiques Calcaire, schistes et gneiss	Mica Graphite	Filons et disséminations

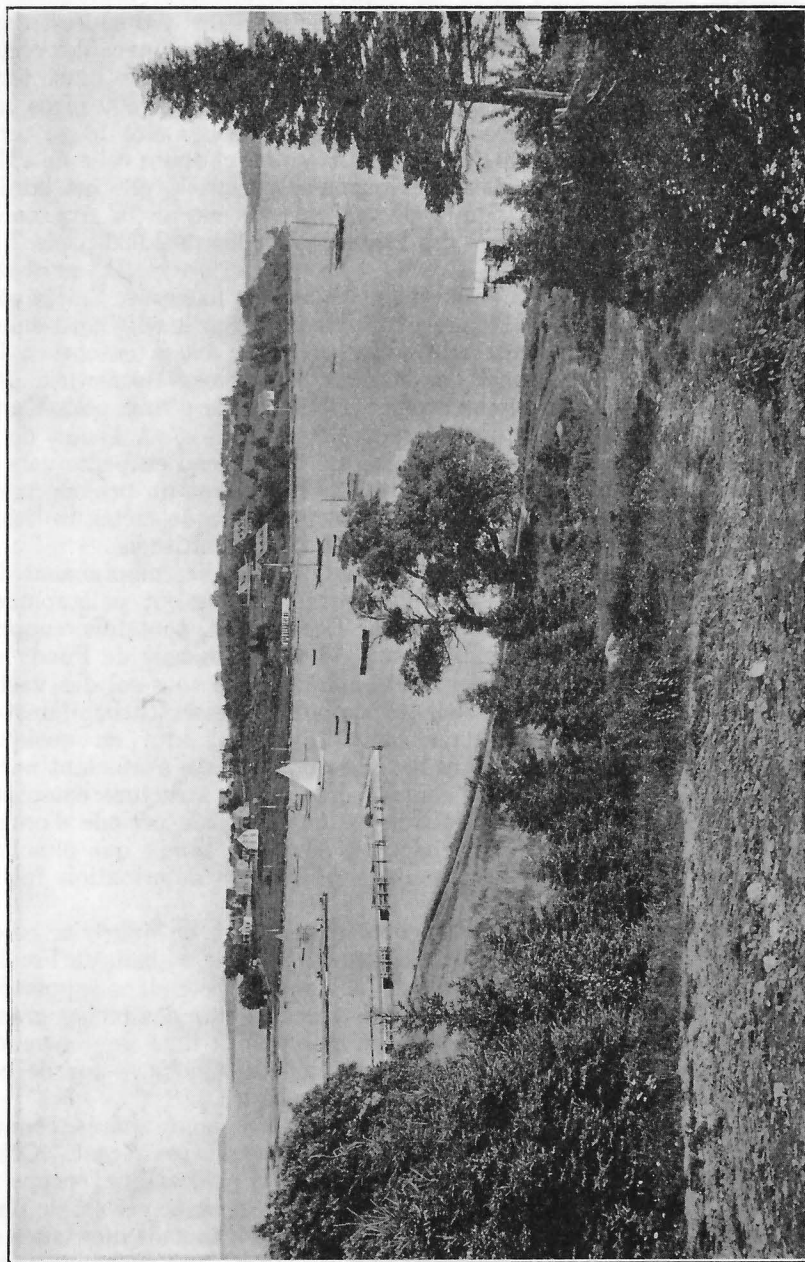
RÉGIONS DES APALACHES ET DE L'ACADIE

Les régions des Apalaches et de l'Acadie comprennent toute cette partie du Canada au sud du Saint-Laurent et à l'est d'une ligne qui serait tracée de la ville de Québec vers le sud, jusqu'au pied du lac Champlain. La région des Apalaches est un prolongement du grand système montagneux des Apalaches de l'est des États-Unis. Au Canada, sa limite orientale est la rivière Restigouche et la baie de Chaleur. Au sud-est de ce point, la région acadienne comprend les provinces du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Ecosse et de l'Île-du-Prince-Édouard. La superficie totale de ces deux régions est de 84,000 milles carrés. La majeure partie de la contrée est montagneuse ou accidentée. Les vallées, les basses terres et les littoraux sont bien peuplés et, sauf certaines régions comme l'intérieur de la péninsule de Gaspé, les chemins de fer et les routes offrent de bons moyens de communication. Une vaste étendue du territoire est encore couverte de forêts, égouttée par des cours d'eau rapides, et les lacs sont parfois nombreux. L'agriculture, l'industrie du bois, la pêche, l'exploitation minière, et la fabrication y sont des industries importantes. La plus grande partie de la région est d'accès facile au prospecteur, mais certaines étendues telles que l'intérieur de la péninsule de Gaspé et des parties du Nouveau-Brunswick et de l'île du Cap-Breton, exigent des expéditions à dos de cheval pour atteindre certains endroits.

Le système montagneux des Apalaches débute non loin du golfe du Mexique, et s'étend jusqu'à la pointe de la péninsule de Gaspé sur une longueur de 1,700 milles. C'est une région de roches paléozoïques qui ont été plissées, brisées par des failles tantôt normales tantôt de rejet, envahies par des roches d'intrusion et de demi-profondeur, et minéralisées en divers gîtes. Leur orientation tectonique est de nord-est à sud-ouest. Au sud de New-York le système est représenté par deux chaînes parallèles, les Alléghanys et les Apalaches. Dans le nord des États de New-York, de la Nouvelle-Angleterre et au Canada, le système est moins régulier. Les montagnes Vertes du Vermont atteignent une altitude de 4,430 pieds et le mont Washington, dans les montagnes Blanches du New-Hampshire, s'élève à une altitude de 6,291 pieds.

Dans le sud-est de Québec, le prolongement de ces chaînes forme trois crêtes à peu près parallèles avec les monts Notre-Dame. Elles s'orientent nord-est, atteignent une altitude moyenne d'environ 2,000 pieds, et sont séparées les unes des autres par de profondes vallées. Le point le plus élevé est la montagne Sutton, 3,100 pieds, près de la frontière du Vermont, parmi les crêtes les plus à l'ouest. Au nord-est d'un point vis-à-vis de la ville de Québec, la contrée est plus basse, mais dans la péninsule de Gaspé elle s'élève de nouveau en une zone de terrain à sommet plat le long de la partie centrale de la péninsule, connue sous le nom de monts Shickshocks, atteignant 3,500 à 4,200 pieds de hauteur. Bordant cette lisière de terrain élevé de chaque côté se trouve une région de plateaux ayant une altitude d'environ 1,000 pieds, encaissée par des vallées à flancs élevés.

La topographie de la région de l'Acadie en est aussi une de plateaux, de crêtes et de vallées. Le plateau de Gaspé est représenté par une con-



Pointe Peninsula, Chester (N.-E.), caractéristique de la topographie du littoral de l'Acadie.

trée analogue dans le nord-ouest du Nouveau-Brunswick, profondément encaissée, cependant, par la vallée du fleuve Saint-Jean. Au sud-est dans le Nouveau-Brunswick se trouve une étendue plus rugueuse avec des crêtes et des collines s'élevant à plus de 2,000 pieds. Une étendue de basse terre d'à peu près 10.000 milles carrés et ne dépassant nulle part 600 pieds au-dessus du niveau de la mer, se présente plus à l'est. Cette basse terre forme toute la côte orientale du Nouveau-Brunswick et toute celle de l'Île-du-Prince-Edouard. Au sud, dans le Nouveau-Brunswick, elle est bordée par des crêtes à sommet plat qui s'élèvent rapidement de la rive nord-ouest de la baie de Fundy, jusqu'à des altitudes de plus de 1,000 pieds.

La péninsule de la Nouvelle-Ecosse est un plateau s'orientant nord-est. Le long de sa ligne axiale, il a environ 1,000 pieds de hauteur. Sur le côté sud-est il tombe graduellement au niveau de l'océan. Sur le côté nord-ouest, les pentes sont plus à pic vers une région de terre basse entourant les collines Cobequid et s'étendant à l'ouest dans le Nouveau-Brunswick. Au sud cette basse terre est représentée par l'étroite vallée d'Annapolis-Cornwallis, qui s'étend sur une distance de plus de 100 milles. À l'ouest de la vallée se trouve une crête abrupte dont la surface descend en pente vers la mer jusqu'à la baie de Fundy. L'île du Cap-Breton est un prolongement du principal plateau, mais elle est divisée en une série de crêtes isolées à sommet plat, qui dans le nord atteignent 1,500 pieds d'altitude.

Les roches de la région des Apalaches et de l'Acadie comprennent des sédiments, des roches volcaniques et des intrusions, surtout paléozoïques. Des étendues considérables de la Nouvelle-Ecosse sont, toutefois, supportées par des roches précambriennes, et sur le bord de la baie de Fundy on rencontre des sédiments et des roches volcaniques. Le sous-sol des vastes basses terres du Nouveau-Brunswick se compose d'assises carbonifères en plateaux. Ailleurs, cependant, dans toute la région, sauf en quelques endroits, les roches sont rejetées dans des plis dont les axes s'orientent nord-est et sont brisées par des failles donnant lieu à une structure complexe, caractéristique de la région des Apalaches. La principale période d'orogénie au Canada eut lieu, toutefois, pendant le dévonien, tandis que plus loin au sud, dans les États-Unis, la principale période de déformation fut le permien, à la fin du paléozoïque.

Des roches précambriennes composées de calcaire, de quartzite et de gneiss affleurent dans le Nouveau-Brunswick, le long de la baie de Fundy. Dans l'île du Cap-Breton, il y a un certain nombre d'étendues supportées par des roches volcaniques et des sédiments recoupés par des roches granitiques. On a aussi décrit des roches précambriennes dans le centre du Nouveau-Brunswick et dans le sud-est de Québec. Quelques-uns de ces dépôts peuvent, cependant, appartenir au paléozoïque.

Dans la Nouvelle-Ecosse une vaste série de sédiments altérés, connue sous le nom de série aurifère, est rattachée au précambrien récent. Cette série, avec ses grandes étendues intrusives de granite paléozoïque, occupe la plus grande partie de la terre ferme de la province. Sa puissance est de plus de 35,000 pieds, dont la partie inférieure se compose surtout de quartzites et la partie supérieure d'ardoises. La série est plissée le long de lignes nord-est et aussi brisée par des failles nord-ouest dont le déplacement de cer-

taines dépasse un mille. La série est envahie par des dykes et des filons-couches de diabase et des batholithes de granite gris et rouge du dévonien. Autour des bords du granite, la série est altérée en gneiss et en schistes renfermant souvent de la staurolite, du grenat, de la hornblende, de la sillimanite et de la pyrite.

Des strates du cambrien inférieur se présentent dans le sud-est de Québec, et des assises du cambrien supérieur dans le nord-est du Cap-Breton et dans le Nouveau-Brunswick, près de la ville de St. Johns. A l'époque ordovicienne primitive, la sédimentation s'opérait dans la région du Saint-Laurent. La formation de Sillery, composée de schistes rouges et verts interstratifiés de grès, possède à Québec une puissance de 2,000 pieds. Une série plus récente, appelée série de Lévis, se composant de schistes foncés et de calcaires en couches minces, a une puissance probable de 5,000 pieds. Ces roches forment une bande de 6 à 35 milles de largeur. Elles ont été intimement plissées, par endroits renversées, et sont interrompues par des failles souvent à rejet considérable. Des couches de Trenton, ou méso-ordoviciennes, affleurent dans le sud-ouest de Québec et à l'extrémité orientale de la péninsule de Gaspé. Pendant l'ordovicien, l'activité volcanique se produisit en grand dans Gaspé. La région fut aussi déformée et envahie par des amas de péridotite. L'érosion suivit le plissement, puis la région s'affaissa au-dessous du niveau de la mer durant la période silurienne subséquente.

On trouve des roches siluriennes dans Gaspé, au Nouveau-Brunswick, dans le sud-est de Québec et dans le nord-est de la Nouvelle-Ecosse, à Arisaig, et aussi plus à l'ouest et dans le sud-ouest de la province. Des dépôts du dévonien inférieur consistant en calcaires et en schistes succèdent au silurien dans Gaspé, dans le nord-ouest du Nouveau-Brunswick et çà et là en Nouvelle-Ecosse. Une épaisse série de grès s'est accumulée dans la Gaspésie pendant l'époque mésodévonienne. Ces grès sont accompagnés d'épanchements de laves contemporaines et de dykes de roches intrusives basiques. Un groupe de conglomérats, de grès et de schistes du dévonien supérieur se présente sur la côte de Gaspé aux environs de Maguaska. Un étage est remarquable par les poissons fossiles qu'il renferme. A la fin du dévonien toute la région des Apalaches et de l'Acadie fut affectée par des mouvements orogéniques accompagnés par l'intrusion de batholithes de granite sur une grande échelle. L'érosion subséquente abaissa ces montagnes, et, çà et là, mit à nu les parties supérieures de ces intrusions profondes.

Pendant le Carbonifère, une épaisse série de conglomérat et de grès se déposa le long de la baie de Chaleur dans Gaspé, sur la vaste étendue de terre basse du Nouveau-Brunswick, sur l'Ile-du-Prince-Edouard, les îles de la Madeleine et sur des parties considérables de la Nouvelle-Ecosse. Ces dépôts, d'origine continentale atteignent par endroits plusieurs mille pieds d'épaisseur. Des roches du Carbonifère inférieur marin se présentent aussi au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Ecosse et renferment çà et là des dépôts de gypse. A la fin du Carbonifère ou Pennsylvanien, une série de schistes et de grès se déposa sur les basses terres du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Ecosse le long du détroit de Northumberland. A Joggins,

sur la rive est de la tête de la baie de Fundy, se trouve une section de roches carbonifères d'une puissance d'au delà de 14,000 pieds, composée de schistes, de calcaire, de grès avec des couches de gypse à la base, de couches de houille dans la partie centrale et de conglomérats au sommet.

Vers la fin du Carbonifère, l'étendue de la Nouvelle-Ecosse subit des efforts de déformation qui entraînent des dislocations et des plissements locaux. Ce mouvement, toutefois, n'affecta que légèrement le Nouveau-Brunswick. Pendant la période triasique subséquente, des couches composées de conglomérat, de grès et de schistes rougeâtres se déposèrent au Nouveau-Brunswick, le long de la baie de Fundy. Du côté opposé de la baie, dans la Nouvelle-Ecosse, se rencontrent des dépôts plus considérables, se composant de plusieurs mille pieds de grès et de schiste rouges, recouverts d'environ 1,000 pieds d'épanchements de basalte amygdaloïde. Ces roches furent redressées et disloquées par des failles, probablement pendant le Jurassique. Le Crétacé et le Tertiaire furent des périodes d'érosion dans toute la province des Apalaches et de l'Acadie. Cette érosion détermina un niveau de base de très faible relief. Il s'est produit un soulèvement à la fin du Tertiaire, et depuis cette période les rivières ont taillé leurs lits en dessous de cette pénéplaine.

Au cours de l'époque glaciaire, toute la région, la partie centrale de la Gaspésie exceptée, fut chevauchée par les calottes de glace. Il est probable que la glace s'avança de centres locaux. Depuis le retrait des glaciers, il s'est produit une élévation générale de la région, comme l'indique la présence de plages post-glaciaires et l'existence de coquilles marines à plusieurs centaines de pieds au-dessus du niveau actuel de la mer.

Les principales ressources minérales des régions des Apalaches et de l'Acadie sont la houille, l'amiante et le gypse, mais certaines autres substances telles que les produits argileux, la pierre de construction, le sable et le gravier, sont aussi importants. Les strates carbonifères produisent de la houille et du gypse, et, en outre, un certain nombre d'autres gîtes minéraux tels que sel, barytine, manganèse, pétrole, gaz naturel et schiste pétrolifère. L'amiante se présente dans les péridotites des cantons de l'Est de Québec. Celles-ci furent introduites à l'époque ordovicienne sous forme de nappes inclinées, dont les affleurements ont de 1,000 à 2,000 pieds de largeur et atteignent plusieurs milles de longueur. En d'autres endroits elles constituent des amas de forme ovale, et dans d'autres cas elles semblent former d'épais massifs laccolithiques lenticulaires. L'amiante se présente en massifs étroits traversant la péridotite altérée. Ces intrusions de péridotite contiennent aussi, çà et là, des dépôts de chromite. Ce minéral se rencontre sous forme de grains disséminés dans la roche et il est par places suffisamment concentré en amas de forme irrégulière pour constituer des massifs de minerai.

Cette période des intrusions basiques constitue une importante époque de formation métallique dans la région des Apalaches. Une seconde s'est produite au milieu de l'ère dévonienne, au cours de laquelle eurent lieu les intrusions batholithiques du granite. Les intrusions au cours de ces deux

époques engendrèrent une grande variété de gîtes métallifères renfermant des minerais d'or, de fer, de cuivre, de plomb, de zinc, d'antimoine et de tungstène.

La terre ferme de la Nouvelle-Ecosse est la principale région aurifère; le quartz aurifère s'y présente le long d'ouvertures anticlinales et dans des filons transversaux dans la série aurifère. Des filons de quartz aurifère se rencontrent aussi dans l'île du Cap-Breton et on a trouvé de l'or alluvionnaire dans les graviers du district de la rivière Chaudière, à 50 milles au sud-est de la ville de Québec.

Des minerais de cuivre ont été extraits dans le sud-est de Québec. A la mine Acton, le minerai se compose de bornite et de chalcopryrite dans du calcaire bréchiforme. A la mine Harvey-Hill, les roches schisteuses ont été recoupées par d'étroits filons de quartz, de calcite et de dolomie, dont quelques-uns renferment de la bornite, de la chalcopryrite et de la chalcosine. A la mine Eustis, les gîtes sont des remplacements se composant de lentilles de minerai, parallèles dans quelques cas ou se chevauchant. Le massif Huntington repose dans le chloritoschiste sur le bord d'un filon-couche de serpentine.

Dans la province des Apalaches et de l'Acadie on rencontre des dépôts de fer en plusieurs points. Des dépôts de magnétite formés par le remplacement des roches schisto-quartzo-prophyriques se présentent près de Bathurst (N.-B.). Des minerais d'origine sédimentaire ont été extraits dans le district ferrifère de Nictaux-Torbrook, en Nouvelle-Ecosse. A Londonderry (N.-E.), des minerais de limonite et de carbonate existent dans une zone de fissuration, sur le versant méridional des collines Cobequid. Les dépôts proviennent d'intrusions ignées qui forment la partie centrale de cette chaîne.

Dans la partie centrale de la péninsule de Gaspé, des filons renfermant du zinc et du plomb traversent les schistes et les calcaires du dévonien inférieur. Ils sont apparentés aux roches intrusives dévoniennes de la région. Près de Sterling, des gîtes de zinc se présentent sous forme de remplacement dans les roches volcaniques du paléozoïque primitif. Ils sont aussi alliés aux intrusions en profondeur.

Il existe des dépôts de tungstène, composés de filons à teneur de scheelite, dans les roches sédimentaires aurifères de la Nouvelle-Ecosse. De la stibine aurifère se présente dans la même série, à West-Gore, comté de Hants. On rencontre aussi de la stibine avec de l'antimoine natif dans le Nouveau-Brunswick à Prince-William, 25 milles à l'ouest de Fredericton. Tous ces gisements sont apparentés aux roches intrusives ignées du dévonien.

Tableau IV
Région des Apalaches et de l'Acadie

Formations	Gîtes minéraux	Modes de gisement
Récents et pléistocène Graviers tertiaires de Riv. Chaudière	Diatomite Or	En couches En placers
Trias de la Nouvelle-Ecosse	Cuivre natif	En filons
Carbonifère Grès, schistes Calcaires	Houille Sel Gypse Manganèse Barytine Pétrole, gaz naturel et schiste pétrolifère	En couches En couches En couches En couches et en poches En filons
Dévonien Granite batholithique intrusif Conglomérat de grès Calcaires et schistes, roches volcaniques	Plomb, zinc Fer	En filons En couches
Silurien Calcaires, schistes, grès, roches volcaniques	Fer	En couches
Ordovicien Calcaires, schistes. Intrusions de péridotite Quartzite, roches volcaniques	Fer près de Bathurst (N.-B.) Amiante, chromite Cuivre	Remplacement Dans la roche intrusive Imprégnations
Cambrien Calcaires, schistes, etc.		
Précambrien Série Méguma de la Nouvelle-Ecosse Sédiments et roches volcaniques métamorphosées de l'île du Cap-Breton	Or, arsenic, tungstène, antimoine Zinc, cuivre	En filons alliés aux roches batholithiques intrusives dévoniennes Filons et remplacements

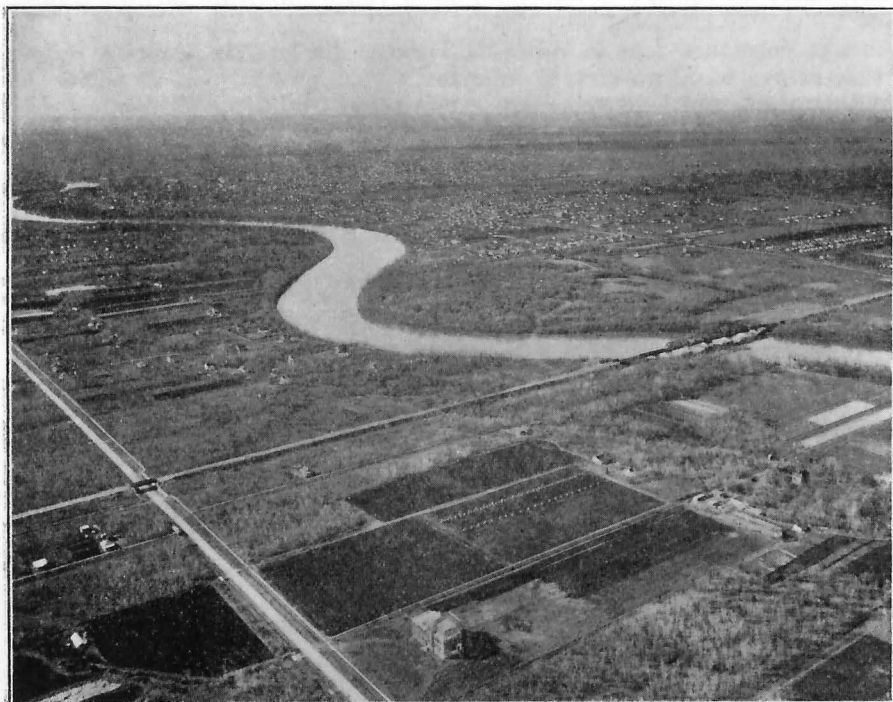
LES GRANDES PLAINES

Les Grandes Plaines du Canada font partie d'une vaste région à l'intérieur du continent, s'étendant du golfe du Mexique à l'océan Arctique. Au Canada, elles s'étendent du Bouclier canadien à l'est, aux montagnes à l'ouest. Sur la frontière américaine, elles ont une largeur de 800 milles, mais à 1,500 milles au nord-ouest, à l'embouchure du Mackenzie, leur largeur est de moins de 100 milles. Dans la partie nord-ouest de la région, entre le Grand lac des Esclaves et le fleuve Mackenzie, se trouve la chaîne Franklin, constituée par des strates plissées. Ailleurs, cependant, les roches sous-jacentes se composent de sédiments presque en plateau du paléozoïque, du mésozoïque et du tertiaire.

La partie méridionale de la région des Plaines est parcourue de routes et de chemins de fer. Dans la partie septentrionale, le principal moyen de transport pour le prospecteur est le canot et l'aéroplane.

Du point de vue géologique, la région peut se diviser en trois zones. Une plaine étroite à l'est, connue sous le nom de terres basses du Manitoba, reposant sur des strates paléozoïques en plateaux variant en âge de l'ordovicien au dévonien. Ces roches chevauchent le Bouclier canadien et sont souvent escarpées sur leur bord. Au nord cette zone s'élargit et forme la grande région de basses terres du Mackenzie. La deuxième division est une large zone supportée par des roches crétacées. Sa bordure orientale, où ces roches recouvrent des sédiments paléozoïques, est une pente assez

PLANCHE XII



Winnipeg à vol d'oiseau. Vue caractéristique des Grandes Plaines.
(Phot. Commission de l'Aéronautique du Canada).

raide connue sous le nom d'escarpement du Manitoba. De 1,000 à 2,000 pieds d'altitude sur ce flanc, la surface s'élève graduellement vers l'ouest jusqu'à 4,000 ou 5,000 pieds au bord des montagnes. La troisième division se compose de plateaux de roches tertiaires en plateaux au mont Wood et aux collines Cypress, s'élevant jusqu'à 1,000 pieds au-dessus du niveau de la région environnante.

Toute la région est une contrée qui passe du plan à l'ondulé, découpée par des vallées de rivière. La partie sud est une partie dépourvue d'arbres. Au nord du 35° de latitude, la contrée est recouverte d'une épaisse forêt jusqu'au 60° de latitude environ et, de là, jusqu'au delta du Mackenzie à de plus rares intervalles. L'écoulement des eaux, sauf une petite partie dans le sud, s'opère vers le nord par le Mackenzie ou vers le nord-est par la baie d'Hudson. Par endroits, dans le sud-ouest, l'évaporation contrebalance la précipitation, constituant un genre de bassin intérieur d'épuisement.

La principale ressource minérale est la houille et le lignite qui se présentent en grands dépôts dans les roches crétacées et éocènes de la Saskatchewan et de l'Alberta. On a également obtenu de grandes quantités de gaz naturel de divers horizons crétaciques en Alberta. Du pétrole a été trouvé dans les couches dévoniennes de la vallée inférieure du Mackenzie, dans les strates crétacées en plusieurs localités dans l'Alberta et dans les roches paléozoïques dans la vallée de Turner. Le long de la rivière Athabaska, l'étage basal du crétacé inférieur, connu sous le nom de sables de McMurray ou sables goudronneux, est fortement imprégné de bitume, par endroits jusqu'à 20 pour cent. Les seuls gîtes métalliques de la région se composent de galène et de sphalérite dans les calcaires dévoniens à certains endroits au sud du Grand lac des Esclaves.

Tableau V

Les Grandes Plaines

—	Gîtes minéraux et formations	Modes de gisement
Récent et Pléistocène	Sulphate de sodium, sulfate de magnésium	En couches
Tertiaire		
Oligocène	Houille (mont Turtle, Man.)	En couches
Eocène	Pierre de construction (formation Paskapoo, Alberta)	En couches
Mésozoïque		
Crétacé supérieur	Houille (formation de Ravenscrag, Alberta)	En couches
Montana	Argile réfractaire (formations de Ravenscrag et de Whitemud, sud de le Sask.)	En couches
	Houille (formations de Belly-River et d'Edmonton, Alberta)	En couches
	Gaz (grès de Milk-River, sud-est d'Alberta)	
	Cendre volcanique (formation de Belly-River, sud de Sask.)	En couches
Colorado	Pétrole et gaz (schistes de Colorado, Alberta)	
Crétacé inférieur	Sable bitumineux (formation de McMurray, Alberta)	En couches
	Houille (formations de Grand-Rapids et Kootenay, Alberta)	En couches
	Sable quartzifère, argile semi-réfractaire ("Dakota", Man.)	En couches
Jura	Pétrole et gaz (formations Fernie et Ellis, Alberta)	

Les Grandes Plaines—Fin

	Gîtes minéraux et formations	Modes de gisement
Paléozoïque Carbonifère Dévonien	Pétrole et gaz (Alberta) Pétrole (région du fleuve Mackenzie) Plomb et zinc (Grand Lac des Esclaves)	Filons lenticulaires, etc.
Silurien Ordovicien	Gypse, sel Pierre de construction	En couches En couches

LA RÉGION DES CORDILLÈRES

La région des Cordillères, comprenant la contrée montagneuse bordant l'océan Pacifique, possède, au Canada, une largeur moyenne de 400 milles, une longueur du nord-ouest au sud-est de 1,500 milles, et une superficie de 600,000 milles carrés. C'est une région de montagnes et de plateaux s'orientant nord-ouest. Elle est en majeure partie boisée, sauf à l'intérieur méridional où de vastes étendues de collines et de vallées sont recouvertes d'herbe ou de bois clairsemés. Dans le sud, la population des vallées fertiles s'accroît constamment. La culture des fruits, les mines, la coupe du bois, la pêche et les manufactures sont les industries les plus importantes. Dans la partie méridionale, les chemins de fer, les services de bateau le long du littoral et sur les lacs intérieurs et les routes carrossables constituent d'excellentes voies de communication. Il est plus difficile de voyager dans le nord de la Colombie britannique, car il faut suivre les cours d'eau et les sentiers, et de grands districts y sont à peu près inconnus.

La région des Cordillères peut être subdivisée en trois zones principales. À l'est, les Rocheuses sont séparées de la contrée montagneuse à l'ouest par une dépression connue sous le nom de tranchée des Rocheuses, occupée par le lac Kootenay, source des fleuves Columbia et Fraser et par les rivières Parsnip et Finlay, qui s'unissent pour former la rivière la Paix. Les Rocheuses ont une largeur maximum de 100 milles et s'étendent de la frontière internationale vers le nord sur une distance de 850 milles jusqu'à la rivière Liard. Elles renferment plusieurs pics s'élevant de 10,000 à 12,000 pieds. Au nord de la rivière Liard, les montagnes passent à 100 milles plus à l'est et sont connues sous le nom de monts Mackenzie. Ils forment une chaîne assez peu connue, entre le plateau du Yukon à l'ouest et le fleuve Mackenzie à l'est. Leur altitude ne dépasse probablement pas 7,000 pieds.

La bordure occidentale de la région des Cordillères est caractérisée par une autre large zone montagneuse appelée chaîne côtière. Elle va de la frontière américaine vers le nord sur une distance de 1,000 milles jusque dans le Yukon. Sa largeur varie de 50 à 100 milles et avec elles sont ordinairement comprises les montagnes éloignées des îles de Vancouver et de Reine-Charlotte. La pente est raide jusqu'à une région élevée qui, le long de l'axe de la chaîne, atteint des altitudes de 7,000 à 10,000 pieds. La côte est très irrégulière, étant bordée d'îles et recoupée de fiords.

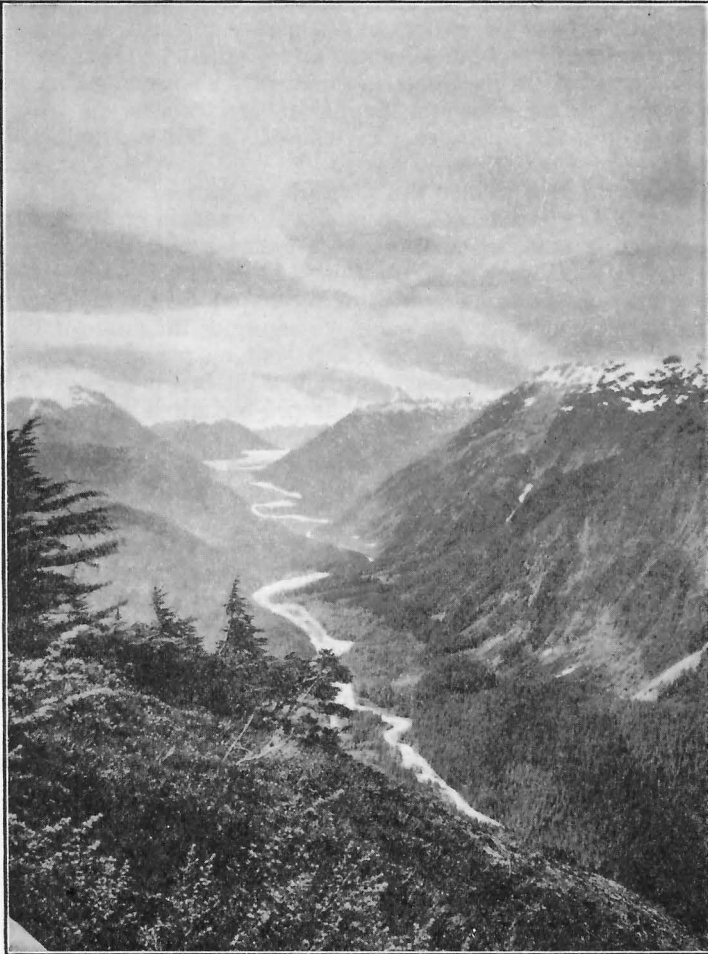
PLANCHE XIII



Lac O'Hara, montagnes Rocheuses. (Phot. A.-O. Wheeler, ministère de l'Intérieur.)

Entre les Rocheuses et les monts Mackenzie à l'est, et la chaîne Côtière et la chaîne St-Elias du Yukon à l'ouest, se trouve la troisième subdivision, une vaste région de plateaux et de chaînes de montagnes. La partie septentrionale constitue le plateau du Yukon, formée de terrain élevé, légèrement onduleux, interrompu en une série de crêtes à sommet plat par des vallées

PLANCHE XIV



Traits topographiques de la chaîne Côtière, canal Portland (C.-B.).

de plusieurs mille pieds de profondeur. Au sud du plateau du Yukon se trouve une région montagneuse dans le nord de la Colombie britannique, laquelle est peu connue. Dans le sud de la Colombie britannique, la région intérieure est un plateau, atteignant des altitudes de 3,000 à 4,000 pieds,

recoupé par des vallées dont le fond se trouve à 1,000 pieds ou davantage en dessous de la surface du plateau. Sur le côté occidental, le plateau rejoint directement la chaîne côtière ou en est séparé par des chaînes de montagnes telles que les Cascades du sud de la Colombie britannique. À l'est se trouve une série de chaînes séparées par des dépressions longitudinales, s'orientant vers le nord-ouest. De celles-ci, la chaîne Selkirk est la plus importante, atteignant jusqu'à 11,000 pieds ou plus d'altitude.

La nature montagneuse de plusieurs districts de la région entrave la prospection. Les fonds de vallées et les pentes inférieures sont ordinairement recouverts d'un manteau alluvionnaire de drift ou de talus. La meilleure vue générale et les meilleurs affleurements s'obtiennent au delà de la limite forestière. C'est pourquoi la plupart des terrains de prospection se trouvent à de grandes altitudes. Le cheval de bât est indispensable au prospecteur.

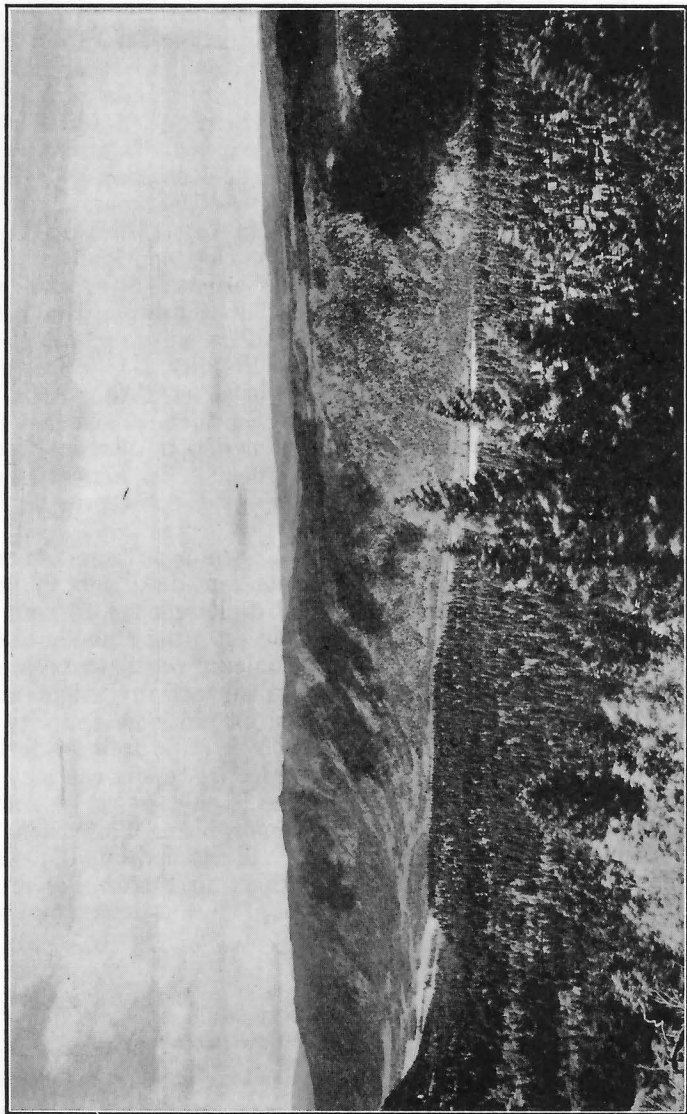
Les roches de la province des Cordillères varient en âge du précambrien au récent. Les Rocheuses, les monts Mackenzie et la chaîne Ogilvie dans le nord du Yukon, se composent de grandes puissances de sédiments précambriens, paléozoïques et mésozoïques. La chaîne Côtière est en grande partie un batholithe complexe du Jura récent ou du Crétacé primitif, englobé dans les sédiments et les roches volcaniques du mésozoïque primitif. Les plateaux et les chaînes de l'intérieur sont en grande partie supportés par des sédiments et des roches volcaniques de la fin du paléozoïque, du mésozoïque et du tertiaire. Les couches pré-tertiaires sont recoupées par de nombreuses roches ignées ayant pris naissance en profondeur, et dans divers districts des strates précambriennes sont mises à jour.

La région des Cordillères fut affectée par deux phases orogéniques depuis le paléozoïque. La première eut lieu à la fin du jura ou au commencement du crétacé et affecta toute la région, à partir des monts Selkirk vers l'ouest. Elle fut accompagnée d'intrusions ignées sur une grande échelle et l'érosion subséquente a mis ces batholithes à découvert, en mettant à jour une large bande qui s'étend vers le littoral du Pacifique et décrit une courbe vers l'est près de la frontière internationale. Cette période d'intrusion fut la principale époque de formation métallifère en Colombie britannique.

La seconde grande phase orogénique fut la Laramide de l'ère éocène. Durant cette période la grande puissance des sédiments qui s'étaient accumulée dans le géosynclinal dans l'emplacement des montagnes Rocheuses actuelles, fut plissée pour former cette chaîne. Des intrusions ignées accompagnèrent probablement l'orogénèse. Il est fort probable que les minerais de zinc plombifère des propriétés Monarch et Kicking-Horse, à Field, s'y rattachent. Une période de minéralisation s'est aussi produite au cours de l'oligocène, alors que des minerais de cuivre se déposèrent à la propriété Sunloch, sur l'île de Vancouver, dans une zone de cisaillement dans le gabbro de cette ère. Les dépôts de mercure dans plusieurs localités de la Colombie britannique sont associés à des laves du miocène ou du pliocène qui ne renferment pas d'autre minéralisation.

La période d'intrusion du batholithe côtier (Coast Range), fut le plus important événement dans l'histoire de la région des Cordillères au point de vue des gîtes minéraux et la très grande majorité des gîtes métallifères de la province doit être rattachée à cette époque de formation métallifère.

PLANCHE XV



Vue à l'ouest à travers la vallée de North-Thompson, près de Vinsulla (C.B.), aspect du plateau intérieur de la région des Cordillères.

Comme on l'a déjà dit, les batholithes granitiques du début du mésozoïque forment une bande longeant le littoral du Pacifique qui, dans la partie méridionale de la Colombie britannique, fait une courbe vers l'est. Des gîtes minéraux se présentent dans deux zones générales, de chaque côté de cette bande de granite. Celle du côté occidental, suivant le littoral du Pacifique et comprenant la frange d'îles, peut être décrite comme la zone minérale du Pacifique, et celle du côté oriental du batholithe, comme la zone intérieure. Dans la partie méridionale de la Colombie britannique, là où le batholithe s'oriente à l'est, on a dénommé la zone du sud, zone frontière, et le côté septentrional minéralisé des batholithes, zone de Kootenay. Les zones du Pacifique et de la frontière sont surtout caractérisées par des dépôts de cuivre. La première comprend des camps tels qu'Anyox, Marble-Bay, Quatsino-Sound et Britannia, et la seconde renferme Copper-Mountain, Phoenix, Deadwood, Rosslund et d'autres. Les bords oriental et septentrional du batholithe renfermant les zones minérales de l'intérieur et de Kootenay, sont surtout remarquables par leurs minerais d'or, d'argent, de plomb et de zinc. La zone intérieure renferme des gîtes tels que Premier, B.C. Silver et autres de la région de Salmon-River, ceux de Bear-River et d'Alice-Arm, la mine Dolly-Varden, et les gisements à Hazelton, à Smithers et aux lacs Ootsa et Whitesail. La zone de Kootenay comprend les dépôts d'argent-plomb-zinc des districts d'Ainsworth, de Slocan et de Lardeau et les minerais de plomb zincifère des mines Sullivan, North-Star et Saint-Eugène près de Kimberley.

Ces camps miniers et d'autres dans la Colombie britannique sont très riches. En 1924 cette province fournit 96 pour cent du plomb, 97 pour cent du zinc, 63 pour cent du cuivre, 41 pour cent de l'argent et 16 pour cent de l'or produits dans tout le Canada. La houille est aussi abondante dans les Rocheuses et dans l'île de Vancouver. La majeure partie se présente dans des couches du crétacé, bien que les houilles du tertiaire soient aussi très répandues. Des dépôts de fer existent aussi en plusieurs endroits dans la région des Cordillères: dans les îles de Vancouver et de Reine-Charlotte; ils se composent de magnétite avec pyrite et chalcopyrite aux contacts du granite, de la granodiorite ou de la diorite avec le calcaire, et se sont apparemment formés dans des conditions de métamorphisme d'influence.

Des dépôts alluvionnaires se présentent à divers endroits dans la région des Cordillères. L'or de la région du Klondike, au Yukon, l'or du district de Cariboo et le platine du district de Tulameen en sont des exemples remarquables.

Tableau VI
Région des Cordillères

Formations	Gîtes minéraux	Modes de gisement
Récents et pléistocène Fluviale, lacustre, glaciaire	Sulfate de magnésium Or, platine	En couches En placers
Pliocène, graviers	Or, platine	En placers
Oligocène, roches volcaniques Conglomérats, grès, schistes	Mercure Houilles	En filons En couches

Région des Cordillères.—Fin

Formations	Gîtes minéraux	Modes de gisement
Eocène, conglomérats, grès, roches volcaniques	Argile réfractaire	En couches
Crétacé supérieur Grès, schistes	Houille	En couches
Roches intrusives batholithiques (Post-trias, mésozoïque et tertiaire)	Or, argent, cuivre, plomb, zinc	En filons
Crétacé inférieur Grès, schistes, conglomérats, assises houillères de Kootenay. Roches volcaniques	Houille	En couches
Jura Schistes Fernie des Rocheuses Roches volcaniques de l'intérieur et du littoral	Or, argent, plomb, zinc, cuivre, fer	En filons, imprégnations dans les zones de cisaillement, remplacements et dépôts de contact alliés au batholithe côtier
Trias, roches volcaniques basiques avec le calcaire	Or, argent, plomb, zinc, cuivre, fer	
Permien, schiste, ardoise		En filons
Pennsylvanien Quartzite, roches volcaniques calcaires	Argent, plomb, cuivre	
Mississipien Schiste, calcaire		
Dévonien Calcaire, ardoise		
Silurien Calcaire		
Ordovicien Schistes, ardoise, calcaire		
Cambrien Calcaire, schistes, quartzites	Zinc, plomb	Remplacements alliés aux roches intrusives post-triasiques
Précambrien Séries {Windermere} schistes, {Purcell} ardoise Quartzite, métargillite, calcaire	Zinc, plomb, pyrite	Remplacements alliés aux intrusions batholithiques
Série de Shuswap Calcaire, schiste, roches volcaniques gneissiques	Argent, plomb, zinc	En filons et en remplacements

CHAPITRE V

*PHÉNOMÈNES D'ORDRE PHYSIQUE DES GÎTES DE MINÉRAI***MÉTHODES DE PROSPECTION MAGNÉTIQUE ET ÉLECTRIQUE***(J.-B. Mawdsley et T.-L. Tanton¹)*

INTRODUCTION

Les méthodes de prospection magnétique et électrique ont été étudiées d'une façon particulière au Canada et dans d'autres parties de l'univers. La plupart des méthodes magnétiques ont été employées avec succès depuis plusieurs années. Bien que les méthodes électriques se fondent sur des principes connus depuis plusieurs décades, ce n'est que depuis dix ou quinze années qu'elles sont employées industriellement, et depuis trois ou quatre ans au Canada.

Pour celui qui doit étudier le sujet dans son ensemble ou décider laquelle des méthodes actuelles est la plus appropriée à son problème particulier, la documentation sur ce sujet est fort peu satisfaisante. Le lecteur ordinaire, par suite du manque d'entraînement, est incapable de se faire une idée juste de l'état de la question ou de telle méthode en particulier. De plus, pour des raisons d'affaires, les compagnies tiennent à garder le secret sur les détails des diverses méthodes, les conditions étudiées et les résultats obtenus. Les données complètes sur les propriétés électriques et magnétiques des sols, de la roche et des minéraux métalliques font défaut, ce qui rend difficile d'interpréter le sens de ces levés.

Les auteurs de cet article ont puisé librement de la documentation publiée sur ce sujet, de même qu'ils se sont inspirés des renseignements reçus des opérateurs. L'auteur de la partie traitant des méthodes de prospection électrique tient à exprimer sa reconnaissance à A.-H. Miller, de l'Observatoire fédéral, Ottawa, et au professeur Eve, aux docteurs Keys et Bieler, du département de physique de l'Université McGill, pour l'échange de vues personnelles sur cette question.

MÉTHODES DE PROSPECTION MAGNÉTIQUE

Théories magnétiques mises en cause

Le mot aimant désigne d'ordinaire un morceau d'acier dont la propriété est d'attirer certaines substances dites corps magnétiques, tels que le fer, le nickel, le cobalt, la pyrrhotine, etc.

¹ Méthodes électriques par J.-B. Mawdsley; méthodes magnétiques par T.-L. Tanton.

Un aimant a deux pôles, un à chaque extrémité. Les positions exactes de ces pôles dépendent de la forme et des dimensions de l'aimant et se trouvent près des extrémités de l'aimant. La ligne unissant ces deux pôles s'appelle axe magnétique. Si un aimant est suspendu de façon qu'il soit libre d'osciller dans un plan horizontal, on constate qu'il se stabilise à des latitudes modérées dans une direction générale nord-sud. On constate aussi qu'une extrémité particulière de cet aimant pointe toujours vers le nord et l'autre vers le sud. L'extrémité qui se porte vers le nord s'appelle donc pôle nord, l'autre, le pôle sud.

On constate que si un aimant est sectionné, chaque section de cet aimant constitue elle-même un aimant avec deux pôles aux extrémités, correspondant à ceux de l'aimant original.

Si deux aimants suspendus librement sont rapprochés l'un de l'autre, les pôles de signe contraire s'attirent et les pôles de même signe se repoussent.

L'espace dans lequel un aimant exerce son attraction s'appelle champ magnétique. L'étude des propriétés de ce champ a conduit à l'établissement de lois sur lesquelles est fondée la théorie magnétique.

La force de ce champ en un point, possède une amplitude et une direction, et s'il était possible d'isoler un pôle nord magnétique il cheminerait à travers le champ magnétique et suivrait une orientation qui rejoindrait le pôle nord au pôle sud de l'aimant en un arc uni par les extrémités.

Faraday a émis l'opinion que tout champ magnétique est traversé par des lignes de force magnétique.

La mise en carte du champ d'un aimant indique que chaque ligne de force suit une voie à partir du pôle nord à travers le champ environnant jusqu'au pôle sud de l'aimant, puis à travers la substance de l'aimant de nouveau jusqu'au pôle nord. Les voies de ces lignes de force magnétique sont, par conséquent, des lignes fermées. Il peut aussi être démontré que le nombre de lignes de force passant par une unité d'aire est plus grand près des pôles et moindre dans une proportion définie, à mesure qu'on s'en éloigne. Le nombre de lignes de force magnétique rayonnant d'un pôle d'un aimant dépend de sa force. Un champ magnétique qui possède plusieurs lignes de force par unité d'aire, a plus d'intensité magnétique ou de résistance que lorsque les lignes de force sont moins nombreuses.

Si un petit aimant, oscillant librement, est placé à un point dans le champ magnétique, son axe coïncide avec la direction des lignes de force et comme les pôles de signe contraire s'attirent, son pôle sud magnétique pointe dans la direction de la ligne de force magnétique vers le pôle nord magnétique du gros aimant.

Certaines substances magnétiques, lorsqu'elles sont placées dans un champ magnétique, deviennent elles-mêmes des aimants; on dit alors qu'elles possèdent le magnétisme par induction. Les lignes de force du champ inducteur se pressent à travers ces substances, donnant lieu à une polarité de direction opposée à celle de la substance magnétique inductive. Le fer doux est une substance facile à aimanter dans un champ magnétique. Ces substances et d'autres qui ne retiennent pas une polarité permanente sont des milieux dans lesquels les lignes de force magnétique circulent avec plus de facilité que dans l'air, et sont dénommées perméables.

Le champ magnétique du globe

On sait que le globe terrestre est en lui-même un gros aimant dont les pôles magnétiques ne se trouvent pas aux pôles géographiques, mais à une certaine distance de ceux-ci.

Environnant cet aimant géant, se trouve son champ magnétique. Des lignes de force réunissent le pôle sud magnétique au pôle nord. Un aimant libre s'arrête dans la direction des lignes de force. L'aiguille d'une boussole, qui est un aimant, dirigera son pôle nord vers le nord magnétique. La direction, la force et la variation de ce champ ont été soigneusement étudiées et mises en carte.

À l'équateur magnétique les lignes de force pointent non seulement vers le nord et le sud magnétiques, mais demeurent horizontales. Au nord ou au sud de cette équateur, les lignes de force plongent en dessous de l'horizontale vers leurs pôles magnétiques respectifs. Le plongement de ces lignes s'accroît à mesure qu'on s'approche des pôles et au-dessus de ces derniers il est vertical. La force du champ magnétique augmente à mesure qu'on se rapproche des pôles.

Bien que ces variations se produisent dans le champ du globe, elles ne sont pas sensibles dans une étendue de quelques milles carrés. Dans une étendue de cette superficie le champ normal de la terre possède des lignes de force presque parallèles, dont l'orientation est le nord et le sud magnétiques, avec une déclinaison marquée. L'angle entre le plan nord astronomique et le plan nord magnétique en un point donné est connu sous le nom d'angle de déclinaison magnétique pour ce point.

Un aimant lesté avec précision et libre de se mouvoir dans des plans verticaux et horizontaux se place dans la direction des lignes de force et indique les directions nord et sud magnétiques et le pendage du champ magnétique. Des instruments plus sensibles révèlent que dans un champ non-tourmenté du globe l'intensité ou la force de ce champ possède une valeur définie, dans une petite région. Il n'est pas tenu compte des changements quotidiens et annuels dans le champ magnétique, de même des changements dûs aux tempêtes magnétiques.

Principes de la prospection

On a déjà avancé que si certaines substances perméables au magnétisme sont placées dans un champ magnétique les lignes de force se pressent dans ces substances et y induisent un magnétisme dont les pôles se trouvent près des extrémités de ces corps. Le fer doux est fortement perméable; quelques minéraux tels que la magnétite et la pyrrhotine le sont un peu moins. Ces substances minérales naturelles gisent dans le champ magnétique du globe terrestre et deviennent des aimants par induction. Le magnétisme induit de ces corps possède un champ qui, naturellement influence le champ magnétique normal de la terre. De ces deux champs en résulte une autre qui diffère du champ normal de la terre. Il diffère en certains points par: (a) la direction, (b) l'intensité ou la force. Le champ irrégulier au voisinage immédiat des corps magnétiques peut être repéré à l'aide d'instruments appropriés. On dit, par conséquent, que la localité possède une attraction locale.

La mesure dans laquelle les corps magnétiques modifient la répartition du champ terrestre normal à la surface du globe dépend: (1) de leur perméabilité magnétique; (2) de leur volume; (3) de leur forme; (4) de leur position par rapport aux lignes de force du champ terrestre normal; (5) de leur profondeur en dessous de la surface de la terre.

Boussole

La direction du champ résultant peut être constatée à l'aide de la boussole. La boussole est une aiguille d'acier aimantée, mobile autour de son centre de gravité. L'extrémité sud de l'aiguille porte un léger poids pour contrebalancer à peu près le pendage du champ naturel du globe, à une latitude quelconque de l'hémisphère boréal. Près d'un massif de minéral magnétique, l'aiguille de la boussole dans presque toutes les positions dévie du méridien magnétique. Dans les cheminements le long de lignes déjà relevées, la déviation qui se produit alors peut être enregistrée à divers points. Si cette ligne n'existe pas on peut se servir d'une boussole à cadran solaire.

La boussole à cadran est une boussole ordinaire d'arpenteur, à laquelle est attachée un petit cadran solaire portatif. Sur le côté nord de cet instrument est placé un montant portant un viseur et à hauteur convenable, un trou par lequel passe un fil qui est attaché au côté sud de la boussole. Sur le pourtour de la boussole est placé le cercle horaire. Le limbe gradué, sur lequel on lit la position de l'aiguille est mobile, et la déclinaison normale peut être ajustée de façon que la déviation locale de l'aiguille, causée par la présence d'un corps magnétique, soit lue d'après la déclinaison normale de l'aiguille plutôt que du vrai nord.

La boussole à cadran sert à indiquer la direction de la composante horizontale du champ magnétique au point d'observation et son intensité horizontale approximative. En comparant la déclinaison enregistrée à divers points, on se rend compte de tous les changements qui peuvent se trouver dans la composante horizontale du champ du globe; la boussole à cadran donne à peu près les mêmes indications que la boussole d'inclinaison qui sera décrite plus loin.

Dans la boussole à cadran le fil indicateur doit être placé à un angle parallèle à l'axe de la terre quand la boussole est maintenue dans une ligne nord-sud, i.e., l'angle entre le cadran et le fil doit être égal à la latitude de l'endroit où la boussole est employée. Les graduations du cercle horaire varient avec la latitude et les fabricants fournissent des cercles de graduation différente pour chaque demi-degré. Les graduations sur le cercle horaire expriment l'heure solaire moyenne, ce qui n'est pas l'heure normale, et il est nécessaire de faire la correction d'après les tables donnant "l'équation du temps" que fournissent les fabricants d'instruments.

Les observations sont faites par les jours de soleil en réglant l'horizontalité de l'instrument et en le faisant tourner autour d'un axe vertical de façon que l'ombre du fil, telle que projetée par le soleil, coïncide avec la graduation correspondant à l'heure du jour, amenant ainsi le fil dans la position nord-sud vraie. On fait alors la lecture de la position de l'aiguille sur le cercle gradué.

Avec la boussole ordinaire et la boussole à cadran, on ne peut faire qu'un levé assez sommaire. Avec les deux instruments on peut établir le rapport de la direction de la composante horizontale du champ. La méthode générale d'effectuer un levé sera décrite plus loin.

Boussole d'inclinaison

Avec la boussole d'inclinaison on peut obtenir une indication de la valeur relative du champ. La boussole d'inclinaison ordinaire est généralement longue de 4 pouces et balancée avec précision, pour tourner librement dans un plan vertical. La boîte de la boussole d'inclinaison est suspendue par un anneau qui assure son pendage vertical. Si elle est placée dans le plan vertical du champ terrestre, dans une région où il n'existe pas d'attraction locale, l'axe de l'aiguille correspond au pendage du champ. Un poids est attaché à l'extrémité sud de l'aiguille (dans l'hémisphère boréal), pour la maintenir approximativement horizontale quand elle est dans le champ terrestre normal. Il existe un autre type de boussole d'inclinaison dans laquelle le contrepoids est suspendu en dessous du pivot au centre de l'aiguille. Cette forme est ordinairement observée (quoique pas nécessairement) dans une position perpendiculaire au plan du méridien magnétique. Quand elle est ainsi maintenue la position de l'aiguille ne dépend que de la variation en intensité de la composante verticale du champ magnétique.

La composante horizontale du champ terrestre est ainsi éliminée et l'attraction due au corps locaux se manifeste ainsi nettement. Ce type de boussole et son mode d'emploi sont plus délicats pour les levés à la boussole d'inclinaison magnétique. Dans une région renfermant des corps qui provoquent une attraction locale, la boussole d'inclinaison donne des indications sur la position de ces corps. Cette méthode fournit de précieux renseignements pour la mise en carte des massifs magnétiques.

EMPLOI DE LA BOUSSOLE ORDINAIRE ET DE LA BOUSSOLE D'INCLINAISON SUR LE TERRAIN

On ne trouvera ici qu'un court aperçu des méthodes en usage dans les levés magnétiques, de même que des difficultés que présente l'interprétation de ces levés. Toute personne qui projète d'entreprendre en grand un travail de ce genre devrait se procurer les articles suivants:

Archibald (R.-S.): "Magnetic Surveys of Iron Deposits"; Eng. and Min. Journ., p. 1157-1160, 10 juin 1911.

Smuth (H.-L.): "Magnetic Observations in Geological and Economic Work"; Econ. Geol., p. 367-379, 1907, p. 200-218, 1908.

Le mode d'emploi sur le terrain de la boussole ordinaire (non pas de la boussole à cadran) ou de la boussole d'inclinaison sont sensiblement le même. Si la direction du corps magnétique est connue, on peut tracer une ligne de cheminement à angles droits sur cette direction et faire des lectures à des distances appropriées sur ces lignes de cheminement. Ces lignes peuvent être espacées de 25 à 200 pieds et les lectures faites de 10 à 100 pieds le long de ces lignes, selon la nature du levé désiré. Si l'allure du corps magnétique est inconnue, ou qu'on désire un levé plus détaillé, les

lignes sont espacées de 25 à 100 pieds l'une de l'autre et les lectures sont faites aux mêmes intervalles le long de ces lignes, selon les détails requis.

Comme il a été dit précédemment, les lectures faites à l'aide de la boussole ordinaire sont des déviations de l'aiguille dans le plan horizontal. A chaque endroit, l'angle de direction de l'aiguille de l'orientation magnétique vraie de la ligne est noté. On procède en visant la boussole sur la ligne d'arpentage à l'aide des mires sur la boîte, puis en lisant la déviation de l'aiguille à partir de cette ligne. Par exemple, si la boîte de la boussole est placée sur la direction d'une ligne d'arpentage de 0 degré magnétique et si l'extrémité nord de l'aiguille indique 22° à l'est du nord, c'est la lecture qui doit être faite.

Les lectures faites avec la boussole à cadran sont analogues, mais les lignes d'arpentage ne sont pas requises, la direction étant donnée par le cadran solaire tel que décrit précédemment. Cette méthode est, naturellement, moins coûteuse que celle qui exige des lignes d'arpentage, mais elle n'est pas aussi précise et exige un temps ensoleillé.

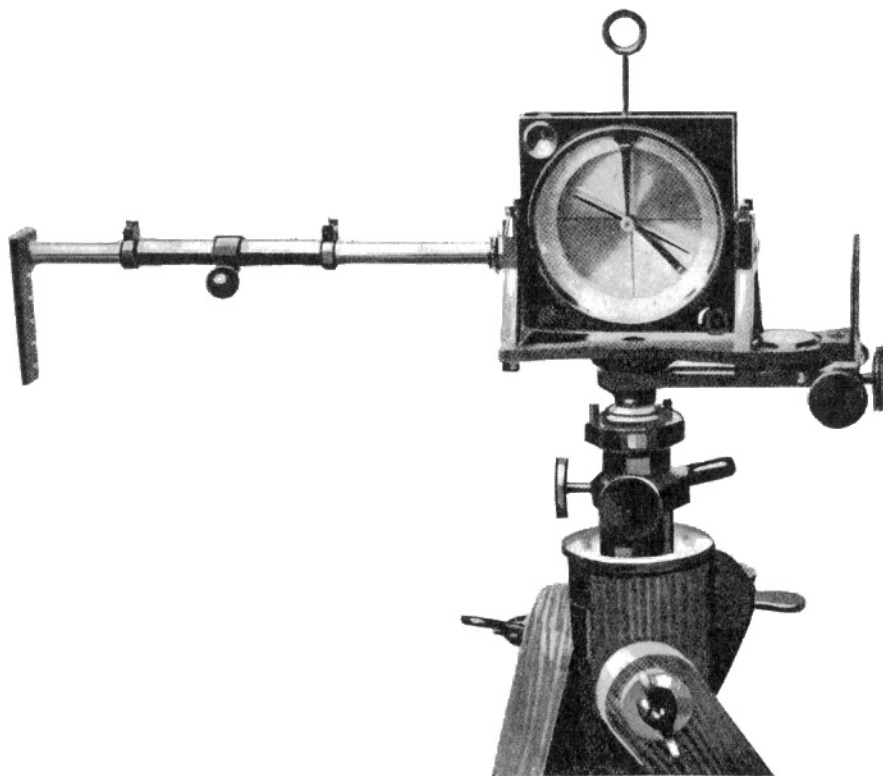
Avec la boussole d'inclinaison on opère sur le terrain de la même manière qu'avec la boussole ordinaire, sauf que l'inclinaison de l'aiguille dans le plan vertical est la lecture à noter. Il faut prendre soin chaque fois de lire la position de la même extrémité de l'aiguille. L'avantage de la boussole d'inclinaison sur la boussole ordinaire est qu'il n'est pas nécessaire de la placer exactement dans la direction du champ magnétique terrestre normal ou perpendiculairement à celui-ci selon la méthode employée, vu que ce que l'on cherche est l'inclinaison maximum dans l'une de ces deux directions. Ceci s'obtient aisément en tournant la boussole d'inclinaison dans un petit arc autour de son axe vertical et en notant son inclinaison maximum, qui est la lecture cherchée.

Les lectures obtenues par ces levés sont soigneusement reportées et les lectures de même amplitude sont unies par des lignes. Dans le cas de la boussole ordinaire les lignes unissent des points d'égale déviation angulaire et, dans le cas de la boussole d'inclinaison, des points d'égale inclinaison, connus sous le nom de lignes isoclinales. Ces lignes ou courbes si elles sont étudiées attentivement peuvent donner de précieux renseignements quant à la position du corps magnétique. Il faut, néanmoins, se rappeler que le champ magnétique terrestre exerce une influence sur le champ des corps magnétiques et déforme ces champs. Si ces éléments ne sont pas parfaitement notés les courbes portées sur la carte peuvent induire en erreur et entraîner une perte de travail si l'on procède par les méthodes en usage pour découvrir les corps magnétiques cachés. Les règles générales indiquées ci-après peuvent être précieuses à l'étude de la carte magnétique. Les inclinaisons maximums se produisent approximativement sur le pôle magnétique du corps magnétique caché. De petits massifs de minerai près de la surface peuvent exercer autant d'attraction que de gros massifs de minerai profondément enfouis, mais leur attraction s'exerce sur une plus faible étendue. Une augmentation lente et soutenue de l'inclinaison, limitée à une petite étendue, indique un petit dépôt. Un minerai magnétique pauvre à la surface peut donner les mêmes indications qu'un minerai magnétique riche en profondeur.

Magnétomètre

Le magnétomètre ordinaire est un instrument plus précis que les précédents, en ce qu'il indique avec une assez grande précision, la valeur relative de la composante horizontale et de la composante verticale d'un champ magnétique à un endroit donné. Le magnétomètre est monté sur un trépied et possède des niveaux d'eau pour le réglage de l'instrument. Droit au-dessus de l'axe vertical du trépied est placée une boîte renfermant une boussole balancée avec précision, d'environ $3\frac{1}{2}$ pouces de longueur pivotant librement dans le plan horizontal quand la boussole est horizontale et

PLANCHE XVI



Magnétomètre Thalén-Tiberg.

librement dans le plan vertical quand la boîte de la boussole est verticale. La boîte est montée sur un joint à rotule, de sorte que la boussole peut être placée soit dans le plan vertical soit dans le plan horizontal. En ligne avec ces rotules et sur un côté se trouve un bras gradué d'environ 9 pouces de longueur. Sur ce bras est placé un cadre mobile destiné à recevoir un mince aimant de 4 pouces—l'aimant de déviation. Cet aimant est facile à

enlever ou à attacher au cadre. Des mires sont montées au bout du bras gradué et à la rotule plus éloignée du bras, permettant ainsi de pouvoir viser avec l'instrument dans le sens d'une ligne.

La force de l'aimant de déviation est préalablement déterminée et son effet sur l'aiguille de la boussole dans le champ magnétique normal terrestre est noté. Un levé au magnétomètre est alors effectué de la façon suivante. L'instrument est placé à un endroit permettant de viser dans le sens d'une ligne d'arpentage. L'aimant de déviation n'étant pas sur l'instrument et la caisse de la boussole étant horizontale, la direction du champ magnétique à cet endroit est indiquée par la direction de l'aiguille. L'aimant de déviation est alors attaché au châssis sur le bras gradué. En notant la déviation de l'aiguille de la boussole, la position de l'aimant de déviation sur le bras gradué et en utilisant la valeur de la force connue de l'aimant de déviation et l'intensité normale du champ magnétique terrestre, la force relative de la composante horizontale du champ terrestre est calculée pour cet endroit par la méthode des sinus ou des tangentes. Cette méthode donne la direction et l'intensité de la composante horizontale du champ, et peut être exprimée comme un vecteur ayant une longueur, une direction et un sens positif ou négatif. On comprend que dans un champ tourmenté, on puisse dresser une carte très intéressante.

La composante verticale peut être obtenue de la même façon sauf que la boussole est alors employée verticalement. En fait c'est ordinairement la seule composante qui soit lue, car elle s'obtient un peu plus rapidement. On obtient de cette manière non seulement la direction et les composantes horizontale et verticale, mais également l'intensité relative totale du champ magnétique.

Cet instrument est beaucoup employé dans la recherche des massifs magnétiques—magnétite, pyrrhotine, etc. La Division des Mines a exécuté, il y a plusieurs années, un bon nombre de levés au magnétomètre. On s'en sert aussi actuellement pour les massifs de minerai d'Ontario et de Québec, à teneur de pyrrhotine.

L'interprétation des cartes magnétométriques n'est pas aussi simple qu'elle paraît de prime abord et ceux que la question intéresse feront bien de consulter l'ouvrage d'Haanel¹, qui, quoique épuisé, se trouve dans toutes les bibliothèques scientifiques. Les difficultés d'interprétation des levés magnétométriques sont les mêmes que celles qui ont été signalées au chapitre sur "l'emploi de la Boussole ordinaire et de la Boussole d'inclinaison".

Balance magnétométrique verticale et horizontale

Les balances magnétométriques verticale et horizontale sont fabriquées par diverses compagnies, entre autres l'Askania-Werke. Ces instruments servent à mesurer les mêmes quantités que les magnétomètres, c'est-à-dire la direction, l'intensité relative et les composantes verticale et horizontale relatives d'un champ en un point. Ces instruments sont extrêmement

¹ Haanel (E.): "On the Location and Examination of Magnetic Ore Deposits by Magnetometric Measurements"; Div. des Mines, Min. de l'Intérieur, 1904.

Smyth (H.-L.): "Magnetic Observations in Geological and Economic Work;" Econ. Geol., p. 367-379, 1907; p. 200-218, 1908.

sensibles et enregistrent les moindres variations dans le champ terrestre. Ils peuvent repérer, par exemple, le contact entre les formations géologiques, lequel n'est pas toujours très magnétique. Ces instruments sont dispendieux et les fabricants incluent dans le prix un cours sur leur usage. Il est probable que seul un physicien expérimenté puisse s'en servir efficacement. Ces instruments sont employés pour localiser les failles et les roches intrusives, dans certaines phases de la recherche des nappes de pétrole ou des dépôts de sel et dans la localisation des gîtes miniers.

Inducteur de magnétisme terrestre

L'inducteur terrestre est un instrument qui possède des possibilités théoriques. Jusqu'ici on ne sache pas qu'il ait été employé dans la pratique ordinaire, bien qu'il soit dans le commerce. Cet instrument consiste essentiellement en une bobine tournant à une vitesse fixe. La rotation de cette bobine dans le champ terrestre fait passer un courant qui peut être mesuré dans la bobine. Comme on l'a fait remarquer, la concentration des lignes de force magnétique au voisinage de corps magnétiques varie, et les lectures de cet instrument varient à mesure qu'on traverse un champ magnétique.

MÉTHODES DE PROSPECTION ÉLECTRIQUE

Les méthodes de prospection électrique reposent sur la différence dans les propriétés électriques de certains minéraux, et de roches et drift ordinaires. Plusieurs de ces minéraux sont des minerais précieux quand ils se présentent en quantités suffisantes. On peut localiser la position de ces massifs au moyen de mesures appropriées des propriétés électriques d'une région.

Les régions possédant des propriétés électriques particulières doivent être mises en corrélation avec la géologie locale connue. Un levé électrique ne peut qu'indiquer la nature électrique de la région. Si la géologie est connue, on peut souvent en déduire les causes des réactions électriques, et de cette façon le levé peut être fort révélateur. Si la géologie n'est pas connue il est à craindre qu'il y ait plus d'une explication géologique des phénomènes électriques observés.

Les méthodes de prospection électrique sont simplement une aide pour le géologue et l'ingénieur des mines. Elles se placent à peu près entre la mise en carte de la géologie d'une propriété et la détermination de sa valeur véritable par les méthodes éprouvées de mines, le dépouillement, les tranchées, le forage au diamant ou quelque autre sondage, le fonçage de puits et le développement souterrain. Dans la plupart des régions, le géologue peut positivement éliminer certaines étendues qui ne méritent pas d'être relevées ou prospectées par quelque méthode électrique, et dans une région de bon augure, sa tâche est de veiller à l'emploi le plus économique des méthodes électriques et de mines.

La description suivante des diverses méthodes électriques est, de toute nécessité, très générale. La complexité de quelques-uns des appareils, les calculs mathématiques exigés par l'interprétation des lectures électriques,

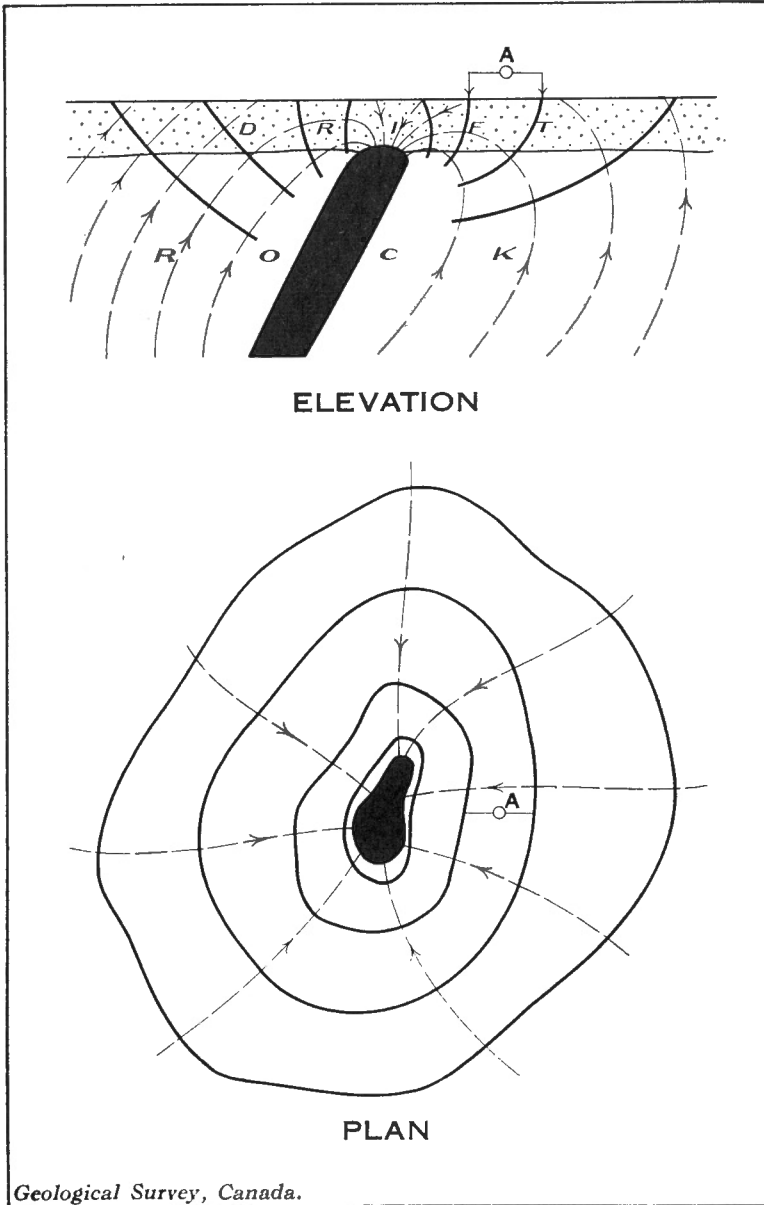
et les détails de la technique sur le terrain et les déterminations de bureau n'y sont pas étudiés. Une grande partie des renseignements sont la propriété particulière de certaines compagnies de prospection, qu'elles gardent secrètement. Il est évident que le succès des levés électriques dépend de l'habileté du personnel de campagne et de bureau. Ce personnel doit avoir une maîtrise parfaite des principes et de la technique et être capable de se rendre compte des conditions et des difficultés qui seront rencontrées. Ces aptitudes sont donc celles de physiciens ou d'ingénieurs des mines expérimentés, possédant des notions de géologie assez étendues.

Les méthodes électriques peuvent être divisées en trois catégories principales, selon qu'elles reposent sur :

- (1) La mesure des effets du courant naturel.
- (2) La mesure de l'effet du courant continu engendré par une génératrice ou pile et transmis dans le terrain à étudier.
- (3) La mesure de l'effet d'un courant alternatif provenant d'une génératrice ou d'une pile et envoyé dans le terrain à étudier ou servant à y induire du courant.

Méthode par courant naturel

Les méthodes du courant naturel dépendent d'un phénomène connu, l'action voltaïque, qui existe aux environs de certains massifs de minéraux. L'action voltaïque qui se produit autour de ces corps est analogue à celle qui se produit dans une pile sèche ou humide ordinaire dans laquelle deux électrodes de composition chimique différente sont placées dans une solution qui est un électrolyte — c'est-à-dire une solution qui agit chimiquement sur les électrodes et engendre le passage du courant électrique d'une électrode à l'autre; si les électrodes sont reliées par un corps conducteur de l'électricité, cette énergie ou courant électrique suit ce conducteur et peut être mesurée. On dit qu'une des électrodes possède un potentiel plus faible que l'autre, et que le courant passe dans le circuit extérieur de l'électrode à plus fort potentiel, à celle de potentiel plus faible. La différence de potentiel entre ces deux électrodes est le voltage de la pile. Dans la nature un état de choses tout à fait analogue existe dans certains cas, même dans les structures salifères et pétrolifères, mais surtout dans le cas des bons conducteurs, tels que les sulfures métalliques et les métaux natifs sauf la sphalérite et la stibine, dans une région où il y a de l'eau souterraine. L'eau souterraine avec les sels qu'elle contient en solution constitue l'électrolyte de la pile naturelle. Les eaux près de la surface ont généralement des propriétés oxydantes, tandis que les eaux profondes sont réductrices ou neutres. La différence dans l'action chimique près de la surface et en profondeur établit une différence de potentiel et le courant passe de la partie inférieure du massif minéral par la roche encaissante à la partie supérieure du massif, puis descend à travers le massif lui-même, en formant ainsi un circuit complet. On verra que le sommet central du filon ou massif est négatif et que le courant passe de tous les côtés dans ce centre, connu sous le nom de centre négatif. L'adaptation de cette propriété voltaïque de certains minéraux de gîtes à la prospection électrique fut en grande partie développée



Geological Survey, Canada.

Figure 11. Passage d'un courant naturel autour d'un massif de minerai sulfureux. A, Electrodes détectrices et potentiomètre; le passage du courant est indiqué par les petites flèches; les traces des surfaces équipotentielles sont représentées par les lignes grasses.

par le professeur Schlumberger de l'Ecole des Mines, Paris (figure 11). L'appareil pour le travail sur le terrain est excessivement simple et se compose de deux minces tiges de cuivre, à la hauteur de la ceinture, reliées par une longueur de fil d'ordinaire de 100 pieds. Au sommet de l'une de ces tiges ou électrodes détectrices est fixé un potentiomètre sensible. Cet instrument mesure la différence de potentiel entre les deux électrodes détectrices et indique la direction du passage de courant. A la base de ces électrodes sont placés deux petits pots de grès contenant une solution saturée de sulfate de cuivre, dans laquelle plonge les tiges de cuivre. Les pots sont bouchés et faciles à transporter. Ces pots empêchent les pointes métalliques de venir en contact avec la terre humide et d'établir un courant qui leur soit propre (c'est-à-dire polarisant), et d'empêcher ainsi la mesure des courants naturels (figure 12).

La méthode ordinairement employée consiste à traverser le claim de lignes droites d'une limite à l'autre. L'opérateur et son aide suivent l'une de ces lignes. L'aide met l'électrode simple en contact avec le sol et l'opéra-

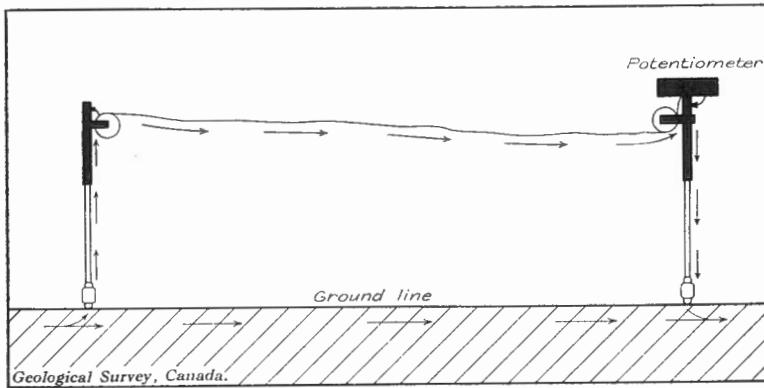


Figure 12. Voie du courant à partir de la terre par les électrodes et le potentiomètre.

teur avec l'électrode et le potentiomètre s'éloigne de 10 à 100 pieds suivant le cas et met son électrode en contact avec le terrain. Du courant passant dans le sol entre ces deux points, une partie dévie vers les électrodes, le fil qui les relie et le potentiomètre. Le potentiomètre indiquera la direction du passage de courant et la différence de potentiel entre les deux électrodes. L'homme portant le potentiomètre se rend ensuite à la station suivante et l'aide avance et place son électrode à l'endroit que vient de quitter l'opérateur. Le procédé se continue jusqu'au bout de la ligne et sur toutes les autres lignes.

Les résultats sont reportés en abaques, les potentiels négatifs au-dessus des lignes de cheminement et les positifs en dessous. Comme il a été dit précédemment, le point du sol au-dessus du conducteur ou massif minéral est son centre négatif et sur ces cheminements les profils à proximité du

centre négatif constituent une charge. Si la charge est faible et étroite le conducteur est faible et petit, si elle est large et élevée le conducteur est fort et gros. Naturellement la distance de ce conducteur en dessous de la surface influe grandement sur la forme de ces profils. Ces profils sont dirigés, lorsqu'il est possible, à travers la direction de la formation. Si cette direction n'est pas connue, on emploie une méthode quelque peu différente. Des lignes sont tirées et des lectures sont faites jusqu'à ce qu'on s'aperçoive que le courant passe par un certain point, le centre négatif, alors autour de ce centre des points sont recherchés qui tous diffèrent du centre négatif par la même différence de potentiel. La ligne reliant tous ces points de valeur potentielle égale est une ligne équipotentielle. Une telle ligne constitue une boucle fermée autour du centre négatif. Des lignes semblables à une distance de plus en plus grande et, par conséquent, de différence potentielle de plus en plus grande de ce centre négatif, sont tracées de la même façon. Le centre négatif, comme il a été dit précédemment, repose sur le centre électrique du conducteur, et la forme des lignes équipotentielles indique l'allure et la dimension du massif.

La méthode de Schlumberger présente certaines difficultés d'application. Il faut établir de bons contacts avec le sol au moyen d'électrodes détectrices, ce qui n'est pas toujours facile. Une surface sablonneuse sèche, la neige ou un marais humide rendent impossible d'établir le passage convenable des courants naturels par le potentiomètre. Aussi les lectures faites immédiatement après une pluie, qui dilue l'eau d'imbibition ou électrolyte, seront différentes de celles faites pendant une période sèche. Néanmoins, la vitesse, la facilité de manœuvre et le coût peu élevé la recommandent. Elle a été passablement employée au Canada.

Méthodes par courant continu

Au lieu d'étudier les courants continus naturels dans une région, les méthodes par courant continu emploient des courants fournis par une génératrice ou piles à courant continu qui sont envoyés dans le terrain à prospecter. Ces méthodes dépendent de la différence de conductibilité électrique entre plusieurs minéraux de gîtes tels que les sulfures métalliques, la pyrite, la chalcoppyrite, la pyrrhotine (à l'exclusion de la sphalérite et de la stibine); les antimoniures, les arséniures; telles que l'arsénopyrite, les oxydes, tels que l'hématite et la magnétite, etc., et les roches et les sols ordinaires non-conducteurs. Le graphite et le charbon sont bien meilleurs conducteurs que les roches et les sols ordinaires. Il existe aussi une différence de conductibilité entre le pétrole, le sel en solution et le sel cristallisé, de même qu'entre les diverses roches, mais la conductibilité de ces matières est relativement faible. Les roches basiques sont ordinairement plus conductrices que les roches acides.

Le tableau suivant¹ indique la résistance électrique de quelques minéraux et roches.

¹ Lunberg (Hans): "Electrical and Electromagnetic Prospecting;" Trans. Am. Inst. Min. and Met., Eng. 1924, p. 4.

Minéraux	Ohms par cm. ³	Roches et minerais	Nombre approxima- tif d'Ohms par cm. ³
Calcite	5.0×10^{14}	Quartzite, calcaire, grès, granite...	10^{11}
Quartz	3.8×10^{11}	Leptite, schistes	10^9
Mica	1.5×10^{10}	Roche verte	10^8
Serpentine	2.0×10^4	Hématite et minéral de fer spa- thique	10^8
Sidérite	7.1×10^3	Minéral de blende de zinc (non ferreux)	10^8
Marcasite	10.0	Minéral de fer spéculaire	10-100
Chalcopyrite	1.0	Minéral de magnétite	10-100
Molybdénite	0.8	Schistes avec pyrrhotine	5-100
Magnétite	0.6	Minéral de galène	1
Fer spéculaire	0.8-0.4	Minéral de chalcopyrite	0.1
Graphite	0.03	Minéral de pyrite sulfureuse	0.1
Pyrite	0.02		
Pyrrhotine	0.01		
Galène	0.003		

Les trois méthodes employant cette source extérieure de courant continu, ou comme on l'appelle ordinairement courant continu imprimé, diffèrent essentiellement dans la façon par laquelle le courant continu est envoyé dans le sol. Les deux principales méthodes dans lesquelles ce courant est appliqué ou débité dans un terrain sont les deux premières des trois suivantes:

- (1) Par électrodes à pointe.
- (2) Par électrodes à fil parallèle.
- (3) Une troisième en est encore à la phase expérimentale: c'est la méthode du "saut de mouton" (Leap frog) du Dr Eve.

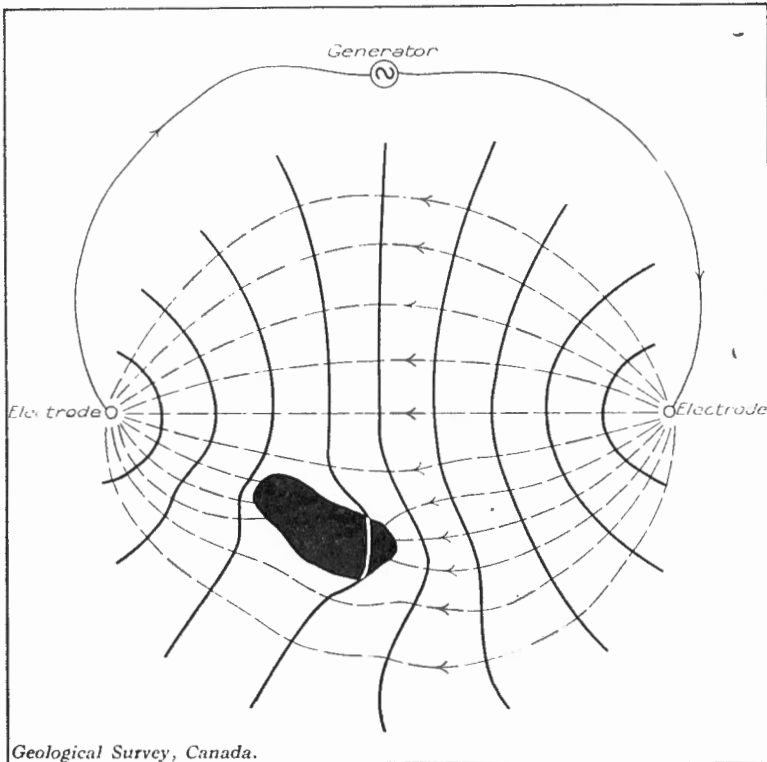
ÉLECTRODES À POINTE, MÉTHODE DU COURANT CONTINU

Dans la méthode à électrodes à pointe le courant produit par une génératrice ou des piles est transmis dans le sol à deux endroits ou électrodes-sources. Ces électrodes-sources sont généralement des plaques métalliques enfouies dans le sol. D'ordinaire leur voltage est de 100 à 135 volts.

Un courant envoyé dans une étendue de roches ou de minéraux de conductibilité différente suit la voie de la plus forte conductibilité. En présence de corps hautement conducteurs dans une étendue de faible conductibilité, les voies normales de ce courant seront tortueuses au fur et à mesure qu'une grande quantité de courant passera par les bons conducteurs. L'étude de cette distortion des voies régulières du passage d'un courant indique l'emplacement des bons conducteurs dans l'étendue. En pratique, ce n'est pas la voie du courant qui est suivie, mais la chute de potentiel le long de ces voies. Ces lignes sont tracées par deux électrodes détectrices—semblables à celles employées dans la méthode par courant naturel—reliées à une autre au moyen de 100 pieds ou à peu près de fil de cuivre passant par un petit ampèremètre—instrument pour le mesurage de l'intensité d'un courant qui passe dans ce fil. Si les deux électrodes détectrices se trouvent sur deux voies de courant à des points qui sont au même potentiel, il ne passera pas de courant par l'ampèremètre

qui marquera zéro, puisque la différence de potentiel est nécessaire au passage du courant. Ces équipotentielles sont tracées en plaçant l'électrode de l'opérateur à un point, l'aide avançant et cherchant avec son électrode jusqu'à ce qu'il arrive à un point d'équipotentiel, avec l'électrode de l'opérateur. Un jalon est alors placé à ces endroits et l'opérateur avance à la station occupée par l'aide qui se rend plus loin et localise un autre point de la même façon. Les points reposent, par conséquent, sur une ligne équipotentielle.

Une chute égale de potentiel se produira sur une plus longue distance dans un bon conducteur et sur une plus courte distance dans un plus faible.



Geological Survey, Canada.

Figure 13. Région renfermant un massif minéralisé conducteur, présentant le passage du courant et les lignes équipotentielles quand on se sert d'électrodes à pointe. Le passage du courant est indiqué par de fines lignes brisées; les lignes équipotentielles, par des lignes grasses.

Ces distances seront proportionnelles à la conductibilité de la roche ou du minéral sur le long de ces voies. On constatera, si des points de potentiel égal sur des voies adjacentes de courant sont reliés par des lignes (lignes équipotentielles), que les lignes équipotentielles tendent à s'éloigner des bons conducteurs. Ce trait caractéristique est, par conséquent, employé dans la localisation des massifs conducteurs. Sur une carte présentant des lignes équipotentielles, on aperçoit un vide ou une diminution du nom-

bre de lignes sur les conducteurs. Dans la méthode des électrodes à pointe les lignes équipotentiellles aux environs des électrodes-sources dans les terrains de conductibilité uniforme sont des courbes régulières. Dans une région renfermant des massifs conducteurs, les lignes équipotentiellles sont déviées ou tordues aux points où se trouvent les massifs conducteurs (figure 13.) Dans une contrée rugueuse, et là où les conducteurs sont assez faibles, la distortion de ces lignes est difficile à déterminer avec précision. Bien que cette méthode offre certains désavantages comparativement à celle qui est décrite immédiatement après, elle possède la simplicité et l'action directe dans le travail sur le terrain qui compensent quelque peu la difficulté dans l'interprétation des résultats. Il est assez clair qu'un physicien exercé peut mieux se servir de cette méthode ou de toute autre méthode électrique.

MÉTHODE DES ÉLECTRODES À FILS PARALLÈLES

La méthode des électrodes à fils parallèles ressemble beaucoup, dans ses grandes lignes, à celle qui vient d'être décrite, sauf que le courant lancé dans le sol passe non pas entre deux électrodes simples mais entre deux fils

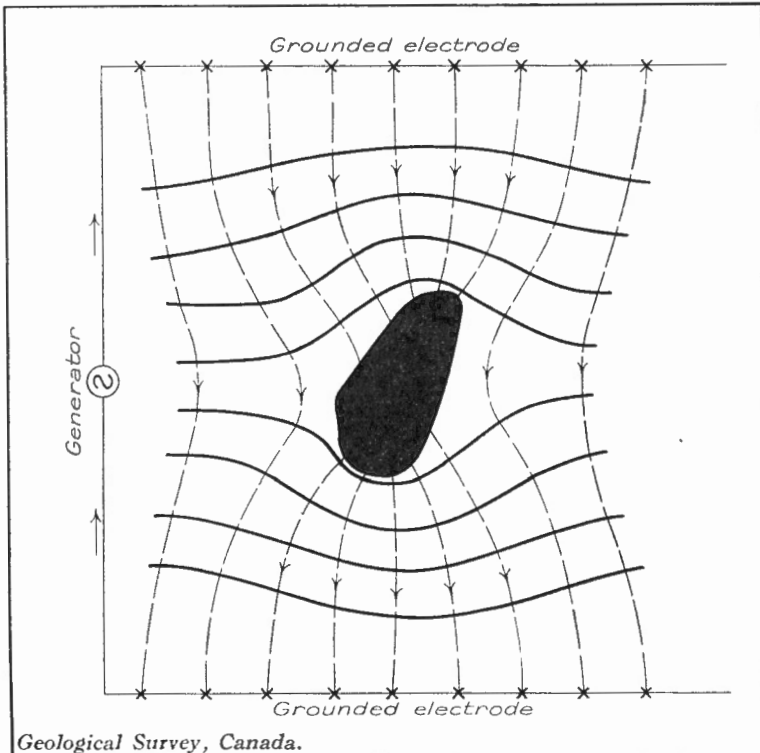


Figure 14. Région renfermant un massif minéralisé conducteur, présentant le passage de courant et des lignes équipotentiellles quand on se sert d'électrodes parallèles à prises de terre. Le passage du courant est indiqué par de fines lignes brisées; les lignes équipotentiellles par des lignes grasses.

parallèles qui ont des prises de terre à plusieurs endroits sur leur longueur. Ces fils ont ordinairement 2,000 pieds de longueur et sont distancés de 2,000 pieds ou davantage. Le voltage utilisé est le même que pour la dernière méthode décrite, c'est-à-dire 100 à 135 volts. Le courant coule en lignes directes du fil positif à travers le sol au fil négatif, et non pas en courbes comme dans la méthode à un seul pôle. Dans un champ qui ne renferme pas de conducteurs anormaux ces lignes sont droites et les lignes équipotentielles qui les traversent à angles droits, sont toutes parallèles et à équidistance l'une de l'autre. Lorsqu'il existe un conducteur anormal elles s'en éloignent (figure 14).

La méthode de tracer les lignes équipotentielles est la même que dans la méthode à électrodes à pointe décrite précédemment. Il est évident que l'emplacement et la forme des conducteurs est plus facile à reconnaître par cette méthode que par la méthode à électrodes à pointe; mais il semble clair que les longues électrodes et leurs prises de terre en plusieurs endroits présentent des difficultés et des causes de trouble.

MÉTHODE " PAR SAUT DE MOUTON " (LEAP FROG)

La méthode par " saut de mouton " (leap frog), fut imaginée par le professeur Eve au cours de l'été de 1927 en effectuant des essais de méthodes électriques de concert avec le Bureau des Mines des Etats-Unis. Trois électrodes métalliques mobiles sont placées à trois points à égale distance l'une de l'autre sur une ligne droite. Une pile de 135 volts est reliée entre les deux électrodes extérieures. A travers le sol, entre ces deux points, circule un courant avec chute de potentiel de 135 volts. Si la conductibilité du sol est uniforme, la chute de potentiel est uniforme entre les deux électrodes. Si un bon conducteur se présente la chute de potentiel à travers ce conducteur est beaucoup moindre par unité de longueur que dans le reste du sol moins conducteur. Un voltmètre est relié entre la première électrode et celle du centre et le voltage du courant débité entre ces électrodes ou leur différence de potentiel est enregistré. Le reste de la chute de 135 volts se trouve entre la troisième électrode et celle du milieu. On peut immédiatement constater que des deux segments, de la première à la deuxième électrode et de la deuxième à la troisième, le segment ayant la meilleure conductibilité présente la chute de potentiel la plus faible; ou la différence de voltage, entre ces deux extrémités. En d'autres termes, la conductibilité de ces deux portions de terrain est inversement proportionnelle à la chute de voltage qui s'y présente.

La lecture suivante est faite après avoir avancé les électrodes d'une autre unité de distance; la première électrode prend la place de la deuxième, la deuxième celle de la troisième et la troisième occupe un autre point en avant. On procède de la même façon que pour la première lecture. Les chutes de voltage entre la première et la deuxième électrode et entre la deuxième et la troisième sont notées. Avec la conductibilité de la première portion de terrain prise comme datum, la deuxième, la troisième et les portions subséquentes sont calculées par proportion; ce qui donne un chiffre pour la conductibilité de chacune de ces portions. La région entière à prospecter peut être étudiée de la même façon dans une série de carrés. Chaque côté d'un carré aura un chiffre désignant sa conductibilité. Quand les chiffres

entre des échelles définies de valeur sont reliés, il en résulte une série de lignes courbes. Les lignes de forte conductibilité reposent sur la partie la plus conductrice de la région et celles de moindre conductibilité gisent sur la partie la moins conductrice. La méthode est extrêmement simple, ne comportant que des calculs directs et simples. Un point faible de la méthode c'est qu'on suppose toujours que les prises de terre sont dans chaque cas également bonnes. On peut constater que toute difficulté en faisant une prise de terre influe sur la précision de toutes les lectures subséquentes. Aussi la teneur en humidité du sol affecte la résistance aux contacts immédiats avec le sol.

Méthodes par courant alternatif

Dans plusieurs méthodes de prospection électrique on utilise le courant alternatif. Dans les procédés par courant alternatif, quelques-uns emploient la méthode équipotentielle, d'autres la méthode électromagnétique et mesurent les diverses propriétés du champ électromagnétique. Comme on l'a dit précédemment les méthodes par courant alternatif sont les plus importantes. Elles ont des avantages distincts sur les méthodes par courant continu. En se servant de courant alternatif les difficultés de polarisation sont éliminées, les faibles courants peuvent facilement être découverts par l'emploi d'amplificateurs simples — les amplificateurs à courant continu sont ordinairement volumineux et lourds — et un récepteur téléphonique ordinaire ou détecteur peut être utilisé. Le détecteur téléphonique est un instrument peu coûteux, rudimentaire, et sensible, beaucoup plus léger et facile à transporter que l'indicateur de charge. On trouvera à la fin de cet article une comparaison entre les méthodes équipotentielles et électromagnétiques. Plusieurs compagnies de prospection se servant des méthodes par courant alternatif ont publié des brochures explicatives, mais elles ne donnent pas une idée claire et détaillée du mode d'opération sur le terrain ou des quantités à mesurer pour obtenir leurs résultats. Il est vrai que presque toutes les compagnies contrôlent leurs résultats par l'emploi de plus d'une méthode ou par le mesurage de plus d'une quantité électromagnétique.

MÉTHODES ÉQUIPOTENTIELLES

Les deux méthodes équipotentielles qui utilisent le courant alternatif diffèrent l'une de l'autre dans la façon dont le courant alternatif est envoyé dans le sol. L'une emploie l'électrode-source à pointe, l'autre l'électrode à fils parallèles. Elles sont identiques aux deux premières méthodes décrites sous le titre des méthodes par courant continu.

Dans le rattachement du système d'électrodes à fils parallèles, deux électrodes de 2,000 à 3,000 pieds sont placés à 3,000 pieds ou à peu près de distance l'une de l'autre avec prises de terre sur leur longueur. Elles sont reliées à une extrémité par un câble électrique passant par une petite génératrice à courant alternatif. Le circuit du courant alternatif est complété par le courant coulant dans le sol entre les électrodes. Comme le courant alternatif est renversé plusieurs fois par seconde, la polarisation aux endroits où le courant est débité dans le sol est éliminée. Un passage plus uniforme du courant dans le sol est réalisé que si l'on se servait de courant

continu. L'interprétation du passage du courant alternatif dans le sol est la même que pour la méthode par courant équipotentiel continu, c'est-à-dire, que les lignes équipotentiellles sont tracées par deux électrodes détectrices reliées par un câble électrique passant par un micro-ampèremètre ou un micro-voltmètre. Si les deux électrodes se trouvent à des points équipotentiels, aucun courant ne passe entre elles et l'ampèremètre ou le voltmètre marque zéro. On peut aussi employer ou le courant alternatif ou le courant continu, car, aux deux endroits des électrodes sur cette ligne équipotentielle, le courant alternatif passe dans le sol dans la même direction en même temps, et atteint le point zéro en même temps. Il possède aussi le même voltage au potentiel au même instant, de sorte qu'il ne peut se produire aucun ajustement électrique entre ces deux points par un passage de courant entre les électrodes qui donnerait une lecture dans l'ampèremètre ou le voltmètre.

En pratique, au lieu d'une génératrice de courant alternatif comme source de courant, on se sert généralement d'une pile de 6 volts reliée en série à un vibreur et à une bobine d'induction. Le vibreur rompt le circuit, donnant du courant continu intermittent, c'est-à-dire que le voltage du courant atteint un sommet, puis retombe à zéro. Au point de vue du physicien ce courant possède plusieurs des autres propriétés d'un courant alternatif et cette méthode est ordinairement groupée avec les méthodes du courant alternatif. Dans cette méthode les électrodes détectrices sont rattachées ensemble par un serre-tête de téléphone avec lequel on emploie parfois un amplificateur. Quand les deux électrodes se trouvent sur la même ligne équipotentielle, il ne passe pas de courant par le téléphone et aucun son n'est entendu. Si un courant passe par le téléphone, on entend un bourdonnement ayant la même fréquence de vibration que le vibreur attaché aux électrodes sources. On dit que cette méthode est plus sûre et plus précise que le micro-ampèremètre ou le micro-voltmètre.

MÉTHODES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Principes généraux

Les méthodes électromagnétiques sont fondées sur l'étude des phénomènes électromagnétiques. Quand un courant est envoyé dans un conducteur, un fil, par exemple, il existe un champ autour de ce fil, et les lignes de force qui l'environnent se rattachent et forment un anneau autour de celui-ci. Si une aiguille aimantée est placée dans le champ d'un fil ainsi chargé, les lignes de force dans ces environs orientent l'aiguille dans leur propre direction; les propriétés de ces lignes de force sont les mêmes que celles qui entourent un aimant. Ce sont en général des lignes de force magnétique et, à cause de leur origine, sont connues sous le nom de lignes de force électromagnétique.

Si un bon conducteur électrique, tel qu'un fil, est placé de façon à recouper les lignes de force d'un aimant ou les lignes d'un champ électromagnétique autour d'un fil chargé, il se produit du courant dans le conducteur en mouvement. La direction de ce courant induit ou secondaire prend une orientation définie par rapport aux lignes de force recoupées. Le champ de force recoupé est connu sous le nom de champ primaire et le courant engen-

drant ce champ constitue le courant primaire. Le courant dans le conducteur en mouvement s'appelle courant secondaire ou induit. L'intensité du courant secondaire est directement proportionnelle au nombre de lignes de force du champ primaire recoupé par unité de temps; elle est aussi proportionnelle à la conductibilité du conducteur secondaire. Un bon conducteur se laisse traverser par un courant plus intense qu'un faible conducteur.

Si le courant primaire est alternatif, c'est-à-dire, si à un moment il passe dans un sens, et le moment suivant en sens inverse, son champ sera aussi alternatif, rompu en sens inverse chaque fois que le courant change de direction. Le conducteur chargé du courant induit secondaire n'a pas, dans ce cas, besoin d'être déplacé pour recouper les lignes de force, car elles recouperont ce conducteur secondaire chaque fois qu'elles sont rompues autour du conducteur à courant primaire alternatif.

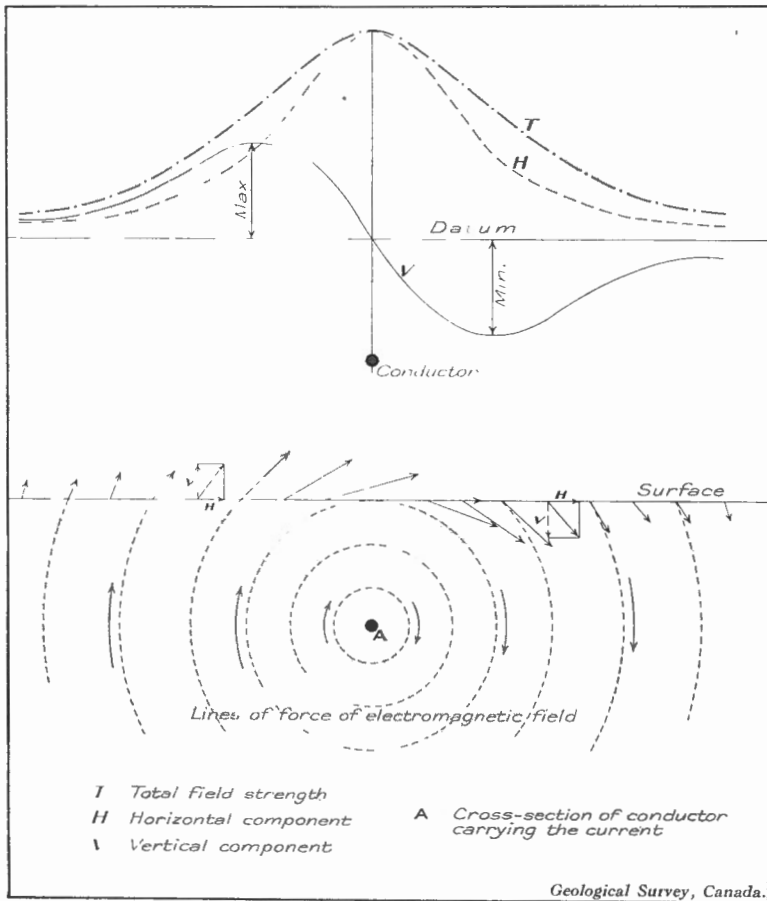


Figure 15. Champ électromagnétique autour du passage de courant.

Dans le cas de méthodes électromagnétiques un champ primaire est diffusé sensiblement de la même manière que dans le cas du sans-fil ordinaire. On emploie une grande ou une petite antenne. L'antenne est placée tantôt verticalement, tantôt horizontalement. Si la boucle est placée verticalement, le champ primaire est généralement horizontal. Si la boucle est horizontale le champ primaire est vertical. La longueur d'onde, ou réciproquement la fréquence d'onde, varie également. Dans certaines méthodes on emploie une basse fréquence, dans d'autres, une haute fréquence.

Dans le cas d'un massif conducteur qui est environné par un champ électromagnétique alternatif diffusé, un courant alternatif est induit dans ce massif général. Ce courant coule à la périphérie du massif en une boucle fermée. Les lignes de force électromagnétique recoupant cette boucle font passer ce courant dans la boucle.

La force électromotrice induite à la périphérie du massif conducteur est directement proportionnelle au champ magnétique alternatif qui la recoupe. Le courant qui en résulte est, par conséquent, à basse fréquence, du moins, directement proportionnel à la conductibilité du massif. Le courant électrique secondaire dans le minéral induit par un champ alternatif primaire est beaucoup plus fort que dans le sol ou les roches environnantes faiblement conductrices.

Ce courant électrique secondaire dans le massif possède toutes les propriétés du courant électrique ordinaire, y compris un champ électromagnétique qui lui est propre, lequel est connu sous le nom de champ magnétique secondaire (figure 15). C'est ce champ secondaire qui est porté sur la carte et étudié dans les méthodes de prospection électromagnétique, ou plutôt la résultante des champs secondaire et primaire autour du conducteur dans une région prospectée par la méthode électromagnétique.

Propriétés électromagnétiques du champ magnétique mesuré

Les propriétés mesurables d'un champ électromagnétique induit autour des conducteurs sont les suivantes:

- (1) Les composantes horizontale et verticale de l'intensité du champ.
- (2) La force totale du champ.
- (3) La direction de ce champ.
- (4) La différence de phase entre les champs primaire et secondaire.

Les composantes tant horizontale que verticale sont mesurées à peu près de la même manière, d'ordinaire une seule est mesurée. En pratique, les composantes sont mesurées à l'aide d'une boucle détectrice—ordinairement une boucle rectangulaire ou circulaire de 2 ou 3 pieds de diamètre. Celle-ci est reliée à un voltmètre calibré à amplificateur et à tube à vide, capable de mesurer la force électromotrice induite dans cette boucle par le champ qui la traverse. Les lectures sont faites à des intervalles réguliers dans toute l'étendue prospectée et soumise au courant primaire.

Lorsque la composante verticale doit être mesurée, on opère de la façon suivante: la boucle de diffusion est placée horizontalement près de la surface du sol. Le champ électromagnétique traverse cette boucle à angle droit, par conséquent, perpendiculairement à la surface de la terre. La

boucle détectrice est placée dans une position horizontale. Dans un champ tourmenté, les lignes de force recourent généralement à angle droit cette boucle détectrice horizontale. On constate que la composante verticale de ce champ traverse la boucle et y induit un courant. Un micro-ampèremètre ou un voltmètre en série avec cette boucle enregistre l'intensité de cette composante verticale. L'intensité du champ primaire étant connue, la composante verticale due au conducteur perturbant peut être calculée. La composante horizontale peut être calculée de la même façon.

Force totale du champ. Si la boucle détectrice est placée perpendiculairement à la direction des lignes de force, le plus grand nombre possible de lignes de force traverse cette boucle et la force totale du champ peut être calculée en mesurant le courant induit dans la boucle.

Direction du champ. Si le plan de la boucle détectrice est placé dans le champ magnétique, aucune ligne de force ne la traversera, et, par conséquent, la lecture enregistrée est zéro. Si un vibreur est placé dans ce circuit, il ne produit aucun son. La boucle indique par sa direction et son inclinaison la direction et le pendage du champ. Une ligne à angle droit sur le plan de la boucle pointe dans la direction générale du massif perturbateur. On constate que la position de la boucle détectrice, quand la force totale du champ résultant est mesurée, pointe aussi dans la direction générale du conducteur.

La Radiore Company emploie cette méthode pour localiser l'axe des conducteurs, en faisant des lectures sur les deux côtés d'un conducteur et en compensant pour le champ primaire. Cette méthode n'indique pas les limites du massif conducteur, mais seulement son axe électrique. En fait c'est apparemment la position de la partie supérieure du circuit à courant fermé débité dans ce massif que cette méthode tente d'indiquer.

Différence de phase entre le champ primaire et le champ secondaire. L'onde alternative électromagnétique est semblable sous certains rapports à une onde sonore ordinaire; et toutes deux sont analogues à une onde ordinaire à la surface de l'eau. Ces ondes ont une crête et un creux, et une onde complète est considérée comme étant une crête et un creux complets. Quand deux ondes sont en phase, elles voyagent parallèlement l'une à l'autre et leur creux et leur crête apparaissent au même instant. Si elles ne sont pas synchrones avec ces points elles ne sont pas en phase.

On constate que le champ secondaire autour d'un massif n'est ordinairement pas en phase avec le champ primaire. Ceci est dû au fait que la force électromotrice induite dans le conducteur secondaire retarde toujours après le champ primaire. Cette différence de phase peut être mesurée. En apparence la plus grande différence de phase se trouve dans les bords des conducteurs, de sorte que c'est là une méthode délicate pour localiser ces bords. On connaît fort peu de choses des méthodes telles qu'elles sont véritablement employées.

MÉTHODES ÉLECTROMAGNÉTIQUES À HAUTE ET À BASSE FRÉQUENCE

Les méthodes électromagnétiques varient non seulement quant aux quantités mesurées, mais aussi sous le rapport de la fréquence du courant

employé dans la boucle primaire. Certaines méthodes utilisent une haute fréquence, d'autres une basse fréquence. L'emploi de l'une ou de l'autre fréquence est importante par la différence des résultats qu'elles engendrent. On sait, d'après la théorie électrique que, si l'on emploie une basse fréquence dans le circuit primaire, le courant induit dans un conducteur présent dans un champ est proportionnel à la conductibilité de ce conducteur. Si un champ à haute fréquence est utilisé, le courant dans le conducteur est en grande partie contrôlé par son inductance, qui dépend du contour et de la taille du conducteur et non pas de sa conductibilité relative. Avec la haute fréquence, un gros massif conducteur à l'état de dissémination peut donner une aussi forte réaction qu'un conducteur massif de conductibilité beaucoup plus grande. L'emploi de la haute fréquence ne permet pas de distinguer entre les forts et les faibles conducteurs dans la même mesure que la basse fréquence.

Une restriction dans l'emploi de la haute fréquence est que l'absorption par le sol et la roche des ondes diffusées augmente rapidement avec la fréquence employée.¹ Les conclusions des expériences sur ce point sont peu nombreuses, mais l'absorption ne semble pas être intense tant que la fréquence n'a pas dépassé de beaucoup celles employées par les compagnies qui se servent des ondes de radio-fréquence. Les massifs conducteurs localisés à une certaine profondeur ne sont pas bien révélés si la fréquence est trop haute.

L'avantage des méthodes à haute fréquence sur le terrain est que l'instrument employé est plus compact que celui utilisé dans les méthodes à basse fréquence. Les boucles primaires et les boucles détectrices sont petites dans l'outillage à haute fréquence, tandis que dans l'appareil à basse fréquence la boucle primaire est grande. La boucle primaire ou d'émission dans l'appareil à basse fréquence entoure par moments la région qui doit être prospectée. La grande boucle à basse fréquence a de plus le désavantage d'être difficile à placer exactement horizontale ou verticale, ce qui influe sur le champ étudié. La boucle d'émission à haute fréquence n'a que quelques pieds de diamètre et peut facilement être placée dans le plan désiré. Bien que la boucle à haute fréquence soit facile à déplacer, il ne faut pas la déplacer souvent comparée à celle de la boucle primaire à basse fréquence.

COMPARAISON ENTRE LES MÉTHODES DE POTENTIEL SUPERFICIEL ET LES MÉTHODES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Une comparaison des méthodes de potentiel superficiel, employant tantôt le courant continu tantôt le courant alternatif et des méthodes électromagnétiques, fait ressortir certains points importants touchant leur application directe dans la localisation des conducteurs. L'étude suivante est en grande partie inspirée de l'article² du Dr Mason.

Les méthodes de potentiel superficiel exigent des électrodes avec prise de terre appropriée, que les méthodes à induction électromagnétique n'exigent

¹ Eve (A.-S.) Keys (D.-A.) et Denney (E.-H.): "Penetration of Radio Waves"; *Nature*, 17 sept. 1927, p. 406.

² Mason (Max.): "Geophysical Exploration of Ore," *Eng. and Min. Journ.*, 12 nov. 1927, p. 766-771; 19 nov. 1927, p. 806-811.

pas. Ce fait rend les méthodes de potentiel superficiel impropres pour un terrain recouvert de neige ou de glace.

Si l'on se sert des méthodes de potentiel superficiel là où il existe une couche non-conductrice entre les sols superficiels assez conducteurs et un massif minéral, le courant débité entre les électrodes tendra à voyager dans le sol superficiel. Dans une méthode inductive le champ électromagnétique pénètre la couche non-conductrice.

Dans le cas des méthodes de potentiel superficiel, il n'existe aucune échelle absolue pour le mesurage de la conductibilité. Les courants tendent à se presser davantage dans les meilleurs conducteurs, mais si un conducteur est beaucoup plus fort que le plus faible, le courant ne se presse pas dans ce conducteur en proportion directe de sa conductibilité, vu qu'il y a un effet de saturation qui ne produit qu'une différence légèrement plus grande dans la proportion. Le docteur Mason dit que lorsque la proportion de conductibilité est de 10 ou 20, environ 90 pour cent de l'influence possible est effectué et des proportions plus grandes ne seront pas perceptibles. En pratique, on constate que les proportions de conductibilité entre les sols avoisinants sont souvent dans la proportion de 10 ou d'avantage; par conséquent, un marais réagira sensiblement de la même façon qu'un massif de minerai, lequel possède souvent une conductibilité de plusieurs mille fois plus grande que le sol ou le marais. D'un autre côté, les indications des méthodes inductrices qui dépendent avant tout de la conductibilité des conducteurs, sont à peu près proportionnelles aux conductibilités des massifs environnants.

PROFONDEUR À LAQUELLE LES MÉTHODES MAGNÉTIQUES ET ÉLECTRIQUES PEUVENT LOCALISER LES MASSIFS MINÉRAUX

Les éléments qui limitent la profondeur à laquelle les diverses méthodes magnétiques et électriques agissent efficacement sont tous plus ou moins les mêmes. Le signal qui est reçu à la surface est celui d'une force qui décroît avec la profondeur, probablement dans tous les cas, selon une puissance plus élevée que la seconde. On reconnaît, par conséquent, que des massifs minéraux de dimension moyenne ne puissent être localisés à 500 pieds de profondeur et même moins.

Toutes ces méthodes n'indiquent évidemment que des massifs près de la surface et ne localisent rien aux profondeurs moyennes d'exploitation ou à de plus grandes profondeurs.

Là où les affleurements de roche sont nombreux, un massif de minerai près de la surface donne, à quelques exceptions près, des indications de sa présence. Les méthodes magnétiques et électriques donneront, dans de telles étendues, probablement peu de renseignements supplémentaires pouvant servir à guider l'exploration en profondeur au moyen du forage au diamant ou du fonçage d'un puits. Mais dans les régions où le recouvrement de drift est épais, elles donneront sans doute une foule de renseignements précieux sur les conditions existantes en dessous du drift.

COÛT DES MÉTHODES DE PROSPECTION MAGNÉTIQUE ET ÉLECTRIQUE

On ne tient aucun détail sur le coût des diverses méthodes de prospection magnétique et électrique, mais on peut tirer certains renseignements généraux des notices descriptives.

Quelles que soient les méthodes employées, il est évident que l'étude d'un grand territoire par l'une quelconque de ces méthodes coûtera moins cher par acre que celle de quelques concessions. Les chiffres généraux donnés plus bas sont applicables à des territoires d'environ 1,000 acres.

Le coût du transport du matériel et du personnel à la région qui doit être prospectée n'est pas inclus dans les chiffres suivants. Il faut faire entrer dans ces chiffres la différence du coût, suivant le degré de difficulté de la contrée à prospecter. Les salaires, le coût de la coupe du bois et les levés au théodolite dans une contrée de roche précambrienne moyenne varient de \$25.00 à \$40.00 par mille linéaire. Si des lignes parallèles sont tracées à des distances de 200 pieds l'une de l'autre, comme c'est généralement le cas, le coût en est de \$1.00 à \$1.75 par acre.

En ne tenant pas compte du levé au théodolite et de l'établissement de lignes, les levés au détecteur magnétique ou au courant naturel coûtent probablement de \$1.00 à \$3.50 par acre. En incluant les levés au théodolite, ce coût varie de \$2.00 à \$5.25 par acre. Les levés à la boussole d'inclinaison ou au magnétomètre coûtent encore moins.

Les méthodes électriques exigent plus de matériel et un personnel plus nombreux; elles sont, par conséquent, dispendieuses et coûtent, sans les levés au théodolite, probablement de \$2.50 à \$7 par acre, suivant la méthode et les difficultés de la contrée étudiée. Y compris les levés au théodolite le coût par acre serait de \$3.50 à \$8.75.

Si dans un cas particulier des lignes supplémentaires sont tracées dans des régions susceptibles d'exploitation, le coût moyen augmente en proportion.

CONCLUSIONS

On peut repérer de la surface la présence de massifs de minéraux magnétiques gisant en profondeur au moyen de l'aiguille aimantée, de la boussole d'inclinaison et du magnétomètre. Ces minéraux sont la magnétite, l'ilménite et la pyrrhotine. Les méthodes décrites plus haut sont sensibles à divers degrés, mais elles sont utiles dans l'exploration préliminaire et, dans certains cas, sont aussi précieuses que les méthodes géophysiques les plus élaborées.

Le détecteur magnétique est un instrument délicat qui indique la présence de massifs même faiblement magnétiques et telles petites variations dans le champ magnétique terrestre qui sont, çà et là, dues aux formations ou aux structures géologiques.

La méthode de prospection à courant naturel repose sur l'action voltaïque établie dans certains massifs, surtout la plupart des sulfures métalliques en présence des eaux d'infiltration.

Les méthodes équipotentielles électriques sont essentiellement fondées sur la conductibilité électrique assez élevée de la plupart des minéraux métalliques, comparativement à celle de la plupart des roches et des sols.

Les méthodes électromagnétiques s'appuient sur la forte conductibilité électrique de la plupart des minéraux métalliques de gîtes, comparée à la faible intensité de cette propriété dans la plupart des roches et sols.

Les méthodes de prospection magnétique peuvent être employées avec succès par des opérateurs sans beaucoup d'expérience mais attentifs; il est essentiel cependant que ces opérateurs connaissent à fond la mise en œuvre des méthodes électriques. Aucune des méthodes étudiées ici ne fait plus qu'indiquer la présence des massifs assez près de la surface, ayant des caractères perceptibles et mesurables, à l'aide d'instruments électriques et magnétiques.

Les résultats de ces méthodes ne fournissent pas des renseignements définis sur la nature des minéraux présents. Une connaissance approfondie de la géologie de la région étudiée et des gîtes qui s'y trouvent peut donner une idée de la nature et de la valeur de ces gîtes, mais ces méthodes de prospection ne peuvent, à elles seules, révéler les étendues stériles ou celles qui sont susceptibles d'exploitation. Ces méthodes ne sont qu'une aide supplémentaire pour la localisation des massifs de minéraux enfouis possédant certaines compositions spéciales.

Toutes les compagnies s'occupant de prospection magnétique et électrique au Canada ont acquis une expérience précieuse et des données sur le terrain et les ont complétées par des travaux de laboratoire. Il reste, néanmoins, beaucoup de travail à faire dans la détermination des diverses constantes et dans le perfectionnement des méthodes et des appareils de prospection. Ces méthodes sont encore en grande partie au stade d'expérimentation. Dans de grandes étendues du Canada des régions d'importance économique possible sont recouvertes de couches assez minces de drift glaciaire. Toutes ces méthodes sont également efficaces pour la prospection à faible profondeur de ces régions.

Les méthodes de prospection magnétique et électrique ont déjà fait preuve d'une certaine efficacité et l'on croit que les perfectionnements qui y seront probablement apportés dans l'avenir feront que quelques-unes du moins deviendront partie intégrante du travail de prospection au Canada.

BIBLIOGRAPHIE

Les quelques articles récents qui traitent de la plupart des méthodes électriques maintenant employées au Canada sont les suivants:

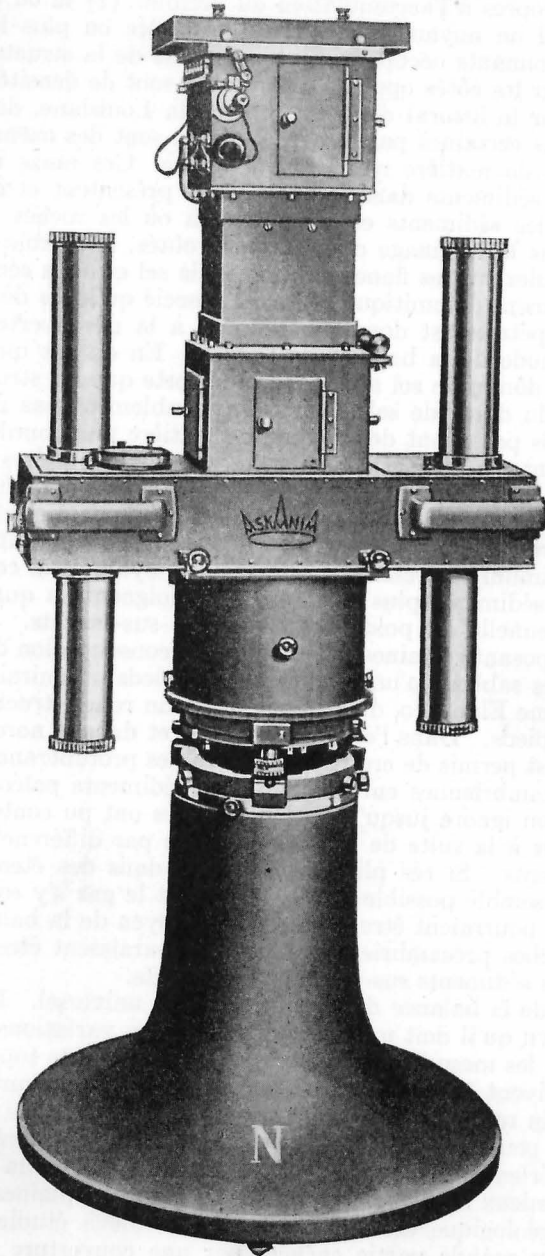
- Lundberg (H.), et Rogers (A.-H.): "Electrical and Electro-magnetic Prospecting"; *Min. and Met.*, mai 1925, p. 229, 233.
- Mueser (F.-E.): "Electrical Prospecting in the Rouyn District"; *Can. Min. Jour.*, 8 octobre 1926, p. 967-970.
- Zuschlag (T.): "The Problem of Electric Prospecting"; *Eng. and Min. Jour.*, 19 février 1927, p. 327-329.
- Mason (Max.): "Geophysical Exploration of Ore"; *Eng. and Min. Jour.*, 12 nov. 1927, p. 766-771; 19 nov. 1927, p. 806-811.
- Guilford (E.-H.): "The Radiore Process Applied to the Locating of Sulphide Ore-Bodies"; *Can. Min. Jour.*, 18 nov. 1927, p. 911-914.
- Eve (A.-S.), et Keys (D.-A.): "Geophysical Methods of Prospecting"; U.-S. Dept. of Commerce, Bur. Min. Technical Paper n° 420, 1927, p. 1-26.
- Leonardon (E.-G.), et Kelly (S.-F.): "Exploration for Ore by Potential Methods"; *Can. Min. and Met. Bull.*, janvier 1928, p. 157-176; *Eng. and Min. Jour.*, 14 janvier 1928, p. 46-49; 28 janvier 1928, p. 163-166.

GRAVITATION

(G.-S. Hume)

Les particules de la matière s'attirent mutuellement. L'attraction exercée par la terre sur une masse quelconque est, par conséquent, la résultante de l'attraction exercée par toutes les particules composantes tant de la terre que de la masse extérieure. A part cette attraction il y a la force centrifuge due à la rotation de la terre. Celle-ci possède une intensité maximum à l'équateur et n'existe pas aux pôles. L'attraction de la terre et la force centrifuge combinées constituent la force de gravité. D'après la loi de Newton la force d'attraction entre deux particules est directement proportionnelle à leurs masses et inversement proportionnelle au carré de leur distance. Ainsi, si deux masses égales sont situées de façon que l'une soit deux fois plus éloignées que l'autre d'une troisième masse, la force exercée sur la troisième par la plus distante des deux masses égales ne sera que le quart de celle exercée par la plus rapprochée des deux. Il s'ensuit, donc, que le pouvoir d'attraction d'un amas souterrain de densité plus grande que celle des roches environnantes, sera différent à diverses distances. L'attraction entre deux amas est toujours en droite ligne. La force d'attraction exercée par un amas souterrain agit verticalement au-dessus du centre de l'amas, mais ailleurs elle agit sur des lignes à divers angles sur la verticale et peut s'exprimer par un couple de forces, l'une verticale, l'autre horizontale. La valeur de la force horizontale varie de place en place, avec le degré de l'inclinaison de la force et les variations de son intensité. Ce principe s'exemplifie par des mesures de pesanteur à l'aide de la balance de torsion. Un léger balancier est suspendu au moyen d'un fil fin; aux extrémités du balancier sont attachés des poids, l'un directement au balancier et l'autre suspendu au premier. Le poids suspendu, c'est-à-dire l'inférieur, étant plus près de la masse souterraine, est plus fortement attiré par cette dernière et de là la composante horizontale de la force attractive due à cette masse est plus grande que pour la masse directement attachée au balancier. A part la torsion restrictive produite dans le fil de fer, le balancier est libre de tourner, et, par conséquent, tend à se placer dans la direction du plus grand effort de traction horizontale. Ce phénomène est employé en faisant des lectures avec l'instrument qui est sensible jusqu'au billionième de gramme. La rotation du balancier provoque une torsion du fil de fer qui le soutient et l'amplitude de cette torsion est déterminée par la mesure de la déviation d'un rayon de lumière réfléchi d'un miroir attaché au fil de fer. D'après ces mesures on peut calculer les différences entre la force de gravité à un certain nombre d'endroits.

La première balance de torsion, telle que construite par Eötvös, était le type à un seul bras décrit. En l'employant il était nécessaire de faire des lectures le bras pointant dans cinq directions différentes, tandis qu'un type plus récent, à double balancier, construit en 1902 par Eötvös, n'exige des lectures qu'en trois positions. Des modèles récents de la balance de torsion sont munis d'un appareil enregistreur automatique de photographie et les instruments sont renfermés dans des tubes de métal qui éliminent, autant que possible, l'effet des dérangements extérieurs.



Balance de torsion. (Phot. autorisée par la maison Askania-Werke).

La balance de torsion a été employée avec succès pour la découverte de structures propres à l'accumulation du pétrole: (1) là où dans un dôme ou un anticlinal un noyau de matière plus légère ou plus lourde que les sédiments environnants occupe la partie centrale de la structure; (2) là où les sédiments sur les côtés opposés d'une faille sont de densité inégale. Les dômes de sel sur le littoral du golfe près de la Louisiane, du Texas et du Mexique et dans certaines parties de l'Europe, sont des exemples de structures à noyaux de matière relativement légère. Ces amas de sel se sont élevés dans les sédiments dans lesquels ils se présentent et ont occasionné l'envoûtement des sédiments encaissants. Là où les roches pétrolifères se rencontrent dans le voisinage de ces amas voûtés, le pétrole et le gaz tendent à s'accumuler sur les flancs des dômes de sel et dans certains cas dans un chef de gisement dolomitique qui n'est associé qu'à ces dômes de sel. La découverte du pétrole est donc subordonnée à la découverte de l'amas de sel par la méthode de la balance de torsion. En autant qu'on le sache il n'existe pas de dômes de sel au Canada, de sorte que les structures pétrolifères du type du dôme de sel n'existent probablement pas non plus. Des exemples de plis possédant des noyaux de matière plus lourde que les sédiments encaissants se présentent dans des plis sur des crêtes ou montagnes enfouies, telles que les montagnes enfouies de Nehama, du Kansas. Le noyau a une densité plus grande que les sédiments encaissants et le plissement paraît être causé par le dépôt des sédiments recouvrant le noyau. La compacité minimum se présente au-dessus du noyau, et la compacité maximum dans les sédiments plus épais qui s'en éloignent, la quantité de dépôt étant proportionnelle au poids des sédiments sus-jacents. Blackwelder a calculé, en supposant certaines valeurs pour la consolidation des schistes, des calcaires, et des sables, qu'une colline de 700 pieds produirait une structure telle que le dôme Eldorado, du Kansas, qui a un relief structural superficiel d'environ 160 pieds. Dans l'est du Manitoba et dans le nord-est de la Saskatchewan il est permis de croire qu'il existe des protubérances et des crêtes de roches précambriennes enfouies sous les sédiments paléozoïques et plus récents, mais on ignore jusqu'à quel point elles ont pu contribuer à la formation des plis à la suite de la mise en place par différenciation des sédiments sus-jacents. Si ces plis se présentent dans des étendues de roches pétrolifères il semble possible que le pétrole et le gaz s'y soient accumulés. Ces structures pourraient être localisées au moyen de la balance de torsion, vu que les roches précambriennes du noyau paraissent être beaucoup plus lourdes que les sédiments sus-jacents plus récents.

L'emploi de la balance de torsion n'est pas universel. L'instrument est très sensible, vu qu'il doit mesurer de très petites variations dans la pesanteur. Comme les mesures sont influencées par les traits topographiques, les corrections doivent être faites pour tous les écarts de la surface horizontale dans un certain rayon du point de mesure. Ces corrections sont assez compliquées et ne peuvent être faites et convenablement interprétées que par un homme d'expérience, d'ordinaire un géophysicien. Ainsi la balance de torsion se prête mieux à une contrée plane, telle que les plaines au Canada, où la structure géologique est difficile ou impossible à étudier parce que les roches sont en grande partie cachées par une couverture de matière glaciaire. Cette matière glaciaire possède un caractère hétérogène et une

épaisseur variable et il est peu douteux qu'elle tende à fausser l'interprétation des résultats obtenus par la balance de torsion. D'après ceux qui en vantent les mérites, cependant, ces difficultés peuvent être surmontées en faisant les corrections nécessaires.

BIBLIOGRAPHIE

- Shaw (H.), et Lancaster-Jones (E.): "The Eötvös Torsion Balance and Its Application to the Location of Minerals"; *Min. Mag.*, vol. 32, nos 1 et 2 (1925).
- Rubar (Stephen): "The Eötvös Torsion Balance and Its Application to the Finding of Mineral Deposits"; *Econ. Geol.*, vol. 18 (1923).
- Fordham (W.-H.): "Oil Finding by Geophysical Methods"; *Jour. Inst. of Pet. Tech.*, vol. 11 (1925).
- Heiland (C.-A.): "Geophysical Methods in Mining"; *Min. Cong. Jour.*, vol. 12, n° 11, p. 777-784 (1926).
- "Instruments and Methods for the Discovery of Useful Mineral Deposits"; *Eng. and Min. Jour. Press*, vol. 121, n° 2 (jan. 1926).
- Tanner (J.-O.): "Electric Methods of Prospecting for Oil"; *Jour. Inst. of Pet. Tech.*, vol. 12, n° 56, p. 341-346 (1926).
- McLintock (W.-F.-P.) et Phemister (J.): "The Use of the Torsion Balance in the Investigation of Geological Structure in South-West Persia"; *Sum. of Prog., Geol. Surv. of Great Britain and Mus. of Prac. Geol.*, 1926, Appendice 12, p. 168-196.
- Barton (Donald-C.): "The Eötvös Torsion Balance Method of Mapping Geologic Structure"; *Am. Inst. of Min. and Met. Eng., Tech. Publ.* n° 50.
- Ambrohn (Richard): "Elements of Geophysics as Applied to Explorations for Minerals, Oil and Gas". (Traduction par Margaret C. Cobb), McGraw-Hill Book Co. Inc.

ONDES SÉISMQUES

(G.-S. Hume)

Un instrument appelé sismographe fut employé pendant plusieurs années pour l'enregistrement des séismes qu'on appelle ondes séismiques, causées par les perturbations terrestres. Tout récemment, cet instrument fut adapté à la prospection pétrolière. On fait sauter une charge d'explosif et les secousses qui en résultent sont enregistrées par le sismographe à une distance convenable de leur point d'origine. Les secousses causées par l'explosion se propagent à vitesses différentes par diverses voies. Ce sont: l'air, la surface à travers les dépôts plus meubles, les limites de ces derniers avec la roche plus compacte d'où des ondes concentriques prennent naissance et sont enregistrées, et à travers les roches plus profondes, bien que celles-ci soient difficiles à observer. En déterminant d'après le sismogramme les taux de propagation dans les différentes voies traversées par les secousses, il est possible, dans certaines conditions, d'interpréter les résultats par rapport à la structure géologique. Le taux de propagation à travers les calcaires compacts, à cause de leur plus grande élasticité, est élevé comparé au taux de propagation à travers les sables et les schistes, et là, par exemple, où les schistes et les sables sont supportés par des calcaires compacts il est possible d'après le sismogramme de déterminer, dans une certaine mesure, la configuration de la surface du calcaire, et ainsi, de calculer dans quelle mesure il a été rejeté en plis propres à l'accumulation possible du pétrole.

Très peu de renseignements ont été rendus publics touchant l'usage du sismographe comme moyen de déterminer la structure géologique. L'instrument aurait été utilisé avec grand succès, soit seul, soit conjointement avec la balance de torsion, dans la localisation des dômes de sel du littoral du golfe du Mexique. Il est entendu que les secousses voyagent à travers le sel du dôme de sel avec à peu près trois fois plus de rapidité qu'elles ne le font à travers les sédiments environnants. Ce phénomène est employé pour localiser les dômes de sel, car il est évident qu'une telle rapidité du taux de propagation peut facilement être découverte.

Au Canada, en autant qu'on le sache, il n'existe pas de dôme de sel, de sorte qu'il semblerait que des recherches sur les ondes réfléchies en profondeur d'un médium de propagation rapide tel que le calcaire promettent de donner de précieux résultats avec cet instrument. Supportant les schistes et les sables créacés de la région des Plaines se trouve une épaisse série de calcaires paléozoïques dans laquelle on pourrait supposer que le taux de propagation des ondes serait plus grand que dans les sédiments sus-jacents. Vu, toutefois, que le sommet des calcaires est une surface d'érosion, on ne sait pas dans quelle mesure il se conforme aux plis dans les calcaires. Il est aussi entendu que la méthode de prospection séismique pour les structures pétrolifères est dispendieuse, ce qui restreint considérablement son emploi.

BIBLIOGRAPHIE

- Ambronn (Richard): "Elements of Geophysics as Applied to Explorations for Minerals, Oils and Gas". (Traduit par Margaret-C. Cobb.) McGraw-Hill Book Co., Inc.
 Sitgang (I.-A.): "Outlines of the Occurrence and Geology of Petroleum".

RADIOACTIVITÉ

(H.-V. Ellsworth)

La radioactivité est un terme appliqué à la propriété que seuls possèdent quelques éléments, d'émettre spontanément un rayonnement d'une nature extraordinaire. Elle n'a rien à voir avec le sans fil—"la Radio" avec laquelle on l'assimile parfois dans le grand public. Les rayons comprenant la radiation radioactive sont pour une partie tout à fait différents d'autres bien connus, tels que les vibrations de la lumière, de la chaleur, du son, du sans fil ou de la radio, etc. Une ou plusieurs de trois sortes de rayons sont émises par les substances radioactives, les rayons alpha, bêta et gamma. Les rayons alpha¹ consistent en atomes de gaz hélium chargé d'électricité positive et voyageant à une vitesse initiale d'environ 10,000 milles par seconde. Les rayons bêta se composent d'électrons, qui ne sont que de petites particules d'électricité négative dont la masse est environ

¹ Au sens strict, une particule alpha est le noyau positif d'un atome d'hélium portant deux unités positives d'électricité et quand ces deux charges positives d'électricité sont neutralisées par addition de deux unités négatives, i.e., des électrons, la particule alpha devient un atome d'hélium ordinaire électriquement neutre. Il est maintenant reconnu que les atomes de tous les éléments se composent d'un noyau central relativement lourd portant de l'électricité positive autour duquel sont répartis des électrons correspondant en nombre aux unités positives d'électricité associées au noyau. La charge du noyau et le nombre correspondant d'électrons varient d'un dans le cas de l'hydrogène à 92 dans celui de l'uranium. L'hélium avec deux électrons vient après l'hydrogène dans la série et, comme l'hydrogène est un gaz très léger dont il diffère en ce qu'il ne forme aucun composé chimique.

$\frac{1}{7000}$ de celle d'un atome d'hélium, et émises à une rapidité se rapprochant de celle de la lumière, i.e., 186,000 milles par seconde. Ainsi les rayons alpha se composent de petites particules chargées de courant positif d'une substance solide, le gaz hélium ayant du poids et étant identique au gaz hélium ordinaire obtenu d'autres façons, tandis que les rayons bêta sont identiques aux électrons émis par le filament porté au rouge d'un tube à vide de radio, sauf que dans ce dernier cas les électrons sont rejetés avec une rapidité beaucoup moins grande. Les particules alpha et bêta possèdent à la fois dimension et poids et sont réellement de petits fragments de l'atome originel rejetés comme des projectiles à une vitesse formidable par les substances radioactives. La rapidité initiale des rayons alpha et bêta varie considérablement avec les différentes substances radioactives, les chiffres cités n'étant que des maximums approximatifs. D'autre part, les rayons gamma sont des vibrations de l'éther de même nature que les vibrations lumineuses, les ondes sans fil et les rayons-X ordinaires, mais d'une longueur d'onde beaucoup plus courte que celles même des rayons-X. On a estimé qu'il faudrait employer 2,000,000 de volts sur une ampoule de rayon-X pour produire des rayons-X aussi courts que les rayons gamma.

Les trois types de rayons différant si profondément de caractères, possèdent naturellement des propriétés et des effets très différents. Les rayons alpha, parce qu'ils se composent d'atomes relativement gros et lourds d'hélium et qu'ils voyagent à une vitesse beaucoup inférieure à celle des rayons bêta et gamma, ont le plus faible pouvoir de pénétration et ils sont interceptés par une feuille de papier ou d'étain. Les rayons bêta composés de beaucoup plus petits électrons qui ont une masse d'environ $\frac{1}{7000}$ de celle des atomes d'hélium et voyagent presque aussi rapidement que la lumière, sont plus pénétrant et peuvent passer à travers une épaisseur de 3 millimètres d'aluminium. Les rayons gamma, n'étant qu'un mouvement vibratoire propagé à travers l'éther à la vitesse de la lumière, possèdent un très grand pouvoir de pénétration, dépassant sous ce rapport celui des rayons-X. On a constaté que les rayons gamma pénètrent une épaisseur de 1 pied dans le fer. La perméabilité est moindre quand la densité de la substance qui le reçoit est plus grande, de là le plomb étant un élément peu coûteux à forte densité est fréquemment employé comme matière protectrice pour les opérateurs de rayons-X et des rayonnements radioactifs.

La portée des divers rayons dans l'air, comme on pourrait s'y attendre, correspond à leur pouvoir de pénétration. Les rayons alpha ne parcourent pas plus qu'environ 8 centimètres, étant bientôt arrêtés par les collisions avec les atomes d'oxygène et d'hydrogène de l'air. Les électrons des rayons bêta peuvent parcourir jusqu'à 250 centimètres dans l'air, tandis que les rayons gamma provenant du radium ne sont qu'à moitié absorbés après avoir passé à travers 115 mètres d'air et leur intensité est réduite à $\frac{1}{100}$ seulement après avoir traversé 760 mètres.

Tous trois affectent une plaque photographique, les rayons bêta beaucoup plus fortement que les rayons alpha et gamma. Ils excitent la luminescence dans divers produits chimiques et minéraux, de là certaines substances radioactives sont mélangées avec un sulfure de zinc impur spécialement préparé, par exemple, pour fabriquer la peinture phosphorescente.

La luminescence est surtout produite par les particules alpha, tandis que l'action des rayons bêta et gamma est relativement faible. La luminescence d'un écran de sulfure de zinc sur lequel agissent les particules alpha apparaît à l'œil nu comme un éclat constant, mais s'il est vu au microscope on constate qu'il se compose d'innombrables jets détachés, chacun étant causé par le choc d'une seule particule alpha. Par un arrangement convenable, il est possible de cette façon de compter le nombre de particules alpha rejetées par un poids connu de substance en un temps donné et de déterminer le taux de désagrégation de la substance. Les substances hautement actives, comme les sels de radium et de mésothorium eux-mêmes, brillent dans l'obscurité, et excitent la luminescence dans des récipients en verre.

Les rayonnements produisent des changements marqués de couleur dans les verres et les gemmes, et peuvent soit décolorer, faire apparaître une couleur dans une substance qui jusque-là était incolore, soit changer la couleur d'une matière naturellement colorée. L'un des exemples naturels le plus intéressant d'une telle action est la présence d'auréoles polychroïques dans les micas des roches ignées. On aperçoit parfois sous le microscope ces auréoles dans de minces plaques de roches sous formes d'anneaux ou d'étendues circulaires de couleur plus foncée entourant de petites inclusions, le plus souvent dans le mica, mais parfois dans d'autres minéraux, et représentant une coupe transversale d'un amas sphérique de mica qui a été coloré par l'action des rayons alpha provenant de substances radioactives contenues dans l'inclusion. Le quartz enfumé foncé, que l'on trouve souvent associé aux minéraux radioactifs dans les pegmatites, passe pour devoir sa couleur à l'action du rayonnement provenant des substances radioactives, et le feldspath rose ou rouge, en contact avec les minéraux radioactifs, est ordinairement d'un rouge plus foncé qu'ailleurs. La fluorine pourpre foncé que l'on rencontre parfois dans les pegmatites et les filons d'origine ignée doit probablement aussi sa couleur aux rayonnements radioactifs. Lind prétend que la couleur des matériaux tels que le verre et les minéraux qui ont été colorés artificiellement par exposition au rayonnement du radium peuvent être décolorés par le chauffage à une température assez élevée. Cela est vrai aussi pour les minéraux naturellement colorés que l'on vient de mentionner. Le quartz enfumé et la fluorine pourpre chauffés à environ 500 degrés C., deviennent incolores et le feldspath rouge foncé perd la majeure partie sinon toute sa couleur par un traitement analogue.

Tous les rayonnements ont le pouvoir d'ioniser les gaz, c'est-à-dire qu'elles portent les gaz à devenir des conducteurs d'électricité, les rayons alpha étant beaucoup plus efficaces que les autres à produire cet effet; pour cette raison ces trois rayons déchargent un électroscope. Cette propriété constitue une méthode extrêmement sensible pour découvrir même les plus petites quantités de matière radioactive et elle est beaucoup employée pour découvrir et calculer la quantité de ces substances.

Le bombardement interne des substances radioactives par leurs propres rayonnements, surtout par les particules alpha qui possèdent une grande énergie, doit, du moins, être en partie responsable de la production continue de chaleur par ces éléments. Un gramme de radium produit conti-

nuellement environ 130 calories par heure, ce qui est une chaleur suffisante pour fondre une fois et demie son poids de glace en ce temps.

On croit que la présence d'éléments radioactifs dans les roches de l'écorce terrestre explique le fait que la température augmente avec la profondeur, mais la quantité de chaleur engendrée par les minéraux radioactifs se présentant dans les roches près de la surface ne serait ordinairement pas suffisante pour faire fondre la neige à un taux plus élevé sur ces dépôts qu'elle ne le fait ailleurs, comme on l'a supposé quelquefois.

Les rayonnements de quantités appréciables de substances très actives telles que le radium, le mésothorium, et leurs émanations peuvent causer des brûlures sérieuses et même tuer les tissus vivants. Certains types de cellules sont plus affectés que d'autres. Ainsi le radium est beaucoup employé dans le traitement du cancer et d'autres excroissances des tissus, ainsi que dans le traitement de certaines maladies de la peau. L'eau contenant des traces de substances radioactives passe pour être bienfaisante quand elle est employée comme breuvage et pour le bain. Les rayons gamma sont plus particulièrement utilisés pour fins thérapeutiques, la préparation active étant usuellement renfermée dans des applicateurs métalliques, suffisamment épais pour arrêter tous les rayons alpha et une bonne partie du rayonnement bêta.

ÉLÉMENTS RADIOACTIFS

La radioactivité est une propriété qui semble être définitivement rattachée au poids atomique élevé. Il existe quelque quarante radio-éléments ayant des poids atomiques variant de 206 à 238.17 et tous les éléments possédant un poids atomique plus fort que 209 sont radioactifs. Des éléments qui ont un poids atomique moindre que 206, deux seulement—le potassium et le rubidium—sont définitivement reconnus comme étant radioactifs à un faible degré seulement, leur activité, qui se confine à l'émission des rayons bêta, est d'environ $\frac{1}{1000}$ de l'activité du rayon bêta de l'uranium.

Tous les radio-éléments, à l'exception du potassium et du rubidium, ne se trouvent que dans les minéraux contenant de l'uranium et du thorium. L'uranium possède le poids atomique le plus élevé (238.17) de tous les éléments, le thorium vient ensuite (232.15), et ces deux éléments sont les générateurs de tous les autres radio-éléments, le potassium et le rubidium exceptés. La façon par laquelle l'uranium et le thorium se partagent pour former d'autres éléments fut expliquée en 1903 par Rutherford et Soddy et c'est l'une des plus grandes découvertes de tous les temps, vu qu'elle a conduit à des conceptions entièrement nouvelles sur la constitution et les propriétés de la matière, et jeté la base de plusieurs grands progrès dans la science pure et appliquée, lesquels furent si remarquables en ces dernières années.

Rutherford et Soddy ont démontré que la radioactivité est due à de violentes explosions spontanées ou ruptures des atomes, accompagnées de la projection à une rapidité extraordinaire de réels fragments d'atome—les particules alpha et bêta. Dans une substance radioactive quelconque une

certain fraction seulement du nombre total des atomes fait explosion dans un intervalle de temps donné; cette fraction étant caractéristique et inaltérable pour cet élément en particulier. En d'autres mots, rien ne peut causer l'explosion d'un pourcentage plus fort ou plus faible des atomes. On ne connaît pas ce qui cause la désintégration des atomes et pourquoi certains se désagrègent plus vite que d'autres. Après qu'un atome a éclaté il a perdu une partie de ses anciens éléments constitutifs, i.e., les particules alpha ou bêta, ou les deux, et, par conséquent, il devient un atome de substance tout à fait différente avec un poids atomique inférieur, et des propriétés chimiques différentes. Un élément ainsi formé peut lui-même être radioactif; dans ce cas ses atomes éclateront et formeront des atomes d'un élément différent et ainsi de suite jusqu'au procédé de réduction qui se termine par la formation d'un élément—le plomb—qui ne subit aucune autre transformation. Ainsi les atomes d'uranium font explosion—en moyenne un à peu près à chaque 10^{18} par seconde—et rejettent une particule alpha, un atome d'hélium dont le poids atomique est de 4. Ce qui reste de l'atome originel d'uranium a, en chiffres ronds, le poids atomique de $238-4=234$ et c'est un nouvel élément connu sous le nom d'uranium X_1 , ayant des propriétés totalement différentes de celles de l'atome originel d'uranium. Des atomes d'uranium X_1 présents, un sur 10^7 fait explosion par seconde et ne rejette qu'une seule particule bêta. Comme la particule bêta est tellement petite qu'elle est inappréciable, le poids atomique du reste de l'atome, appelé maintenant uranium X_2 , reste 234 le même que celui de son générateur, mais néanmoins la perte de la particule bêta a changé la constitution électrique du reste de l'atome, tellement qu'il est un élément tout à fait nouveau avec des propriétés différentes soit de son premier terme soit de son second terme. L'uranium X_2 émet aussi une particule bêta et devient l'uranium II, un nouvel élément ayant encore un poids atomique de 234, mais, chose étrange, ayant des propriétés chimiques identiques à celles de l'uranium originel. Les rayons gamma accompagnent la projection des particules bêta mais ne prennent aucune part à la production de nouveaux atomes, étant probablement un simple effet secondaire quelque peu analogue au mouvement concentrique des ondes que l'on produit en laissant tomber une pierre dans l'eau tranquille. Continuant la série de la désintégration de l'uranium. l'uranium II perd une particule alpha et devient l'ionium ayant un poids atomique de $234-4=230$. L'ionium rejette des particules alpha et devient le radium avec un poids atomique de $230-4=226$. Le radium projette à la fois des particules alpha et bêta et devient un gaz hautement radioactif mais chimiquement inerte connu sous le nom d'émanation de radium ou radon ayant un poids atomique de 222. Celui-ci à son tour perd une particule alpha et se change en un élément radium solide A d'un poids atomique de 218. La désintégration se continue en stades successifs jusqu'à ce que finalement soit produit un urano-plomb inactif, dont le poids atomique est de 206.

Le thorium passe par une série analogue de changements, un stade étant un produit hautement actif, le mésothorium correspondant au radium, et un autre stade, gaz hautement radioactif, mais chimiquement inerte, l'émanation de thorium ou thoron, correspondant à l'émanation du radium.

Le produit extrême du thorium est aussi un plomb inactif, mais ayant un poids atomique de 208 au lieu de 206 comme pour l'urano-plomb et de 207.22 pour le plomb ordinaire. L'urano-plomb, le thorio-plomb et le plomb ordinaire sont identiques sous le rapport de leurs aspects chimiques. Le poids atomique, la densité et la solubilité sont les seules propriétés par lesquelles ils diffèrent. Ainsi le thorio-plomb est un peu plus lourd que le plomb ordinaire, lequel à son tour est plus lourd que l'urano-plomb, et les solutions saturées des sels de plomb plus lourds contiennent plus de grammes par litre de sel de plomb que les solutions saturées d'un sel de plomb plus léger, à la même température. Une fois mélangés les trois plombs ne peuvent pas être séparés. Lorsque des éléments tels que ces trois plombs possèdent des propriétés chimiques identiques mais des poids atomiques légèrement différents, on dit qu'ils sont isotopes. On sait aujourd'hui que la majeure partie desdits éléments, que l'on supposait autrefois composés d'une seule substance, sont réellement des mélanges d'isotopes.

En outre de la série d'éléments radioactifs que l'on vient de mentionner et résultant directement de la désintégration de l'uranium et du thorium, il y a une série plus ou moins analogue, connue sous le nom de série de l'actinium qui comprend un stade gazeux, l'émanation d'actinium, et dont le produit extrême est un actinio-plomb dont le poids atomique est de 206. L'actinium et ses produits ne se trouvent associés qu'avec l'uranium mais on ne sait pas s'ils sont dérivés de l'uranium ou de l'uranium II ou d'un isotope d'uranium. La série de l'actinium contribue une proportion constante d'environ 3 pour cent de l'activité totale de l'uranium dans les minéraux. A certains points dans toutes ces trois séries, il se présente des embranchements, par lesquels l'un des radio-éléments se brise en deux produits différents qui tous deux aboutissent éventuellement au plomb.

Le résultat final de tous les changements de l'uranium et du thorium est que :

Un atome d'uranium se change en un atome d'urano-plomb et 8 atomes d'hélium.

Un atome de thorium se change en un atome de thorio-plomb et 6 atomes d'hélium.

Par conséquent, 238.17 grammes d'uranium, s'ils sont complètement désagrégés, produiraient 206 grammes d'urano-plomb et 32 grammes d'hélium, et 232.15 grammes de thorium donneraient semblablement 208 grammes de thorio-plomb et 24 grammes d'hélium.

Le taux de désintégration des divers radio-éléments a été déterminé, de sorte que le taux de production de plomb et d'hélium depuis l'uranium et le thorium est connu; par conséquent, si la quantité d'uranium, de thorium et de plomb contenue dans un minéral radioactif primitivement inaltéré est connue, on peut calculer l'âge du minéral. Le calcul exact de l'âge est quelque peu compliqué, mais des résultats approximatifs sont obtenus en substituant les pourcentages de plomb, d'uranium et de thorium dans la formule :

$$\frac{\text{Pb}}{\text{U} + 0.38 \text{ Th}} \times 7900 = \text{l'âge du minéral en millions d'années.}$$

De cette façon on a trouvé que l'âge des granites précambriens envahissant la série de Grenville d'Ontario et de Québec était d'environ 1,100 millions d'années.

La teneur en hélium d'un minéral pourrait être employée d'une façon analogue conjointement avec la teneur en uranium et en thorium, pour déterminer l'âge, n'était-ce le fait que beaucoup de l'hélium s'échappe, de sorte que de faibles résultats sont obtenus par cette méthode.

Vu que tous les autres radio-éléments (excepté le rubidium et le potassium comme on l'a mentionné précédemment), résultent de la désintégration de l'uranium et du thorium et, comme il faut des millions d'années pour l'accumulation de quantités appréciables de produits de désintégration, ceux-ci ne peuvent être obtenus que des minéraux d'uranium et de thorium. Des divers produits de désintégration le radium et le mésothorium sont les seuls actuellement extraits au point de vue commercial.

RADIUM

L'élément radium a été préparé en petites quantités; c'est un métal blanc pur fondant à environ 700 degrés C. Le radium n'est pas vendu sur le marché sous la forme métallique cependant, mais sous forme de chlorure, de bromure ou de sulfate qui, quand ils sont frais, sont des sels blancs ressemblant au sel de table ordinaire. Le radium ressemble au baryum par ses propriétés chimiques. Les sulfates de ces deux minéraux sont très insolubles et cette propriété commune est utilisée pour séparer le radium des éléments associés. Les minéraux solubles d'uranium peuvent être mis en solution sous forme de nitrates ou de chlorures, un peu de sel soluble de baryum est ajouté, et puis le baryum et le radium sont à la fois précipités ensemble sous forme de sulfate par l'ajoute d'acide sulfurique ou d'un sulfate soluble. Une autre méthode consiste à traiter les minéraux immédiatement avec l'acide sulfurique ou si des minéraux insolubles dans les acides doivent être traités, ils peuvent être fondus avec du bisulfate de sodium. Dans tous les cas le radium est d'abord séparé sous forme de sulfate insoluble en même temps que le sulfate de baryum et le sulfate de plomb. Le sulfate de baryum emporte avec lui le sulfate de radium et fournit assez de volume pour permettre la manutention efficace du précipité sans beaucoup de perte. Jusqu'à ce point la séparation du radium des minerais est relativement simple, mais la séparation finale du radium du baryum ne peut être effectuée que par des milliers de recristallisation du mélange de baryum et de sodium après la conversion en sels solubles.

Le mésothorium est semblable au radium par ses réactions chimiques et ne peut pas en être séparé. De là tous deux sont inévitablement obtenus sous forme de mélange chimiquement inséparable quand on traite des minéraux contenant à la fois de l'uranium et du thorium. Toutefois la vie du mésothorium est beaucoup plus courte que celle du radium, la moitié d'une quantité quelconque donnée se désagrègera en un peu plus de six années, tandis que la moitié d'une quantité quelconque de radium met 1,690 ans à se transformer. Pour cette raison le mésothorium est moins précieux que le radium.

La quantité de radium par rapport à l'uranium contenue dans les anciens minéraux d'uranium inaltéré est constante, et se trouve dans la proportion de 3·4 parties de radio-élément par poids à 10,000,000 de parties d'uranio-élément. Ainsi un gramme de radium est associé à environ 6,484 livres d'uranio-élément ou 7,645 livres d' U^{308} contenues par les minéraux. Dans la pratique commerciale la valeur des minerais de radium est basée sur la teneur en U^{308} telle que déterminée par l'analyse chimique.

GÎTES DE MINÉRAUX D'URANIUM ET DE THORIUM

Toutes les roches renferment une grande quantité de traces d'uranium et de thorium et de leurs produits de décomposition; mais des concentrations importantes au point de vue commercial ne se trouvent que dans certains minéraux d'uranium et de thorium qui se présentent, en autant qu'on le sache, surtout dans quatre types de gisements:

(1) Pegmatites

Ces dernières se composent de solutions mères résiduelles grossièrement cristallisées des magmas intrusifs de granite dans lesquels les minéraux à éléments rares tendent à se concentrer, et sont bien connus de la plupart des prospecteurs comme source de feldspath et du mica blanc commerciaux (voir Pegmatites, page 87). L'uraninite, la thorite, l'allanite, la monazite et un nombre considérable de minéraux tels que l'euxénite, contenant de l'uranium, du thorium, des éléments de terres rares, du titane, du tantalum et du columbium se trouvent très souvent dans les pegmatites précambriennes d'Ontario et de Québec et, dans un ou deux cas,¹ des quantités d'une demi-tonne ou d'une tonne de minéraux ont été récupérées des mines de feldspath, mais jusqu'ici il ne s'est fait aucune production commerciale de ces minéraux à partir de la pegmatite au Canada.

La plupart des gisements de minéraux d'uranium et de thorium au Canada furent localisés dans la région de Grenville, comprenant l'extrémité méridionale du bouclier précambrien, au sud-est d'une ligne allant de Killarney au lac Timiskaming dans l'Ontario, et dans la région tributaire des rivières Lièvre et Gatineau, dans Québec, où les pegmatites dans l'ensemble semblent être plus grosses et plus abondantes qu'ailleurs et elles ont été très complètement explorées et exploitées en vue du feldspath et de la muscovite. Il reste à découvrir si la concentration apparente de ces minéraux dans cette région a une signification géologique spéciale ou si elle est simplement due au fait que les pegmatites ont été plus considérablement explorées et travaillées dans cette région qu'ailleurs. On a aussi trouvé des minéraux radioactifs à Mamainse sur le lac Supérieur et dans Québec aussi loin à l'est que le Saguenay, région du Lac Saint-Jean. On n'en connaît qu'un ou deux gisements dans la Colombie britannique.

¹ Des gisements caractéristiques de minéraux radioactifs dans les pegmatites du Canada sont décrits dans les Rapports sommaires de la Commission géologique du Canada 1921, partie D, p. 51-73, et 1923, partie CI, p. 6-20. On peut obtenir gratuitement ces rapports en s'adressant au Directeur de la Commission géologique à Ottawa.

(2) *Filons de quartz ou de calcite provenant des intrusions ignées*

Ces filons se rattachent étroitement aux pegmatites proprement dites, étant formés par les mêmes agents dans des conditions fort identiques, mais règle générale à une température inférieure, de sorte qu'ils peuvent être considérés comme représentant la dernière matière envahie par un magma refroidissant, après que les pegmatites eurent pour la plupart cristallisé. Les minéraux de thorium ne se rencontrent pas dans ce type de dépôt. Le minéral radioactif que l'on trouvera le plus probablement dans ces filons est la pechblende, l'oxyde amorphe d'uranium. Il peut aussi se présenter associé à l'or, l'argent, la cassitérite, aux sulfures métalliques et aux arséniures. Des filons de cette nature ont fourni des quantités commerciales de pechblende dans la Saxe, Cornwall, et dans le Colorado. Les dépôts extrêmement riches du Congo Belge, qui dominent maintenant l'industrie du radium de l'univers, peuvent aussi appartenir à ce type. On n'a découvert jusqu'ici au Canada aucun dépôt de ce genre, à l'exception possible d'un gisement de ce qui semble avoir été une pechblende fortement altérée dans une localité maintenant perdue près de Maimainse (Ontario). On dit que ce minéral¹ formait un filon de 2 pouces de large à la jonction du trapp et de la syénite.

(3) *Dissémination de carnotite dans le grès*

Dans quelques Etats de l'Ouest, surtout le Colorado et l'Utah, certains grès friables assez tendres de l'époque jurassique sont plus ou moins imprégnés d'uranium jaune, la carnotite. Des troncs, des souches et des fragments d'anciens arbres se trouvant dans le grès sont, dans certains cas, fortement imprégnés de carnotite et forment la partie la plus riche du minerai. Ce minerai de carnotite n'a rarement fourni plus de 5 pour cent et il est probable que la plus grande partie n'a donné qu'entre 1 et 2 pour cent de U^3O^8 ; néanmoins, il a produit de beaucoup la plus grande partie de l'approvisionnement total mondial de radium à venir jusqu'en 1922, alors que l'ouverture des riches dépôts de pechblende du Congo belge eut pour résultat la cessation presque complète de la production aux Etats-Unis.

Placers ou dépôts de sable de plage

Dans les régions tropicales ou sous-tropicales non-érodées par les glaces, des dépôts précieux au point de vue commercial de minéraux à teneur de thorium, monazite, thortite et thorianite, se sont formés par l'altération de ces minéraux à partir des roches ignées dans lesquelles ils ont pris naissance et par leur concentration subséquente dans les sables et graviers de cours d'eau ou de plage par l'action de l'eau. On ne trouvera probablement pas de ces dépôts au Canada, parce que les glaciers de la dernière époque glaciaire les auront entraînés même s'ils existaient auparavant.

¹ Géologie du Canada, 1863, p. 533.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES MINÉRAUX RADIOACTIFS USUELS

Les minéraux radioactifs sont pour la plupart noirs ou noir brunâtre, non-magnétiques et lourds. Quelques-uns sont jaunes, rougeâtres et verts. Ils ont une composition chimique très complexe, et en maints cas il est nécessaire d'en faire une analyse chimique complète pour les identifier exactement. Tous possèdent la propriété de décharger un électroscope et d'affecter les plaques photographiques.

Uraninite. — Le plus riche minéral d'uranium peut contenir jusqu'à 80 pour cent d'oxyde d'uranium, de 1 à 12 pour cent d'oxyde de thorium, et de 10 à 11 pour cent d'oxyde de plomb, des oxydes de terres rares et de petites quantités d'éléments communs. L'uraninite se présente dans la pegmatite en cristaux noirs cubiques ou octaédriques qui sont presque aussi lourds que le plomb. On connaît neuf gisements de ce minéral dans Ontario et Québec, répartis du lac Supérieur jusqu'à La Malbaie.

La *pechblende* ressemble beaucoup à l'uraninite, sauf qu'elle ne contient pas de thorium et ne forme pas de cristaux. Elle se présente en filons minéralisés comme on l'a dit plus haut.

L'*allanite* est un silicate de terres rares, avec de l'aluminium et du fer surtout, renfermant dans certains cas jusqu'à 2 pour cent de thorium et des traces d'uranium. Elle est noire et lustrée quand elle est fraîche, en plusieurs cas altérée en brun à l'extérieur. L'allanite est un minéral assez commun dans les pegmatites et les granites grossiers d'Ontario et de Québec.

Titano-tantalo-colombates complexes. — Ils peuvent contenir jusqu'à 20 pour cent d' U^3O^8 avec le thorium et les terres rares, titane, tantalum et columbium comme principaux éléments. Ces minéraux sont noirs ou brunâtres et presque aussi lourds que la magnétite. Les minéraux tels que l'euxénite, la samarskite, la fergusonite, l'hatchettolite, etc., appartiennent à ce type. Les minéraux de cette catégorie sont les plus répandus et les plus abondants minéraux radioactifs dans les pegmatites d'Ontario et de Québec.

Monazite. — La monazite est un phosphate de terres rares renfermant jusqu'à 10 pour cent de thorium. Elle est ordinairement jaunâtre, brunâtre ou cannelle et peut former des cristaux en coin dans la pegmatite. Des grains plus petits peuvent parfois se présenter dans les granites, les syénites ou même dans des roches plus basiques. On connaît plusieurs gisements de monazite dans les pegmatites d'Ontario et de Québec.

La *thorite* est surtout un silicate de thorium, avec un peu d'uranium, de terres rares et des éléments communs. Elle se présente d'ordinaire sous forme de prismes carrés qui sont noirs et lustrés là où elle est fraîche, jaune ou orange quand elle est altérée. Ce minéral a été découvert dans la pegmatite de la mine MacDonald à Hybla (Ontario).

La *thorianite* est principalement un oxyde de thorium, avec un peu d'oxyde d'uranium et de petites quantités d'autres éléments. Elle se présente sous forme de lourds cristaux noirs cubiques dans les pegmatites et les placers dans Ceylan, mais elle n'a pas encore été trouvée au Canada.

INDICES SUR LE TERRAIN DE LA PRÉSENCE DES MINÉRAUX RADIOACTIFS

Les minéraux radioactifs dans la pegmatite peuvent se reconnaître avec une certitude presque absolue après une certaine expérience, par le fait qu'ils donnent lieu à des cassures dans la roche, qui s'étendent dans toutes les directions à partir des minéraux radioactifs. Les minéraux inactifs ordinaires trouvés dans les pegmatites tels que la tourmaline noire, l'ilménite, la magnétite, le grenat, la hornblende, le pyroxène, le titane, etc., ne produisent pas cet effet, qui semble se limiter aux minéraux radioactifs. Le zircon produit la même cassure et pourrait être cité comme une exception à cette règle, mais, de fait, il renferme ordinairement de petites quantités d'uranium et de thorium.

Le feldspath environnant les minéraux radioactifs est ordinairement rouge plus foncé qu'ailleurs—une autre bonne indication; mais comme le feldspath est parfois rougi superficiellement par la rouille provenant de la pyrite oxydante ou d'autres sources de fer, il faut être prudent dans cette observation.

L'uraninite qui est considérablement altérée peut présenter des taches jaune canari ou orange brillant, mais certaines taches de fer peuvent facilement être prises pour ces produits de décomposition de l'uranium.

ESSAIS DE MINÉRAUX RADIOACTIFS

L'électroscope à rayons alpha constitue le meilleur appareil pour l'essai des minéraux radioactifs. C'est en principe un instrument très simple qui pourrait être facilement improvisé par toute personne qui a quelque penchant vers la mécanique, mais malheureusement il n'est presque pas utile à moins qu'il soit muni d'un microscope avec échelle graduée pour lire la déviation de la feuille et l'instrument ainsi complètement équipé est assez dispendieux.

Un autre petit instrument qui peut servir à découvrir les substances radioactives est le scintiloscope, appelé aussi parfois le spintharoscope ou radioscope. C'est simplement une petite lame de verre sensibilisée d'un côté avec du sulfure de zinc et munie d'un microscope de faible puissance pour observer la lame. Quand un minéral radioactif est rapproché du côté sensible de la lame des effluves causées par les particules alpha frappant le sulfure de zinc peuvent être aperçus à l'aide du microscope. Il faut prendre soin que le côté enduit de sulfure de zinc ne devienne pas contaminé de matière radioactive, telle la poussière ou poudre provenant des minéraux radioactifs. L'écran peut être essayé pour la contamination en l'observant pendant quelque temps dans l'obscurité, alors que s'il n'est pas contaminé aucun effluve ne saurait être aperçu.

Un simple électroscope à rayons alpha avec microscope pour faire les lectures peut être obtenu au prix de \$27 de la Central Scientific Company, Toronto. La même compagnie offre en vente le type d'électroscope à rayons alpha du Bureau des Mines des Etats-Unis pour des mesures plus précises au prix de \$85 et un radioscope à \$13.50. Autant que l'auteur a

pu s'en rendre compte ces instruments ne sont pas compris dans les catalogues des autres marchands canadiens d'instruments scientifiques, mais il n'y a pas de doute que n'importe lequel de ces marchands les fourniraient s'ils leur étaient demandés. Les instructions concernant l'emploi de l'électroscope sont fournies avec l'instrument.

L'un des plus simples moyens d'établir la radioactivité d'un minéral est d'exposer une plaque ou pellicule photographique à l'action de celui-ci. La plaque ou pellicule négative peut être enveloppée dans du papier noir et mis dans une enveloppe. Le minéral ne devrait pas être placé sur l'enveloppe, mais devrait être gardé à une distance d'un pouce ou à peu près et un objet métallique, tel qu'une pièce d'argent, devrait être interposé entre la plaque et le minéral. Après avoir été laissé en position pendant plusieurs jours, si le minéral est radioactif, la plaque au développement devrait devenir plus ou moins foncée si ce n'est une tache claire là où la pièce d'argent l'a protégée. Cet essai est plus sensible et des résultats plus rapides sont obtenus si la plaque négative sans aucune couverture est exposée à l'action du minéral radioactif, les deux étant renfermés dans une légère boîte à éprouve.

Des essais de radioactivité sont faits sans frais sur les minéraux canadiens par la Commission géologique. Des échantillons minéraux pesant jusqu'à 12 onces adressés au Directeur de la Commission géologique, à Ottawa, peuvent être envoyés franco, et doivent être marqués "Echantillons minéraux, Service de Sa Majesté". En autant que possible la localité exacte d'où proviennent ces échantillons doit être indiquée dans une lettre accompagnant les échantillons.

BIBLIOGRAPHIE

La documentation sur la radioactivité est très considérable et formerait en elle-même une assez bonne bibliothèque. On ne fera mention que de quelques ouvrages et articles, à la portée du public:

- Russell (A.-S.): "Chemistry of Radioactive Substances". Publiée par John Murray, rue Albermarle Ouest, Londres, Angleterre. Prix, \$1.50. C'est un des plus petits livres et des moins dispendieux et en même temps, peut-être, le plus simple et le meilleur ouvrage sur le sujet pour la moyenne des lecteurs.
- Rutherford (sir Ernest): "Articles on Radioactivity", dans les onzième et treizième éditions de l'Encyclopédie britannique.
- Hevesy et Paneth: "Radioactivity". Traduit en anglais par R.-W. Lawson. Le plus récent et le meilleur livre anglais traitant à fond tout le sujet de la radioactivité. Publié par l'Oxford University Press.
- Holmes (Arthur): "The Age of the Earth", Benn's Six-penny Library, n° 102. Un compte rendu populaire très intéressant et à date des rapports des éléments radioactifs avec la géologie, par un des pionniers sur le terrain. Publié par Ernest Benn, Ltd., Londres. Prix, six deniers.
- United States Bureau of Mines, Bulletin 70. Il peut s'obtenir du Government Printing Office, Washington, D.C. Il renferme des descriptions détaillées et des listes de minéraux, mode de gisement des minerais, méthodes d'analyse chimique et électroscopique, l'extraction commerciale du radium, de l'uranium et du vanadium, etc. C'est peut-être la meilleure description disponible au point de vue technique.
- Bragg (sir William): "Concerning the Nature of Things". Publié par Harper Brothers, New-York et Londres. Prix, \$3. Une très intéressante série de conférences sur la structure et les propriétés de la matière.

CHAPTRE VI

OPÉRATIONS SUR LE TERRAIN

MATÉRIEL DE PROSPECTION

(C.-E. Cairnes et W.-F. James)

Le matériel de prospection doit être de nature à assurer le confort sans gêner les mouvements en cours de route. Les préférences de chacun déterminent ordinairement le choix de l'équipement, mais, règle générale, il n'est pas sage de se départir de pratiques dont une longue expérience dans les diverses parties du pays a démontré l'efficacité. Les prospecteurs qui s'engagent dans un district avec lequel ils ne sont pas familiers feront bien de retenir les services de quelqu'un de l'endroit, et de se laisser guider par lui dans le choix du matériel et dans l'agencement de l'itinéraire. Les membres de la Commission géologique ont acquis une foule de renseignements sur les conditions de presque toutes les régions, dont peuvent tirer profit ceux qui projettent des expéditions dans des régions qu'ils ne connaissent point. La carte de la contrée où ils se proposent de prospecter est toujours un auxiliaire précieux, et une carte géologique leur épargnera beaucoup de travail inutile. Ces cartes sont fournies gratuitement ou à un prix nominal par le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux.

Au point de vue des conditions de la prospection, le Canada peut être divisé en trois zones qui correspondent à peu près à la division physiographique du pays:

(a) Régions colonisées ou d'accès facile:

- (1) Provinces maritimes.
- (2) Etendues méridionales du Québec et de l'Ontario.
- (3) Parties méridionales des provinces des Prairies.
- (4) Régions du littoral.

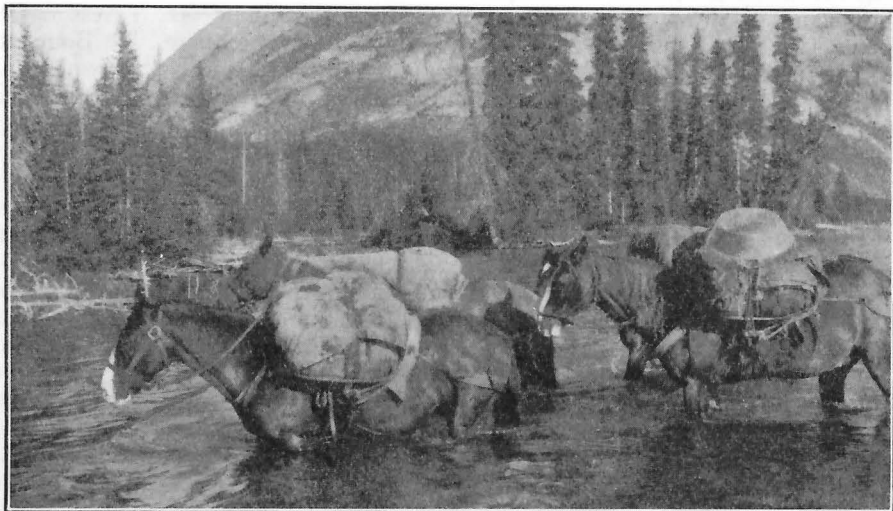
(b) Bouclier canadien, territoires du Nord-Ouest, et les parties les plus reculées des provinces des Prairies.

(c) Région des Cordillères.

Les Provinces maritimes sont assez densément peuplées et d'accès facile par chemins de fer et par les grandes routes, et le prospecteur n'a pas à s'inquiéter des moyens de transport. La coupe du bois a été pratiquée dans presque toutes les parties de ces provinces et il y a très peu de régions qui ne peuvent être atteintes par quelque ancienne route forestière. Le canot et le bât sont employés dans quelques régions reculées de ces provinces, ainsi que dans la péninsule de Gaspé, région rude et sauvage au centre d'un territoire colonisé. Les basses terres de la côte de cette péninsule sont habitées et l'on peut facilement s'y rendre par route ou par bateau.



A. Le portage d'un canot.



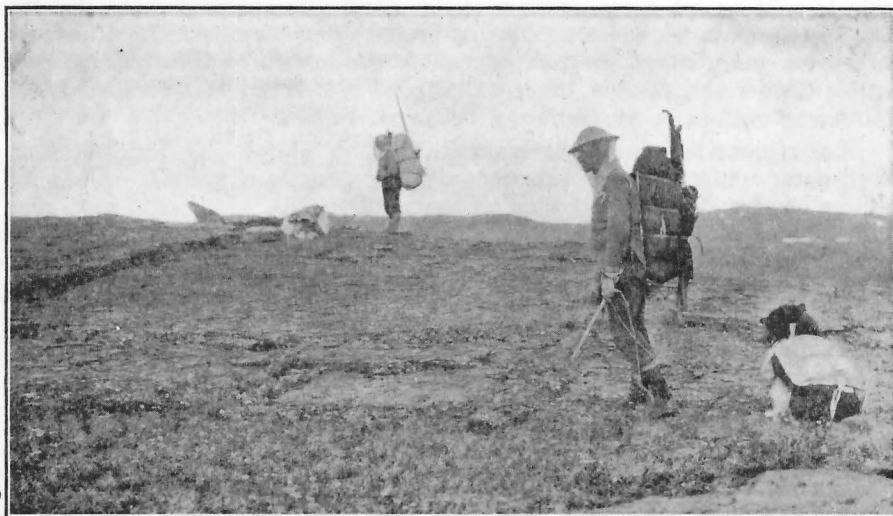
B. Chevaux de bât traversant à gué une rivière.

Les basses terres du Saint-Laurent sont très faciles d'accès, de même que la partie sud d'Ontario, mais elles sont en général moins intéressantes pour le prospecteur que les régions éloignées. Des chemins conduisent à presque toutes les parties de cette région colonisée, et gîte et provisions y sont faciles à trouver.

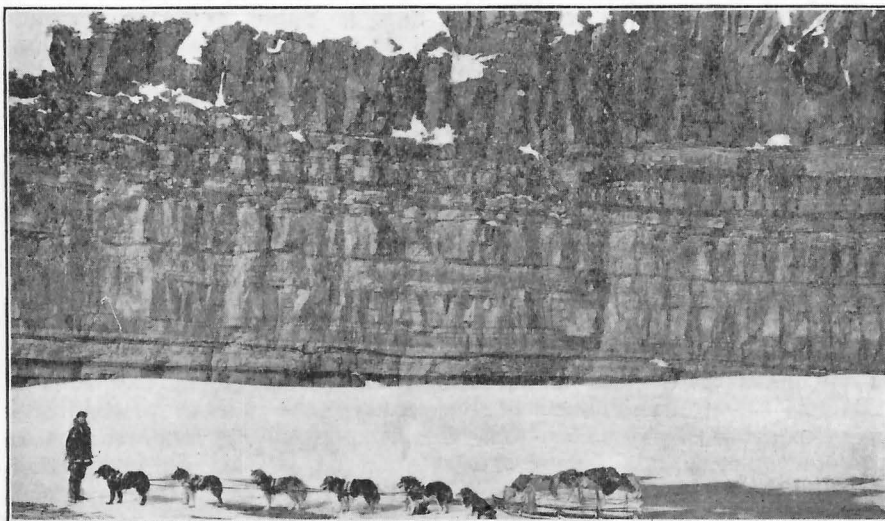
Dans les parties méridionales des provinces des Prairies, la prospection se fait surtout en vue du gaz, du pétrole et de la houille; on explore par forage, ce qui exige un matériel considérable et coûteux. Les automobiles et les véhicules légers à traction hippomobile sont pratiques dans ces localités et il est facile de se maintenir en relation avec des établissements où l'on peut se procurer des approvisionnements. Il est peut-être opportun de signaler que dans ces régions les tentes de toile sont préférables aux tentes de soie, à cause des grands vents et du manque d'abri dans les plaines découvertes.

Les régions du littoral septentrional et oriental du Canada peuvent être prospectées depuis une base de ravitaillement pourvue de chaloupes à voiles et de canots à moteurs. Il est préférable de se servir de ces derniers; la meilleure façon est de les prendre sous contrat et de les confier à un pilote compétent et expérimenté. Le coût du matériel requis dans ces régions est assez onéreux et les préparatifs doivent être confiés à des personnes d'expérience, étant donné la difficulté de la tâche. Par suite de la proximité du pôle magnétique dans les eaux de l'extrême-nord, il faut se servir de la boussole avec discernement.

Pour les expéditions dans le Bouclier canadien et les Territoires du Nord-ouest, un matériel spécial est requis dans l'agencement duquel les sauvages nous ont fourni de nombreux renseignements. Sauf dans les régions colonisées, le mode le plus usuel de transport est par canot sur des cours d'eau interrompus. L'embarcation doit donc être assez légère pour être facilement portée d'une voie navigable à une autre. Le Bouclier canadien est particulièrement intéressant par son système hydrographique. Des lacs, grands et petits, s'anastomosent à sa surface, reliés les uns aux autres par des cours d'eau qui forment les principales routes fluviales. Le rapprochement de ces cours d'eau permet au prospecteur de visiter presque toutes les localités. La période de la saison durant laquelle le canotage est praticable, varie à mesure que l'on avance vers le nord. Dans les régions au sud du Canadien-National, la glace commence ordinairement à descendre vers le mois de mai, suivant la saison. La glace prend quelquefois au mois d'octobre, mais généralement il est possible de canoter jusque vers la fin de ce mois. Il est pénible et difficile de voyager de bonne heure au printemps ou tard à l'automne et il faut s'en abstenir si possible. Au cours de ces saisons il est périlleux de voyager sur les lacs et les ruisseaux à cause de la minceur de la glace qui est parfois assez épaisse cependant pour empêcher de se servir des canots. Depuis quelques années les expertises de guerre ont transformé le vol en avion, d'une aventureuse expérience laissée à quelques audacieux, en un mode de transport quotidien dont les routes ne connaissent pas de limites. Les nombreux lacs et rivières et le relief assez plat permettent aux avions de voler dans presque toutes les directions du nord canadien. Chacun est libre de déterminer



A. (1) Manière de porter un havresac. (2) Transport de fardeaux à dos de chiens. (3) Voile protecteur contre les moustiques.



B. Transport par attelage de chiens.

lui-même l'opportunité d'utiliser ce mode de transport. Là où la vitesse est essentielle, l'efficacité du transport en avion ne saurait être mise en doute, mais le coût en est assez onéreux et des dépôts de ravitaillement doivent être établis dans les zones où l'on se propose de travailler. Le transport aérien est maintenant un fait courant dans les entreprises minières et semble donner satisfaction. Son utilité pour la cartographie aérienne a été clairement démontrée au cours des dernières années.

Les régions les plus septentrionales du Labrador et des Territoires du Nord-ouest renferment suffisamment de bois pour le chauffage. Dans les régions boisées, le gibier est plus ou moins abondant, et on rencontre, plus au nord, des espèces caractéristiques comme le caribou. Les oiseaux sauvages sont abondants et les lacs et les cours d'eau sont très poissonneux.

Le prospecteur qui désire une habitation semi-permanente, peut se construire une cabane en bois. S'il se sert de tentes, elles devront assurer le maximum de confort et un minimum de poids et d'encombrement. Il ne faut pas oublier non plus que la protection contre les moustiques est très importante. Les vêtements et le matériel de couchage devront être choisis de façon à assurer un maximum de durée et de confort. La nourriture devra posséder un grand pouvoir nutritif proportionnellement à son poids et, par suite des rares occasions de la renouveler et des difficultés de transport, elle ne devra pas être périssable.

La région des Cordillères du Canada fait presque entièrement partie de la Colombie britannique et du territoire du Yukon. Elle possède une superficie de plus de 600,000 milles carrés. Cette vaste contrée est une véritable mer de montagnes, groupées en une solide phalange de chaînes ou de systèmes s'avancant vers le nord-ouest, en un bloc compact à travers la Colombie britannique et pénétrant dans le Yukon et l'Alaska. Malheureusement la direction des vallées entre les montagnes est à peu près parallèle à la ligne de côte et rend leur exploration particulièrement difficile. Les lignes de chemin de fer sont rares dans cette région et la population qu'elles desservent, environ une personne par mille carré, est en grande partie éparsée. C'est pourquoi une faible partie seulement de ce vaste territoire est véritablement connue et de cette partie, peu a été prospecté avec soin.

Au cours de la brève période d'exploration minière dans cette région, alors que ses ressources minérales furent mises en évidence d'une façon bien positive, le prospecteur a joué un rôle de première importance. A la lumière du passé et en face des perspectives d'avenir, il semble qu'il n'en soit qu'au début d'une série de nombreux services qu'il est appelé à rendre. Sa vie, dans ces régions montagneuses, est naturellement très rude et exige une constitution robuste et une connaissance précise des conditions dans lesquelles il travaille. Ces conditions sont des plus variées et requièrent une grande faculté d'adaptation de la part du prospecteur. Ainsi, même à une faible distance du chemin de fer, il voyage parfois commodément en automobile pour les premières étapes, charge ses bagages sur des chevaux de bât au commencement des sentiers, et enfin, aux grandes altitudes, sa seule ressource est de les porter sur son dos.

Le mode de transport le plus ordinaire dans cette région est probablement par chevaux de bât. La bête le mieux adaptée à cette fin est le robuste bidet demi-sauvage, appelé communément "cayuse" ou "bronco." Le cayuse est intelligent, il a le pied sûr et peut presque partout trouver seul son fourrage. Il porte facilement 150 livres, et pour de courtes distances ou sur de bons sentiers, il peut porter jusqu'à 250 livres. Dans le sud central de la Colombie britannique, on peut acheter ces animaux "à l'enclos"¹ pour \$15 ou \$10 chacun. Lorsque domptées et dressées pour la selle, on exige parfois jusqu'à \$50 pour les bêtes de choix. Pour le transport, on leur assujettit un bât spécial, de chaque côté duquel on attache des caisses ou fardeaux, de poids à peu près égal, appelés "sommets de flancs." Les autres effets chargés entre celles-ci sur le dos de l'animal, s'appellent "sommets de dos." Il faut une grande habileté pour répartir la charge également et l'assujettir solidement au moyen d'un des nombreux noeuds bien connus. Pour les sommets de flancs on peut se servir d'une toile spéciale, de planchettes de fibre ou de sacs de selle en bois. Pour les deux derniers types le bord inférieur externe est taillé en biseau pour les empêcher de s'accrocher aux arbres, aux roches, etc., là où les pistes sont étroites ou font défaut.

Dans la Colombie britannique septentrionale et le Yukon, l'entretien des bêtes coûte cher. Les bêtes de somme y sont donc rares, de sorte qu'il faut surtout voyager par canot l'été et par attelages de chiens l'hiver.

Sur les nombreux lacs de la Colombie britannique et du Yukon, on pourra trouver commode de voyager par vapeurs à faible tirant d'eau, petits moto-godilles, esquifs, canots et on voyage même fréquemment par les multiples cours d'eau, agités, tortueux et impraticables, aux endroits où ils sont navigables. La principale difficulté afférente à l'emploi de telles embarcations est ordinairement le coût du transport. Bien entendu, les bateaux sont le seul moyen de transport dans les expéditions le long du littoral et des îles côtières de la Colombie britannique, mais il faut s'assurer les services d'un navigateur ou d'un pilote d'expérience à moins que l'un des membres du groupe connaisse parfaitement le maniement du genre d'embarcation employée et soit familier avec les cours d'eau locaux.

Dans les Cordillères, il se fait très peu de prospection l'hiver à cause de l'épaisseur de la neige. Toutefois, en faisant l'essayage des placers du Yukon, surtout quand ils sont enfouis profondément, le sol gelé permet d'explorer la surface du sous-sol. La neige offre de plus un excellent moyen de transport des approvisionnements par traîneaux à chiens, et permet de faire des "caches" de vivres pour la saison suivante. Le minerai entassé avant la chute des neiges est traîné économiquement sur la neige au bas des pentes au moyen d'attelages.

EQUIPEMENT

La liste qui suit comprend les objets utilisés par les membres des expéditions de la Commission géologique. Ils ont tous été trouvés pratiques et utiles, et on peut les acheter ou les faire fabriquer sur commande chez

¹ "Off the range."

toute bonne maison d'équipement. Quelques-uns s'adaptent seulement aux exigences de certains districts, mais d'autres sont essentiels à toute expédition bien équipée. Cela ne veut pas dire toutefois que tous les objets mentionnés soient absolument nécessaires, et chacun est libre d'y substituer tel ou tel autre accessoire de son choix, ou suivant les circonstances. Le seul but de cette liste est d'indiquer ce que comporte un équipement complet.

Armes à feu. Elles peuvent servir quand la saison et la localité sont propices à la chasse du gibier comme nourriture.

Bâches. Elles sont en canevas hydrofugé, de diverses dimensions, tissages, et couleurs. Elles sont très utiles pour protéger les provisions et recouvrir le sol de la tente.

Bâts (pour chevaux et mules). On peut se les procurer au choix, avec sangle simple ou double. L'expérience a démontré que certains bâts conviennent mieux à certaines bêtes et le prospecteur doit se rendre compte du type qui assure le maximum de confort aux animaux dont il se sert.

Boîtes de selles ou paniers. Caisses de construction spéciale utilisées comme sommes de flanc sur les bêtes de bât. Elles sont faites de fibre, de bois ou de canevas. Le type en fibre coûte plus cher, mais il est plus léger et plus durable que les autres. Le coût de ces objets est de \$10 la paire et plus.

Caisses ou boîtes en fibre. Ces boîtes sont en forme de sacs télescopiques (*télescope valise*), de dimensions variées, se placent bien dans un canot et sont faciles à porter. Elles sont légères, très durables, assez imperméables à l'eau et protègent les aliments et le matériel qui pourraient être écrasés.

Canots. Les plus pratiques sont les canots de cèdre recouverts de forte toile. Le plus petit canot qui puisse être utile doit avoir au moins 15 pieds. Il pèse 50 livres ou un peu plus, et peut porter 500 livres sans être trop chargé. Un canot de 16 pieds pèse 65 livres. Il est très commode pour deux hommes et peut transporter des approvisionnements pour une excursion de 4 semaines. Un canot de 17 pieds pèse de 75 à 100 livres et peut contenir de 600 à 1,200 livres. Un canot de transport de 19 pieds pèse de 90 à 130 livres et sa charge est de 900 à 1,700 livres. Un canot de 20 pieds peut porter jusqu'à deux tonnes.

Les divers types de canots mentionnés plus haut sont aussi construits avec une poupe rectangulaire à laquelle on peut attacher un moteur amovible. Un canot de transport de 18 pieds, propulsé par un moteur de 2½ HP, d'un poids de 55 livres, peut faire environ 7 milles à l'heure. Ces moteurs sont très utiles sur les lacs et les rivières à cours tranquille sur de longues étendues et sur les cours d'eau où il y a peu de portages. La consommation d'essence est minime, soit environ 20 milles par gallon. Pour les longues randonnées, on doit apporter un aviron supplémentaire. De la glu marine, du bitume ou de la gomme laque et du coton sont utiles pour réparer les canots.

Engins de pêche. Un assortiment de lignes, hameçons, mouches, cuillers, sont généralement utiles au cours d'un long voyage au Canada.

Haches. Au goût de chacun ou pour répondre à des besoins spéciaux.

Havresacs. Ils sont en toile et servent au travail quotidien dans le bois. Certains les préfèrent aux sacs d'alpinistes qui se portent sur le dos.

Insecticides. Il est presque toujours nécessaire de se protéger contre les insectes. On trouve aujourd'hui sur le marché des insecticides liquides qui, pulvérisés dans une tente, tuent tous les insectes qui s'y trouvent. Lorsqu'on n'a pas sous la main une solution de ce genre, on peut chasser les moustiques de la tente par la fumée.

Pour les éloigner durant le jour, on peut préparer soi-même ou acheter diverses compositions. Une solution de sel d'Epsom a une certaine action, en friction sur les mains et la figure; elle réduit aussi les enflures causées par les morsures d'insectes. Une excellente mixture, éloignant les mouches et les maringouins, peut être préparée en mêlant deux ou trois parties d'huile douce ou d'huile de coton avec une partie d'huile de goudron et en ajoutant de l'huile de citronnelle dans la proportion de $1\frac{1}{2}$ once ou plus par gallon.

Depuis quelques années le brûlot est devenu un véritable fléau dans la zone argileuse d'Ontario, et ailleurs on le considère comme le plus nuisible de tous les moustiques.

Ces mouches sont toutes petites et excessivement actives et ennuyeuses à cause de leur piquûre venimeuse. On peut dans une certaine mesure détruire celles qui pullulent autour des camps en allumant un grand feu avec un combustible qui flambe bien, tel que branches sèches de conifères. À cause de leur organisme léger, ces mouches sont attirées dans le brasier. À l'intérieur des tentes on s'en débarrasse en frottant les parois et le toit avec une serviette mouillée. Leur extrême fragilité et leur légèreté les rendent particulièrement vulnérables.

Instruments. Boussole, baromètre, etc.—Voir chapitres traitant de l'Arpentage pratique et des Instruments d'Arpentage.

Literie. Les couvertures doivent être en laine de bonne qualité. Elles sont de diverses grandeurs et de divers tissages, simples ou par paires. Il faut aussi des couvertures pour mettre sous les selles, généralement une couverture double par animal.

Lits. Quand on peut les transporter, les lits pliants sont très commodes. Ils sont en canevas, avec monture articulée en bois ou en métal.

Marteaux, etc. Chacun se laissera guider par ses propres préférences, parmi les nombreuses variétés de marteaux de géologues et de prospecteurs.

Pierres à aiguiser et limes.

Pioches à défricher. Sont utiles pour enlever la mousse et la jeune végétation qui recouvre la roche en place.

Poêles. On peut se procurer des poêles pliants à quatre ronds pesant un peu plus de cinquante livres. Les poêles à deux ronds sont un peu

moins lourds. Tous deux sont munis de fourneaux. Ces cuisinières sont très utiles lorsque la température est humide; on peut à peine s'en passer quand il fait froid. Pour remplacer le poêle il est facile de construire un four au moyen de grosses pierres plates cimentées avec de la boue, et muni d'une ouverture et d'un tirage à la partie supérieure. Un bon feu entretenu dans un fourneau de ce genre pour environ une heure laisse la roche suffisamment chaude pour y cuire le pain, la viande, etc., après le raclage du brasier. On peut également opérer la cuisson dans des bassines couvertes enfouies dans le sable préalablement bien chauffé.

Réfecteurs. Les réfecteurs en aluminium ou en étain sont utiles quand on n'a pas de poêles. Ceux qui se replient sont les plus commodes. Il faut cependant une certaine pratique pour s'en servir comme fourneau avec un feu ordinaire.

Sacs de toile hydrofuges enduits de paraffine pouvant contenir farine, sucre, etc.—très utiles pour protéger le contenu contre l'humidité et la pluie.

Sacs de toile ou de soie pour provisions, munis de cordons d'attache. On peut se les procurer d'une capacité de 5 à 20 livres. Ils sont très utiles pour le transport de petites quantités de sucre, sel ou farine.

Sacs à outils. De petites trousse de poche d'un poids négligeable contiennent un assortiment d'outils utiles.

Sacs de charge. Ces sacs sont en toile imperméable et munis d'une sangle pour la tête et de courroies pour les épaules. Ils sont presque indispensables. Les courroies doivent être cousues au sac et rivetées.

Sacs de couchage. Certains les préfèrent aux couvertures, mais ils sont un peu plus dispendieux. Ils sont légers, confortables et commodes à transporter.

Sangles frontales (Tump-lines) Ces sangles sont très utiles pour le port à dos, de sacs et de boîtes. Le mieux est d'avoir une sangle pour chaque membre du groupe. Certains prospecteurs laissent une courroie de ce genre attachée en permanence aux traverses de leur canot pour faciliter les portages.

Seaux. Les seaux pliants faits de canevas spécial se portent bien et rendent d'assez bons services.

Tentes. Le genre de tissu servant à la fabrication des tentes doit être déterminé dans une certaine mesure par les conditions de température, les facilités de transport, etc. Là où les déplacements sont fréquents et où le poids et le volume sont à considérer, la soie à voiles est la plus recommandable. Là où l'on rencontre de grands vents, du temps froid, de la pluie et de la neige, la toile est préférable. Une tente très pratique a le toit en toile et les parois en soie. Une tente de soie coûte environ 30 pour cent plus cher qu'une tente de toile de même dimension.

La forme des tentes varie avec les conditions dans lesquelles elles sont employées. Un type beaucoup employé est la tente-abri avec porte à un bout

et un orifice de ventilation ou fenêtre, à l'autre. On fera bien de voir à ce que la paroi soit plus élevée que dans les tentes de fabrication courante, car on obtient ainsi beaucoup plus d'espace. Une tente de 7 sur 9 par exemple, devrait avoir une paroi verticale de 3½ pieds ou 4 pieds de hauteur. Ces tentes sont généralement munies d'une toile de sol de 1 pied de largeur, mais dans les endroits infestés de mouches et de maringouins, il est préférable qu'elle soit munie d'un plancher intégral fait de toile légère hydrofugée.

Les tentes pyramidales de diverses formes, sont de plus en plus employées. Elles sont légères et sont supportées par un seul poteau. Une tente pyramidale rectangulaire de 7½ pieds est un peu petite pour loger deux hommes surtout si leurs effets personnels demandent de l'espace.

Les tentes en forme de "A" majuscule sans parois verticales ne sont pas confortables, mais sont toutefois employées quand il faut se déplacer fréquemment et que le poids et le volume des bagages doivent être réduits au minimum. Les tentes en forme de cloche sont très rarement utilisées dans les expéditions aux régions éloignées à cause de leurs nombreux désavantages.

Lorsqu'on désire installer un poêle sous la tente, on coud des anneaux d'amiante au toit et aux pavillons pour prévenir leur inflammation. Les tentes de soie sont très inflammables et sont souvent détruites par les étincelles qui s'échappent du tuyau.

On fabrique, aujourd'hui plusieurs solutions hydrofuges pour les tissus de tentes. Il est préférable d'enduire même les tentes neuves de ces solutions et, pour les tentes qui coulent, après environ une année d'usage, ce traitement s'impose presque.

Au début de l'été alors que les mouches pullulent, il est nécessaire de fermer l'entrée de la tente avec un pare-mouches de gaze. Ce pare-mouches doit être assez ample pour qu'il s'étende par terre et puisse être maintenu en place par des articles tels que bottes, boîtes, etc., de façon à empêcher les insectes de pénétrer une fois qu'on les a chassés par la fumée ou autrement. L'orifice de ventilation doit être pourvu à l'intérieur d'une mousseline transparente bien cousue à la tente et à l'extérieur, d'un revers de soie ou de toile pouvant s'abaisser ou se relever de l'intérieur suivant la température.

Un double toit en soie bien tendu au-dessus de la tente aide beaucoup à tenir la tente fraîche pendant la partie chaude du jour et à maintenir l'intérieur à sec pendant les grandes pluies.

Trousses-Soins d'urgence. Il est recommandable d'avoir à sa disposition quelque moyen de parer aux accidents et à la maladie. L'équipement le plus sommaire sous ce point doit inclure: bandages, iode, diachylon et quelques médicaments élémentaires sous une forme commode. Une grande variété de trousses sont offertes par la pharmacopée et quelques-unes contiennent: thermomètre, bistouri, catgut, aiguilles pour points de suture, bandages antiseptiques de diverses formes et dimensions et un assortiment pratique de médicaments. Elles coûtent parfois \$20 et plus. D'autres, moins dispendieuses, et généralement suffisantes, coûtent moins de \$10. Chaque trousse doit contenir une petite brochure sur la manière d'administrer les premiers soins.

Ustensiles. Les meilleurs couteaux et fourchettes sont ceux en acier nickelé. Les autres ustensiles tels que, tasses, plats, bols, etc., peuvent être en étain, aluminium ou fer céramé. On peut se procurer des couverts complets en aluminium pour quatre personnes ou plus. Les poêles à frire en aluminium avec manche amovible sont très commodes.

La liste de rations qui suit pourra servir de guide dans l'achat des provisions. Chacun, peut à son choix, augmenter la quantité de certains items et la diminuer pour d'autres. Les quantités données ne prévoient pas de réserve, ce qu'il ne faut pas oublier. Un voyage peut toujours durer plus longtemps que prévu. La corruption et le gaspillage des vivres peuvent diminuer la quantité dont on dispose et il faut aussi prévoir pour les visiteurs probables. Il sera peut-être sage de majorer un peu les proportions indiquées.

Liste révisée des rations

En livres, par jour, et par individu

	Livres
Farine ou biscuits de matelots.....	0.900
Poudre à lever.....	0.025
Céréales (grauu d'avoine).....	0.150
Fèves.	0.20
Riz.	0.075
Pommes de terre desséchées.....	0.161
Pois fendus.....	0.025
Légumes desséchés pour soupe.....	0.022
Jambon et bacon.....	0.750
Saindoux et crisco.....	0.06
Fromage.	0.05
Œufs cristallisés.	0.03
Cubes de thé de bœuf.....	Si désiré
Sucre.	0.35
Thé.	0.06
Café.	0.03
Chocolat.	1 tablette (petite)
Oignons desséchés.....	0.005
Orge.	0.02
Lait (en poudre).....	0.15 (boîte)
Sel.	0.04
Fruits desséchés.	0.22
Poivre.	0.002
Épices.	0.002
Savon.	0.02
Beurre.	0.15

3.5

On peut ajouter, au goût et suivant les besoins: moutarde, allumettes, chandelles, confitures, gâteaux de levure, bicarbonate de soude, essences, sirop, macaroni, farine de blé d'Inde, marinades, mélasse, bœuf salé et sauce aux tomates.

Voici quelques suggestions concernant certains de ces items. De nos jours le bacon et le jambon sont emballés dans des enveloppes qui protègent la viande contre l'humidité, en rendent le transport plus facile et les conservent pendant plusieurs mois. Les longes de porc salées à sec se conservent bien et coûtent peu; c'est un aliment toujours bien accueilli par temps froid. Pour des excursions prolongées, le pemmican constitue un aliment précieux car il se conserve indéfiniment, en plus d'être une nourriture très concentrée; malheureusement il ne convient pas à toutes les bouches. La viande en conserve, sous diverses formes est appétissante

et convient partout où le transport n'est pas trop difficile. Parmi les céréales, on croit que le gruau d'avoine est supérieur à l'avoine roulée, mais il exige une plus longue cuisson. Les légumes desséchés sont d'un poids négligeable et constituent un excellent aliment. Les pommes de terre desséchées sont préférables lorsque hachées ou tranchées. Les légumes pour la soupe sont une précieuse addition. La farine de pois sert à épaissir la soupe et constitue un aliment nourrissant et agréable au goût. Un thé de bonne qualité constitue une économie dans une diète où il est si nécessaire. Le chocolat sucré en petites tablettes se transporte commodément et constitue une bonne nourriture, surtout lorsque le repas est pris loin du camp. Pour le transport, le lait en poudre est de beaucoup préférable aux variétés ordinaires de lait condensé. On trouve sur le marché du lait en poudre écrémé et avec le gras, que l'on mêle avec de l'eau au besoin; ceci diminue la perte et permet de réduire le poids. Dans les expéditions en canot, il est bon d'apporter des allumettes dans un étui imperméable.

Quelquefois, il faut mettre en réserve le surplus de vivres. Si la quantité en est considérable, il est profitable de construire une plateforme sur des troncs d'arbre, d'environ 10 pieds du sol. Les boîtes, etc., y sont déposées, recouvertes d'une bâche et solidement assujetties. On décortique les souches afin d'empêcher les animaux d'atteindre la cache.

Rations des bêtes

Les bêtes de somme trouvent généralement seules leur nourriture, mais lorsqu'il est nécessaire de la leur procurer on pourra se guider sur la ration quotidienne qui suit, pour chaque animal.

	Avoine Livres	Foin Livres
Gros chevaux	12	18
Petits chevaux.	10	14
Mules.	8	12

ACCORDS FINANCIERS

Toutes sortes d'accords financiers existent chez les prospecteurs. Plusieurs prospectent deux par deux, partageant les dépenses, poursuivant leur exploitation individuellement et, quand c'est possible, vendant les claims de bon augure et partageant les recettes. De nos jours, plusieurs prospecteurs sont à la solde de compagnies ou de syndicats qui leur paient salaire et frais de déplacement et s'engagent à leur donner un intérêt dans tous les claims dont ils prendront possession au nom de la compagnie. Cet intérêt est naturellement sans valeur pour le prospecteur à moins qu'il n'ait l'assurance que le syndicat poursuive l'exploitation et en obtienne un rendement. Parfois le contrat du prospecteur contient certaines clauses revendicatrices de ses intérêts et qui engagent le syndicat, qui l'emploie et le paie, à faire l'acquisition de tout terrain de valeur potentielle qu'il aura découvert pendant la durée du contrat. Le terme "société en commandite," ou "aide en nourriture (grubstake), tire son origine d'une entente très fréquente entre le prospecteur et un bailleur de fonds, suivant laquelle le prospecteur fournit son temps et son expérience, et le bailleur de fonds, une somme quelconque ou le coût des approvisionnements nécessaires à l'expédition du prospecteur. Cet accord comporte généralement le partage égal des profits.

ARPENTAGE PRATIQUE

(*G. Hanson*)

INTRODUCTION

Les ingénieurs des mines et les géologues, lorsqu'ils examinent des prospectes minéralisées, tracent des plans indiquant les sièges d'extraction, les filons, etc., afin d'avoir à leur disposition une carte ou une représentation en miniature de ce qu'ils ont observé. Généralement les prospecteurs ne dressent pas de cartes de leurs propriétés, malgré que ce soit là un travail intéressant et agréable et duquel on tire souvent beaucoup de profit. Une carte peut fournir une foule de renseignements qui mettent en lumière des perspectives et des moyens de développement auxquels on n'aurait pas songé autrement. Tout n'apparaît pas toujours bien clairement au premier examen; c'est pourquoi il est profitable d'étudier les cartes pendant quelque temps, lesquelles fournissent, en fin de compte, beaucoup plus de renseignements qu'un long rapport. De plus, on décrira plus efficacement une propriété à des acheteurs avec une carte, qui possède l'avantage d'être toujours accessible, tandis qu'il n'est pas toujours facile ni même possible de visiter les lieux. La valeur des cartes est donc manifeste pour les sociétés de prospecteurs, les conseils généraux de mines, les bureaux de mines et les ministères des mines au fédéral et au provincial.

Pour le prospecteur qui doit franchir de grandes étendues de territoire non-cartographié, il n'en coûte pas beaucoup de peine ou de temps de noter les distances parcourues, la position des points élevés, l'amplitude et la profondeur des vallées et des cours d'eau, les indices d'érosion glaciaire et les autres phénomènes géologiques. Une carte portant ces renseignements pourra devenir d'une grande utilité par la suite, tant pour les prospecteurs que pour ceux qui pourraient désirer pousser plus avant l'exploration des régions ainsi traversées. Par exemple, il serait plus facile de consigner l'emplacement des claims que s'il n'existait pas de carte de la région. Ces cartes de reconnaissance n'ont pas besoin d'être d'une très grande précision, qui d'ailleurs n'est pas essentielle.

MÉTHODES D'ARPENTAGE

Les méthodes d'arpentage exposées dans les pages qui suivent sont surtout celles qui ont trait à la cartographie et traitent en particulier de quelques difficultés auxquelles le prospecteur peut avoir à faire face. Toutefois, avant de commencer la description des principes de l'arpentage et de leur mise en pratique, il semble opportun de renvoyer ceux qui s'occupent ou se proposent de dresser des cartes, à une autre partie de cet ouvrage (page 294), où la nature et l'usage des cartes, surtout géologiques, sont expliquées plus en détail.

En dressant la carte d'une région, on établit la position exacte de certains points de repère et la carte est ensuite construite autour de ces points. Une position connue peut servir de point de départ et tous les autres points sont établis en mesurant la distance et la direction à partir

de ce point. On peut également déterminer tous les points les uns par rapport aux autres et établir leur position à la surface de la terre, soit par rapport à un point déterminé, soit par le calcul des latitudes et des longitudes. La précision de la carte, une fois terminée, repose en grande partie sur la précision des instruments et l'habileté de ceux qui s'en servent pour déterminer les positions. Les principes sont toujours les mêmes quels que soient les instruments.

Il y a deux méthodes générales de mesurer la distance et la direction :

(1) par cheminement, (2) par triangulation.

Dans les régions planes on détermine généralement les points par cheminement. En cheminant, on mesure successivement la distance et la direction d'une station à une autre. La précision des cheminements dépend de celle des mesures de distance et de la direction des visées sur les stations occupées. On peut se servir de divers instruments, suivant le degré de précision désiré, mais règle générale, le prospecteur trouvera plus commode d'employer seulement des méthodes simples par lesquelles la direction est obtenue à la boussole et la distance au moyen du ruban d'acier, par le nombre des coups d'aviron ou des pas, par le temps écoulé, ou par estimation. On peut établir une ligne droite en plantant trois jalons en ligne et cette ligne peut être projetée dans un sens ou l'autre en enlevant le dernier jalon et en le reportant en ligne dans la direction voulue, et ainsi de suite. On trouvera plusieurs méthodes de cheminement dans l'explication suivante de la figure 16, diagramme 1.

A est un point de position connue, une borne de claim, le confluent de deux cours d'eau, ou autre point semblable figurant sur une carte. De A, la direction à un autre point B est prise à la boussole et la distance A-B est mesurée ou simplement estimée. De B une visée inverse peut être prise à la boussole, sur A, et la moyenne de la portée des deux visées sera adoptée. On prend de la même façon la course de B à C, avec visée inverse de C sur B. Si l'on fait plusieurs visées successives à la boussole sur un même point, on constate que les observations diffèrent un peu. Cette différence doit être attribuée aux erreurs commises dans la lecture des observations. La moyenne des observations sera admise comme vraie. On prend donc des visées inverses et des visées directes de façon à éliminer autant que possible les erreurs d'observation et pour découvrir les étendues magnétiques, afin de faire les corrections requises. En prenant les visées inverses, on se trouve à faire deux observations de la même station, sinon, la direction n'est observée que dans le sens du cheminement, de la première station à la deuxième, de la deuxième à la troisième, et ainsi de suite. On peut opérer plus rapidement en procédant de la manière suivante. Prendre une visée de A à B, se rendre ensuite à un point propice C, et, de là, viser inversement sur B et directement sur le point suivant D. Aller ensuite en E et viser à D et F (un point connu), tout en mesurant la distance entre les stations à mesure qu'avance le cheminement. Par cette méthode, on ne prend de visées qu'à toutes les deux stations. Pour obtenir un cheminement de précision appréciable et raisonnable, on conseille de repérer ses deux extrémités à des points de position connue, et auxquels le cheminement pourra être facilement ajusté. Si le cheminement est long, il doit être rattaché à des points fixes en plusieurs endroits sur son itinéraire. Dans

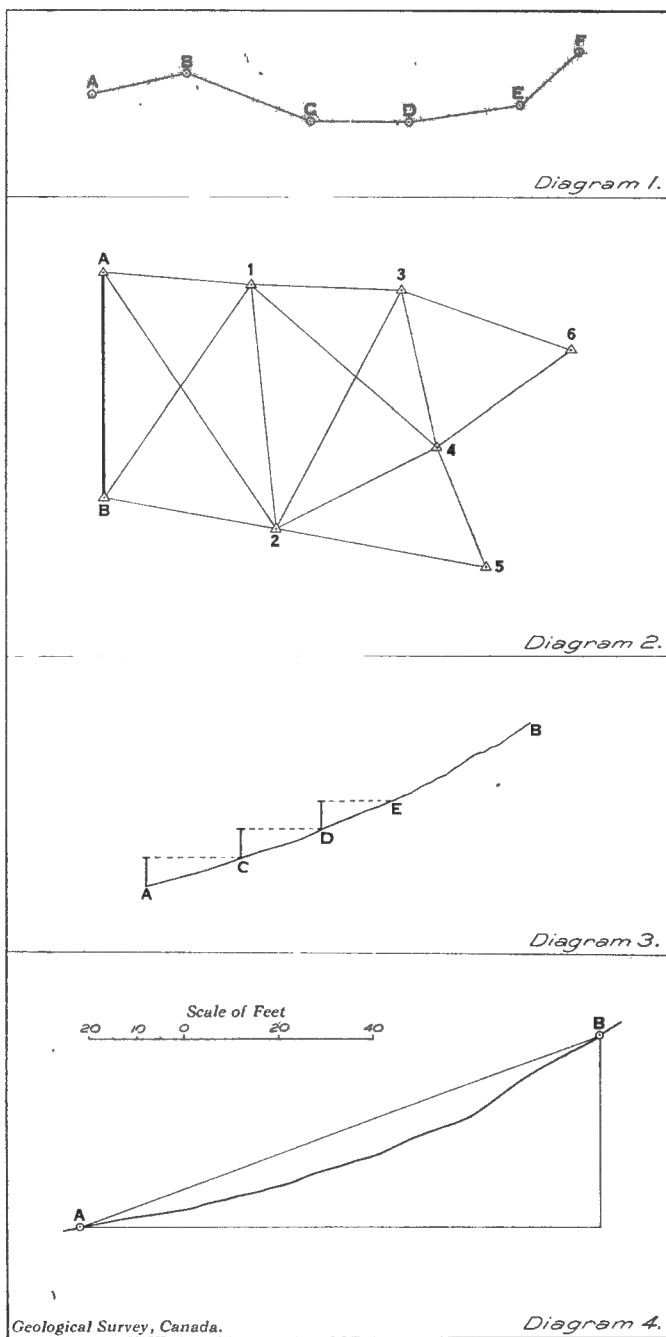


Figure 16.

les endroits où l'attraction magnétique influence l'aiguille aimantée, les méthodes usuelles de cheminement à la boussole, décrites antérieurement, ne sont pas satisfaisantes. On peut cependant effectuer un cheminement à la boussole dans un endroit d'attraction locale, en procédant comme suit. Prendre une visée directe de A à B et une visée inverse de B à A, et ainsi de suite (figure 16, diagramme 1). Si la visée directe de A-B et la visée inverse de B à A coïncident approximativement, aucune de ces stations ne subit de variation locale. Si toutefois la visée inverse de C à B diffère, disons de 10 degrés de la visée directe de B à C, la dernière station subit une variation locale d'environ 10 degrés. Dans l'observation de la visée directe de C à D, il faut alors tenir compte des 10 degrés de variation. En prenant la visée inverse de D à C, on observera que l'écart est de 10 degrés avec la visée directe de C à D, mais lui correspond approximativement si l'on tient compte de la variation locale de 10 degrés en C. Il doit être alors évident que D est hors de la zone de variation locale et que l'on peut continuer le cheminement de la façon ordinaire jusqu'à ce qu'on rencontre un autre endroit où l'aiguille subit encore une déviation anormale. Le levé par cheminement est plus simple que par triangulation, mais ce dernier est préférable pour certains travaux. En triangulant, on ne mesure pas l'écart des stations, et lorsqu'elles sont à de grandes distances les unes des autres, on peut ainsi établir un réseau de points beaucoup plus rapidement que par cheminement.

Dans les régions accidentées on fixe généralement les points principaux par triangulation. On mesure une ligne de base et on en détermine la direction. Des extrémités de la ligne de base, on prend la direction de points élevés. On occupe ensuite ces points et on prolonge la triangulation en mesurant l'angle inclus entre tous les autres points choisis, de sorte que toute une région déterminée est recouverte d'un réseau triangulé. L'exactitude des positions obtenues dépend du soin mis à mesurer la longueur et la direction de la ligne de base et de la précision relative des angles mesurés aux différents points. Les distances entre les stations ne sont pas mesurées, mais calculées d'après les angles et la longueur de la ligne de base. On trouvera un exemple de triangulation à la figure 16, diagramme 2.

A-B est une ligne de base de direction et de longueur connues. De A on mesure l'angle inclus entre la base et les points 1 et 2, dont les côtés sont représentés par les lignes A-1 et A-2. De B on mesure l'angle inclus entre les points 1 et 2, dont les côtés sont représentés par les lignes B-1 et B-2. On installe alors l'instrument aux stations 1 et 2 successivement et on mesure les angles entre les trois points A, B, 2, et A, B, 1, du premier quadrilatère de façon à pouvoir obtenir la somme des angles de tous les triangles. Dans une triangulation sommaire on peut négliger de répéter ces dernières observations. On peut maintenant calculer la position de 1 et 2 puisque la base A-B et les angles sont connus. On détermine ainsi la position de 1 et 2 relativement à A et B, et deux quelconques de ces quatre points peuvent servir d'extrémités à une nouvelle ligne de base pour continuer la triangulation.

De 1, on mesure l'angle inclus entre les points 3 et 4.

De 2, on mesure les angles entre les points 3, 4 et 5.

On se place ensuite aux stations 3 et 4, d'où l'on prend des visées sur chaque sommet du quadrilatère 1-3-4-2. Pour un arpentage sommaire on peut omettre ces lectures.

De 3 on prend l'angle à 6.

De 4, on établit la direction des rayons vecteurs à 5 et 6. De cette manière, toutes les stations sont très exactement établies. La position relative de tous ces points est alors connue en rapport à leur base de laquelle ils sont issus. On constatera peut-être, du fait que la distance horizontale A-B est connue, que toutes les autres distances, B à 6 par exemple, à la figure 16, sont de véritables distances horizontales. Les différences de cote entre les diverses stations n'ont aucune portée sur l'exactitude de la position des stations.

Il est fort peu probable qu'un prospecteur s'avise de relever une région par le seul procédé de triangulation. La méthode est décrite ici afin de donner une idée assez juste de ce qu'est la triangulation et de la façon de procéder. Le prospecteur procède généralement par cheminement et détermine les points hors du cheminement par intersection de courses à partir de points connus de son cheminement. Ce cheminement forme la ligne de base et les recoupements des courses servent à établir les points tout comme pour les stations 5 et 6, figure 16.

NIVELLEMENT

*instruments
indépendants*

En faisant un levé, il est ordinairement nécessaire ou du moins opportun de mesurer ou de calculer conjointement les distances verticales et horizontales. ~~Avec le baromètre~~ il est facile de connaître directement les altitudes et, pour les travaux de reconnaissance, cet instrument est assez satisfaisant. Mais même manipulé soigneusement et dans des conditions idéales, le baromètre peut produire une erreur de 10 pieds pour chaque différence de cote de 100 pieds. Si donc l'on désire obtenir des données précises et détaillées, il faut mesurer l'altitude. On peut employer pour cette opération le niveau d'arpenteur, une boussole qui peut servir aussi de niveau, ou même un niveau de charpentier. La boussole ou le niveau à main peuvent se lire commodément de la hauteur de l'œil. Le niveau de charpentier doit être monté de préférence sur un trépied.

Il est préférable que deux opérateurs fassent le nivellement, l'un pour manipuler l'instrument, l'autre pour planter les mires. La figure 16, diagramme 3, indique la manière de se servir d'un niveau en remontant une pente représentée par A-C-D-E-B.

L'instrument est installé en A et mis de niveau. La mire du niveau pointe vers le flanc de la montagne en C, où se tient le porte-mire. L'instrument est alors placé en C et mis de niveau et pointé dans la direction D, et ainsi de suite. Si le niveau est à 5 pieds de terre, C est donc de 5 pieds, D, 10 pieds, et E 15 pieds plus élevé que A. La distance horizontale peut être mesurée au ruban en tendant celui-ci entre le sommet de l'instrument et la station suivante dans la rampe, et ainsi de suite. Pour déterminer la différence de cote entre deux points il n'est pas nécessaire que la dénivellation soit prise directement d'un point à l'autre. On peut suivre une direction en zigzag, mais si l'on doit mesurer les distances horizontales, on doit prendre les niveaux directement d'un point à un autre.

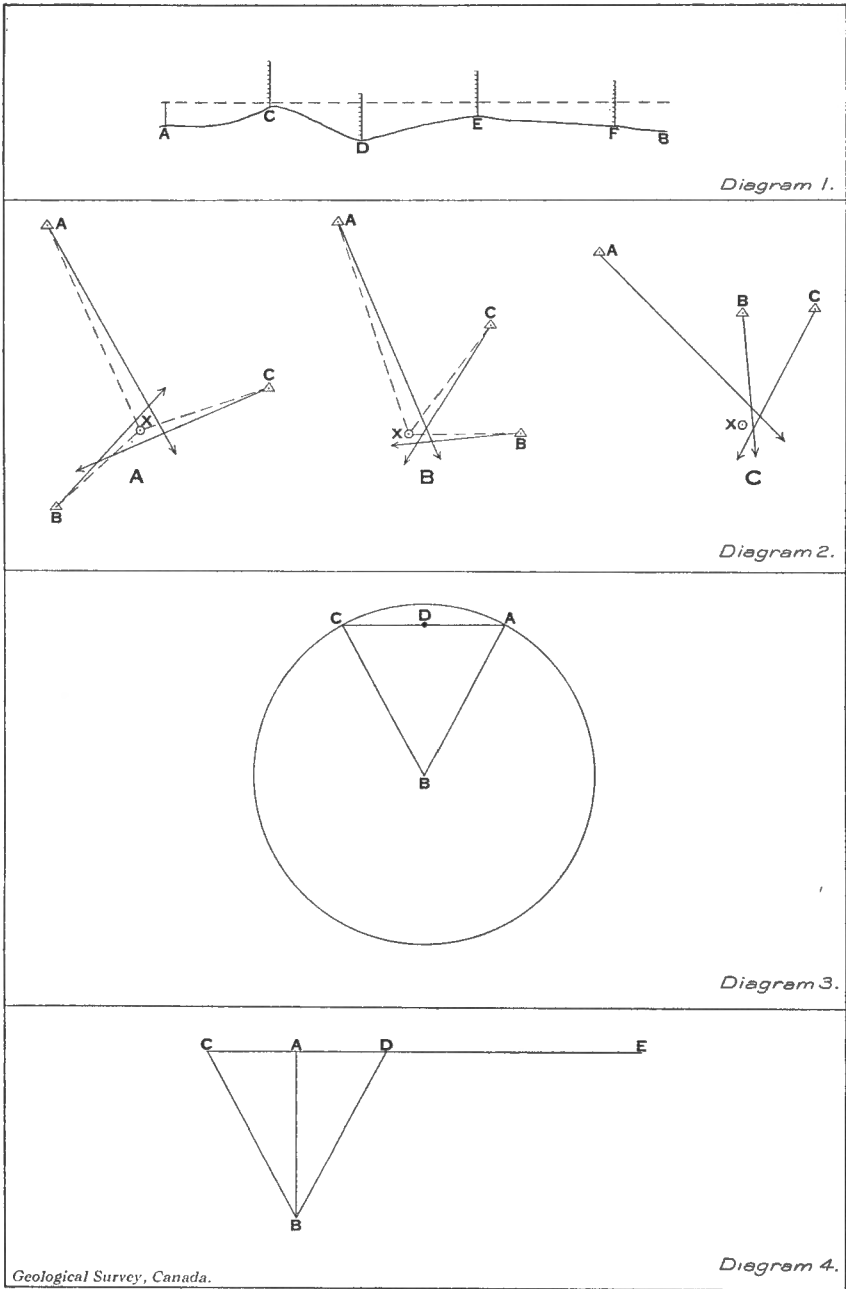


Figure 17.

Il arrive parfois qu'il ne soit pas commode de mesurer la distance horizontale dans un plan incliné, mais on peut la calculer entre deux points quelconque si la différence de cote est connue, en prenant l'angle vertical ou angle de pente, d'un point à un autre. A la figure 16, A et B sont deux points en flanc de colline dont la cote varie de 40 pieds. L'angle vertical de A à B est de 20 degrés. D'après le tableau I (page 275), un angle vertical de 20 degrés équivaut à une rampe de 36·4 pour cent ou à une ascension de 36·4 pieds par 100 pieds à l'horizontale.

Par conséquent, pour une ascension de 40 pieds, la distance horizontale est de 100 par $\frac{40}{36\cdot4}$, ou 110 pieds. Quand l'angle vertical et la distance horizontale sont connus, la différence de cote se calcule de la même façon. L'angle et les distances une fois connus peuvent être reconstruits graphiquement comme à la figure 16, diagramme 4. Il est évident que lorsque l'angle vertical est connu, si la distance verticale, horizontale ou de pente est mesurée et reportée, toute autre distance peut être mesurée sur le diagramme.

On peut facilement capter au niveau les légères ondulations du terrain comme l'indique la figure 17, diagramme 1. Dans cette figure le niveau est de 5 pieds de hauteur, la mire est de 10 pieds de longueur graduée en pieds, et la ligne A-B représente la surface du terrain. La station C est 5 pieds moins 1, ou 4 pieds plus élevée que A. La station D est inférieure de 3 pieds à la station A. La station E est deux pieds plus élevée que A, et F est à la même altitude que A.

SUGGESTIONS PRATIQUES

Manière d'établir une position par des visées quand trois points seulement sont visibles

On doit prendre des visées sur ces trois points et tirer des lignes représentant ces visées sur la carte où sont inscrits ces points. Dans chaque cas, les lignes sont menées à partir des trois points dans une direction appropriée, vers la position supposée de l'observateur. Si les lignes se rencontrent en un point, celui-ci détermine la position de l'observateur. Si elles ne se rencontrent pas en un point, mais forment un triangle que l'on nomme le "triangle d'erreur de fermeture", la position de l'observateur se trouve du même côté de chacune des trois lignes abaissées de ces points, et la distance entre le point d'observation et chacune de ces lignes est un rapport direct de la distance à chaque point en question. Les explications qui suivent éclairciront cet énoncé. L'erreur de la course causée par une variation locale possible ou quelque autre circonstance, est de la même quantité angulaire sur la même méridienne locale pour les trois visées parce que ces trois visées sont issues du même point. Ceci explique pourquoi la position de l'observateur est du même côté de chacune des lignes. En outre, plus l'objet visé est éloigné, plus la ligne représentant une course fausse s'écarte de la ligne représentant la vraie course. Si l'écart de la ligne est de 50 pieds pour un demi-mille, il sera de 100 pieds sur un mille. La distance de ces lignes à la position de l'observateur est

donc en raison de la distance du point d'observation aux trois points eux-mêmes. Trois exemples sont donnés à la figure 17, diagramme 2. Dans chaque cas, les lignes partant de A sont deux fois plus longues que celles de B, et celles de C sont à une distance quelconque entre les deux premières. Le point X est alors deux fois plus rapproché des lignes B que de celles passant par A. Il est également plus près de la ligne allant de B que de celle de C. Comme ces proportions doivent être exactes, et que le point X doit être du même côté de chacune des lignes, il est évident que dans la figure 17, diagramme 2, ce point est à l'intérieur du "triangle d'erreur." A la figure 17, diagramme 2, il est impossible que la position soit dans le triangle, puisqu'elle doit être du même côté de toutes les lignes. Elle ne peut être du côté gauche des lignes abaissées des points puisque les distances aux lignes doivent être proportionnelles à la distance aux points connus. Elle doit donc être du côté droit des lignes à l'endroit indiqué. Le même raisonnement s'applique à la figure 17.

Si la position cherchée telle que déterminée plus haut est maintenant reliée par des lignes aux trois points connus (les lignes brisées de la figure 17, diagramme 2, A et B), on remarque que l'angle formé par les lignes de la vraie direction et celle obtenue à la lecture de l'instrument est le même pour les trois points. S'il n'y avait pas eu de variation locale ou d'autre cause affectant la direction, ces directions eussent été celles indiquées par AX, BX et CX, c'est-à-dire que les lignes se fussent toutes rencontrées en un point qui eût été la position de l'observateur.

Comment trouver le nord vrai à l'aide d'une montre

Pointer l'aiguille des heures vers le soleil. A mi-chemin entre cette aiguille et douze heures, se trouve le sud. Cette méthode s'applique à l'hémisphère boréal.

Comment trouver le nord vrai au moyen des ombres

Planter une tige verticale dans un terrain plan entre 10 et 11 heures de l'avant-midi et noter la projection de l'extrémité de l'ombre C (figure 17, diagramme 3.). Ensuite avec la tige B comme centre et BC comme rayon, tracer un arc de cercle sur le sol. La longueur de l'ombre décroîtra jusqu'à midi, puis s'allongera jusqu'à ce qu'elle touche ou vienne à croiser l'arc de cercle en A. Le point D, à mi-distance entre C et A, est sur la ligne nord vrai issue de B.

Comment tracer un angle droit sur le sol à l'aide d'une corde

Sur la ligne C-E (figure 17, diagramme 4), mesurer des distances égales, CA et AD, chacune d'environ un quart de la longueur de la corde. Fixer les bouts du câble en C et en D saisissant la corde par son milieu, la tendre de côté à B. L'angle EAB forme un angle droit.

Comment trouver la distance à un point inaccessible

Le point A (figure 8, diagramme 2), représente la position d'un endroit inaccessible. Tirer la ligne BC à angle droit avec la ligne AB et prolonger

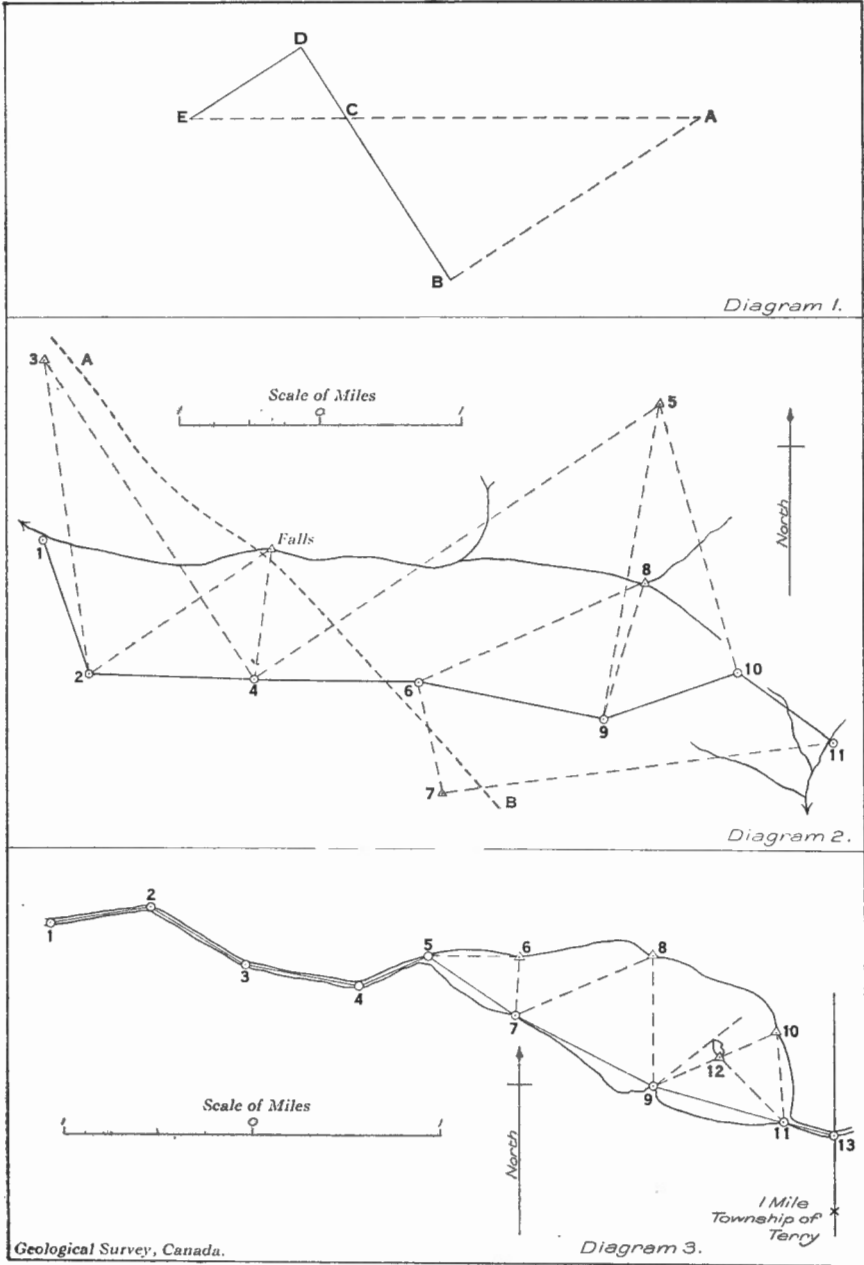


Figure 18.

la ligne BC jusqu'à D, à toute distance appropriée au delà de C. Par D établir la ligne DE à angle droit sur DB, de façon que E, C et A soient en ligne droite. Alors $\frac{AB}{DE} = \frac{BC}{DC}$ ou $AB = \frac{DE \times BC}{DC}$

Toutes ces distances sauf AB, peuvent être mesurées, de sorte qu'en substituant les longueurs respectives dans l'équation émise plus haut, on obtient la distance AB.

EXEMPLES DE RECONNAISSANCE PAR CHEMINEMENT ET TRIANGULATION DANS LES RÉGIONS NON-CARTOGRAPHIÉES

RÉGIONS MONTAGNEUSES

Le prospecteur quitte le camp à la station 1, altitude 1,900 pieds (au baromètre), le long d'un cours d'eau claire et rapide coulant vers l'ouest, de 30 pieds de largeur et de 2 pieds de profondeur. Il gravit un flanc de montagne jusqu'à la station 2, à la limite forestière, altitude 4,030 pieds (figure 18, diagramme 2).

De la station 2 il prend une visée inverse vers la station 1, et la lecture des limbes donne 18° O., et un angle plongeant de 22° O., vers son camp à la station 1. Connaissant la différence d'altitude des deux points et l'angle de pente il trouve que la distance horizontale est d'un mille. Ces données lui permettent d'établir la station 2. La position de la station 1 avait été déterminée par la fin du cheminement de la veille. De la station 2 il prend une visée vers un pic de montagne 3, et il enregistre N. 8° O., et une vers une chute dans la direction N. 56 E. Il observe les angles de pente dans les deux cas. Il chemine $1\frac{1}{8}$ mille vers l'est jusqu'à un endroit favorable, station 4, dont il enregistre l'altitude et exécute une visée inverse vers la station 2 qui gît N. 89° O.; il inscrit encore, pic n° 3, N. 33½° O., chutes N. 8° E., et pic 5, N. 55½° O. L'intersection des visées issues des stations 2 et 4 détermine la position du pic 3 et de la chute. La distance horizontale entre ces points peut être mesurée à l'échelle sur le canevas, et comme les angles de pente sont connus, les différences de cote ou d'altitude du pic 3, peuvent être obtenues par calcul. Il marche ensuite $1\frac{1}{8}$ mille directement vers l'est et arrive à la station 6. Il note l'altitude et prend des visées S. 12° E., au pic 7, N. 66° E. à la fourche d'un cours d'eau 8, et S. 79° E., à la station 9. Il se rend à la station 9, $1\frac{1}{2}$ mille, observe le baromètre et enregistre N. 10° E., au pic 5, N. 17° E., au confluent 8, N. 70° E., au sommet du versant 10 à environ 1 mille. Il chemine jusqu'à la station 10, en observe l'altitude et note des portées N. 17° O., au pic 5, et S. 55° E., à la station 11, où il a l'intention de dresser son camp. Il constate que la distance entre la station 10 et la station 11 est de cinq-sixièmes de mille, et à la station 11 il observe le baromètre et prend une visée S. 82° O., au pic 7.

Tous les points ont été sommairement établis, mais avec les données qu'il possède il peut calculer l'altitude de tous les pics, stations, etc., et peut reporter toutes ses observations à l'échelle. La valeur de la carte

produite est en raison du soin apporté à l'exécution de ce travail. Avec ces données, il peut faire un croquis sommaire des angles, stations, cours d'eau et de la topographie en général et remettre à plus tard la production d'un croquis exact, ou il mettra ses notes en plan exact au fur et à mesure.

Il constate, aux stations 1, 2 et 4, que la roche est formée de granite. A la chute, la roche n'est probablement pas du granite et à la station 6 elle est d'origine volcanique. La roche aux stations 9, 10 et 11 est volcanique. Les pics 3 et 7 semblent être de granite, mais le pic 5 est probablement d'origine volcanique. Il possède maintenant assez de renseignements pour inscrire sur la carte le contact granitique tel que représenté par la ligne brisée A-B. Des cartes de reconnaissance très utiles peuvent être dressées de cette façon. Dans la figure les points 3, 5, 7, 8 et les chutes ont été localisés par triangulation et 1, 2, 4, 6, 9, 10 et 11 par cheminement. S'il désire un certain degré de précision il repérera le levé à des points connus, du moins à son point initial et à son point terminus.

RÉGIONS PLANES BOISÉES

Dans l'est, le prospecteur peut voyager en canot. Pour un levé sommaire il peut placer sa boussole à l'avant de l'embarcation en face de celui qui occupe la proue et la régler de façon qu'elle indique toutes les directions que prend le canot. Il peut mesurer la distance en comptant les coups d'aviron, en tenant compte du temps écoulé ou par simple estimation. Sur les cours d'eau, il estimera la distance peut-être aussi exactement qu'en tenant compte du temps ou des coups d'aviron. Sur les lacs ou les étendues d'eau calme, le nombre de coups d'aviron ou le temps écoulé donne des résultats assez précis. Celui qui est à la proue peut enregistrer la direction et la distance de chaque station en quelques secondes, pendant que celui qui est à l'arrière maintient l'embarcation en mouvement de sorte que la perte de temps est minime. Sur les petits et les moyens cours d'eau, on peut choisir comme stations des inflexions aussi distantes que le regard peut les percevoir clairement. Si le cours d'eau est traversé par des lignes de position connue, telles que lignes cantonales, elles peuvent être portées sur le canevas, et avec de tels points de repère il est possible de dresser une carte assez précise du cours d'eau navigué. Si l'on ne rencontre pas de lignes de ce genre, le levé doit commencer et se terminer en un point connu.

Sur les lacs, on peut voyager d'un point à un autre le long d'une des rives. On prend la distance et la direction d'une station à l'autre et les baies sont portées sur la carte entre ces stations. Si le lac n'est pas trop grand, il est possible, du côté du cheminement, de localiser par triangulation les falaises et les péninsules de la rive opposée. Pour le levé des lacs on conseille de faire les lectures de la boussole depuis le rivage.

La figure 18, diagramme 3, montre un levé de lac et de cours d'eau opéré par cheminement et triangulation. Les stations 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11 et 13 furent établies par cheminement, et 6, 8, 10 et 12, par triangulation. Une ligne cantonale passe par la station 13. Sur cette ligne il y a une borne milliaire que l'on rattache au pas, ce point devant servir de repère comme position et de pivot pour l'orientation du levé.

Supposons qu'un prospecteur veuille relever un cours d'eau à une distance quelconque de son camp. A ce propos on peut dire qu'il peut trouver tout autant de minéraux en cheminant directement, qu'en suivant une course sinuée, et il lui est ainsi beaucoup plus facile de connaître sa position par rapport à son point de départ. Ainsi, du camp il se dirige vers l'est (figure 19, diagramme 1), évaluant la distance au pas ou par le temps écoulé et la direction par la boussole ou le soleil. Il passe un ruisseau coulant vers le sud-ouest à 1,500 pas ou $1\frac{1}{2}$ heure, soit $1\frac{1}{2}$ mille du camp. A 3,000 pas il rencontre des affleurements de granite alors que jusqu'à cet endroit il n'avait observé que de la roche verte. A 3,500 pas il est encore sur le granite; il tourne alors vers le nord, retrouvant la roche verte à 500 pas. A 1,000 pas sur cette course nord, il tourne à l'ouest. A 1,000 pas de là à l'ouest, se trouve un petit lac. A cet endroit il dévie sa course et fait 100 pas vers le sud et tourne de nouveau à l'ouest, franchissant un cours d'eau, la décharge du lac, à 75 pas. A 2,500 pas il descend au cours d'eau qui passe à son camp. Il le remonte jusqu'au camp, une distance d'environ un mille. D'après les renseignements obtenus il peut tracer le cours d'eau, le pourtour du lac et le contact des formations géologiques tel que l'indique la figure. S'il peut repérer sur une carte un point quelconque connu de la partie est de son levé, il pourra ainsi, de ce point, dresser une carte assez précise de son cheminement.

DÉLIMITATION DES CONCESSIONS MINIÈRES

Dans les régions planes on peut déterminer les lignes à la boussole et mesurer la distance au pas. Il est facile de mesurer rapidement et de façon précise la distance au moyen d'un cordeau, ligne de pêche, corde à ligne, ou par quelque autre moyen analogue. Un bon ruban d'acier donne d'excellents résultats, mais quelques-uns se tordent et se brisent facilement. Dans les régions très accidentées, où les claims sont en flanc de montagne, il est impossible de mesurer directement les lignes allant vers le sommet. On peut cependant prendre des angles verticaux et déterminer au baromètre l'altitude des points. Les données peuvent être dressées en profil sur lequel on peut mesurer la chute verticale qui déterminerait l'altitude correspondant à une distance horizontale de 1,500 pieds, ou bien on peut utiliser les données obtenues pour déterminer les hauteurs et les distances d'après le tableau 1. On peut aussi faire le nivellement des lignes de concessions, mais cette opération demande beaucoup de temps.

A la figure 19, diagramme 2, les angles verticaux ont été reportés à l'échelle. La figure a été dressée de la façon suivante. La ligne horizontale AC est de 1,500 pieds, longueur statutaire. L'angle de rampe de A à D est de 40° . Il est mis en profil à l'aide d'un rapporteur, et la direction AD représente cette partie du flanc de la colline. La baromètre révèle que D est 425 pieds plus élevé que A. Avec l'échelle on place donc le point D de la perpendiculaire DE à 425 pieds de la ligne horizontale AC. Le point D du diagramme correspond maintenant au point D sur le terrain. L'angle de rampe ascendante au delà de D est de 18° et se trouve représenté sur la figure par la ligne DB. Par C on élève alors une perpendiculaire à AC, recoupant la ligne DB en G. Comme AC représente

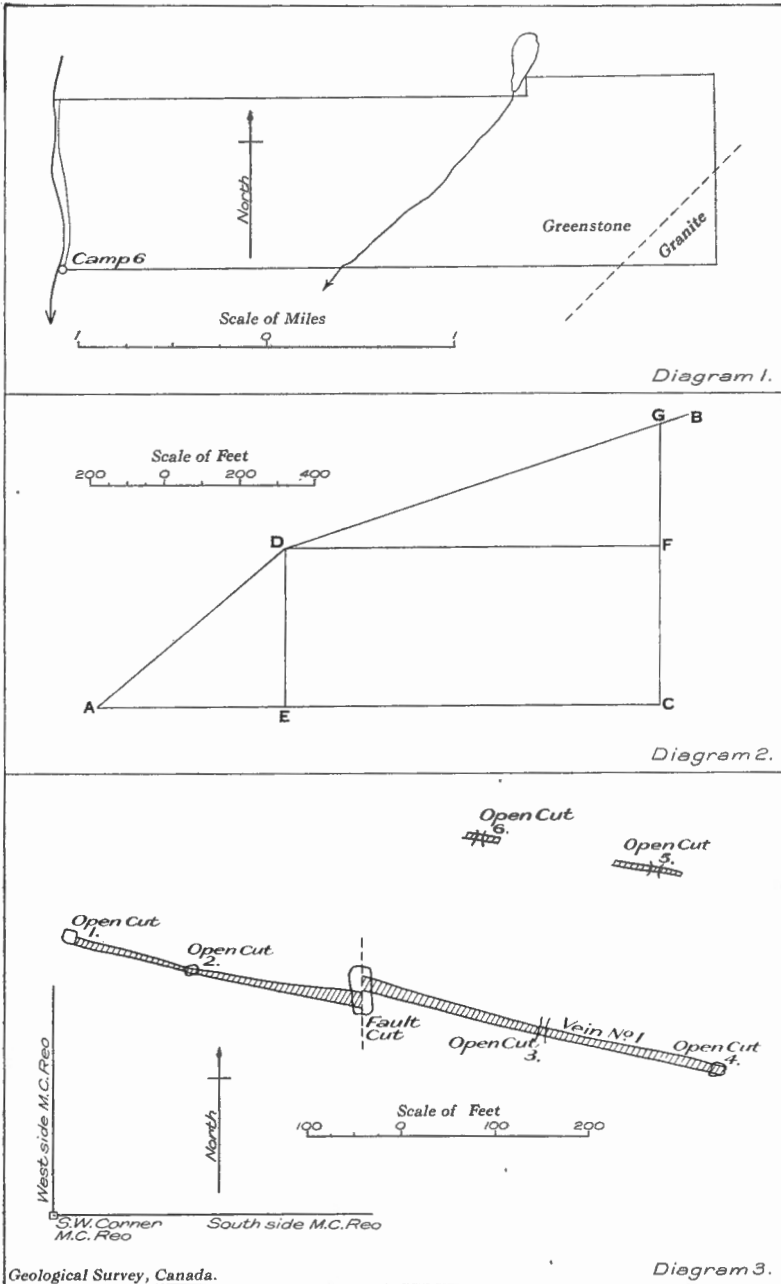


Figure 19.

la longueur vraie de la ligne de concession, le point G représente sur le terrain l'extrémité supérieure de la ligne de concession. En mesurant le diagramme on constate que la longueur de la ligne CG est de 750 pieds, de sorte que l'extrémité supérieure de la ligne de concession est de 750 pieds plus élevée que l'extrémité inférieure en A. Le point G sur le terrain peut alors être établi à l'aide du baromètre.

Au lieu de construire un profil comme ci-dessus, on peut opérer par calcul en se servant du tableau 1 où sont indiquées les distances horizontales correspondant aux angles de rampes.

LEVÉ DES TRAVAUX DE SURFACE

On peut procéder par cheminement d'une excavation à ciel ouvert à l'autre, et ainsi de suite, en reliant le tout par cheminement ou triangulation à une borne de concession. On peut aussi établir une ligne de base et déterminer par triangulation la position de tous les autres chantiers. Si les excavations, tranchées, etc., sont toutes visibles d'un même point, on peut établir leur position en prenant de ce point des visées sur chacune et en mesurant la distance dans chaque cas. La figure 19, diagramme 3, est un exemple de cheminement et de triangulation. Deux filons affleurent en flanc de colline. Les affleurements du filon n° 1 sont à peu près tous à la même altitude. La figure 19, diagramme 3, a été tracée d'après les notes suivantes. Les lignes ayant servi à la construction du diagramme ont été enlevées.

Stations	Direction	Distance	Remarques:
		Pieds	
1 à 2.....	S. 3°O.	.....	Sta. 1 est du côté sud de l'excavation 1, sur veine de quartz de 10 pds de largeur. Direction S. 80°E. Inclinaison verticale. Sta. 2 est la borne S.-O. de la C.M. Reo.
1 à 3.....	S. 76°E.	142	Sta. 3 est la même veine, 5 pds de largeur, même direction et inclinaison, excavation 2.
3 à 4.....	S. 78°E.	180	A la sta. 4 la veine à 15 pds. de largeur; déplacée par une faille verticale se dirigeant vers le nord. Tranchée bien exposée à la coupe de la faille à la sta.
4 à 5.....	N. 35° E.	.....	Portée sur excavation 6, de la veine supérieure, 5 pds de largeur.
4 à 6.....	N. 66°E.	.....	Portée sur excavation 5, de la veine supérieure, 5 pds de largeur.
4 à 7.....	S. 81°E.	198	Vers excavation 3, veine 8 pds de largeur, même direction et inclinaison.
7 à 8.....	S. 78°E.	194	Vers excavation 4, veine 10 pds de largeur, même direction et inclinaison.
8 à 5.....	N. 46°O.	.....	Portée sur excavation 6.
8 à 6.....	N. 17°O.	.....	Portée sur excavation 5.
8 à 2.....	S. 78°O.	.....	Angle S.-O., C.M. Reo.

Dans cet exemple on a fait le cheminement du filon n° 1, les distances furent mesurées et le cheminement fut relié par triangulation à la borne cornière de la concession minière. Le filon supérieur fut rattaché par triangulation au filon relevé par cheminement. Généralement il est bon de prendre des angles verticaux afin de déterminer les altitudes et établir des courbes de niveau. D'habitude ces diagrammes sont susceptibles de comporter un fort complément de renseignements géologiques.

Comment déterminer la longueur de la galerie pour atteindre le filon ou le puits

A la figure 20, diagramme 1, l'entrée de la galerie projetée est en A, et l'affleurement de la veine ou orifice du puits est en B. Un filon vertical ou un puits est représenté par BC, un filon d'une inclinaison de 80° , se dirigeant vers l'entrée de la galerie ou un puits de même inclinaison, est représenté par BD, puis un filon ou un plan incliné de 70° dans la direction opposée à l'entrée est représenté par BE. On veut percer la galerie perpendiculairement à la direction des filons. Une figure de ce genre serait en réalité une coupe verticale jusqu'au niveau de la galerie projetée.

On fait le nivellement du versant de la colline, représenté par la courbe AB, de l'entrée du souterrain à l'affleurement du filon en B. En nivelant directement, de l'entrée à l'affleurement, on peut mesurer la distance horizontale. Il est à conseiller de mesurer cette distance, car la précision

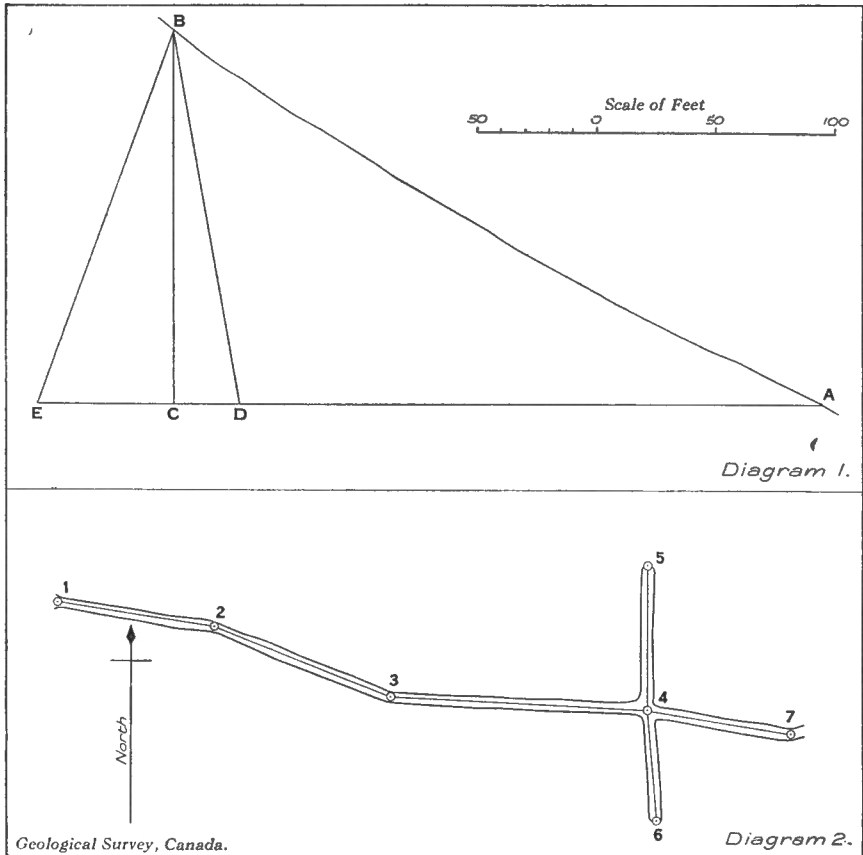


Figure 20.

est importante en pareil cas. Si l'on ne mesure pas la distance horizontale, on peut prendre un angle vertical de A à B et calculer la distance horizontale ou la mesurer sur le diagramme. On constate que B est à 157 pieds au-dessus de A, la distance horizontale mesurée ou calculée est de 275 pieds, et l'angle vertical de 30° . Si le filon est vertical la longueur du souterrain à percer sera de 275 pieds. La ligne BD représente une veine plongeant à 80° vers l'entrée du souterrain. On trace simplement la ligne à partir du point d'affleurement B sur le diagramme avec le rapporteur. La distance AD est aussi la longueur de la galerie nécessaire pour atteindre le filon. En mesurant sur le diagramme on trouve que cette distance est de 246 pieds. BE représente une veine inclinée à 70° en sens inverse de l'entrée. On l'inscrit à l'aide du rapporteur et la longueur AE est mesurée sur le diagramme. Cette longueur est de 332 pieds. Comme les angles nécessaires sont connus, on pourrait aussi calculer la distance horizontale d'après les données du tableau I.

LEVÉ DES PLANS SOUTERRAINS

Les travaux souterrains devraient toujours être soigneusement projetés puis mesurés et mis en plan au fur et à mesure qu'ils avancent; ces plans doivent être assidûment comparés avec ceux de surface. Le fait peut paraître étrange, mais plus d'une galerie a été percée en flanc de colline pour aboutir en un autre point du même flanc.

Pour le levé des galeries où sont installées des voies ferrées, canalisations d'air, etc., il est impossible de se fier à la boussole pour obtenir une direction précise.

Dans les levés à la planchette (*voir page 282*), on ne prend pas les courses, de sorte que l'attraction magnétique est de nulle conséquence. La planchette est donc très utile partout où s'exerce une attraction locale. Une échelle ou une règle ordinaire peut servir d'alidade. Des pinnules, de préférence du genre des hausses à ceilleton pour les carabines, peuvent être assujetties à l'échelle pour faire les visées, mais tout simplement deux épingle peuvent servir de pinnules. La planchette est réglée horizontalement dans la galerie de façon à voir l'entrée. Sur le papier de la planchette, on doit inscrire un point, la station 1, indiquant l'entrée, puis placer le bord de la règle sur cette marque. Si l'on tient la pointe d'un crayon bien aiguisé sur la marque, on peut rapidement placer l'échelle de façon qu'elle touche la pointe du crayon. On tourne la règle de façon à voir l'entrée à travers les pinnules. Après avoir mesuré la distance entre l'entrée et l'instrument, on trace sur le papier de la planchette une ligne assez longue, à partir de la station 1, en suivant le bord de l'échelle, pour rejoindre la station 2, qui est la position de la planchette. On fixe ensuite une lumière plus avant dans la galerie et sans déranger la planchette, on vise la lumière ou station 3, en plaçant l'extrémité de l'échelle à la station 2. On mesure la distance de la station 2 à la station 3 et on trace sur le papier une ligne de longueur correspondante.

On transporte et règle la planchette à la station 3; on place le bord de la règle sur la ligne reliant la station 2 à la station 3 et on fait pivoter la planchette jusqu'à ce que la station 2 soit visible dans les pinnules. La

planchette est maintenant orientée de la même manière qu'à la station 2. La visée-arrière ou inverse sur la station précédente est prise à chaque station de façon à donner à la planchette une orientation constante. Le bord de l'échelle passant par la station 3, on vise la station 4 plus avant dans la galerie et on abaisse une ligne de la longueur voulue à la station 4. On transporte la planchette à la station 4 et on l'oriente de la même manière que précédemment en plaçant le bord de la règle sur la ligne reliant les stations 3 et 4 et en visant la station 3. A la station 4 se trouvent deux travers-bancs. On place l'extrémité de l'échelle à la station 4, et on vise dans les travers-bancs, aux stations 5 et 6, et ensuite à la station 7, dans la galerie principale. On procède ainsi jusqu'à ce que le levé soit complété. De cette façon le plan de la galerie est tracé directement sur le papier de la planchette. La direction, quelle qu'elle soit, n'est pas exactement établie, mais on peut la prendre à la boussole dans n'importe quelle partie de la galerie où les rails n'exercent pas d'influence magnétique, ce qui permet d'orienter le plan dans la vraie direction. La figure 20, diagramme 2, est une illustration de ce mode de procéder. Il n'y avait pas d'acier au travers-banc 4-5, de sorte que la direction fut prise de 5 à 4 comme étant sud, et cette direction a servi de méridienne pour l'orientation. Les lignes de construction reliant les diverses stations de la figure ont été laissées sur le diagramme dans ce cas, simplement pour faire voir clairement comment il a été construit.

MISE EN PLAN

Tout levé, en général, a pour but de construire une carte ou une représentation en miniature de la région parcourue. Il est donc nécessaire de reporter les notes du levé à une échelle déterminée. Ces reports peuvent être fait soit au moment des observations, soit à une période subséquente, selon que les circonstances le permettent, mais dans tous les cas, on devrait faire une esquisse au moment de l'observation afin de s'assurer que toutes les données nécessaires ont été inscrites. Le choix de l'échelle dépend de l'usage auquel la carte doit être affectée, de l'étendue de la région et du nombre de détails qui doivent apparaître sur la carte. On choisit généralement la plus petite échelle qui puisse permettre d'y inscrire les plus menus détails, mais il faut aussi songer à la facilité de la mise en plan et à l'interprétation des mesures ou distances sur la carte une fois terminée. Dans bien des cas il s'agit d'adopter une échelle réduite, de telle sorte que toute la carte soit incluse dans un rectangle de dimension définie, v.g. la grandeur du papier disponible ou commode à manier. C'est pourquoi, pour des cartes représentant de petites étendues telles que concessions minières ou fonds de mines, on choisit quelquefois de grandes échelles comme 1 pouce au 10, 20, 30, 40, 50 ou 80 pieds ou plus, car il y a souvent un grand nombre de détails à inscrire sur les cartes de ce genre. Pour des étendues un peu plus vastes où les indications sont moins nombreuses, on emploie des échelles de 1 pouce au 100, 200, 1,000 pieds et encore plus. A l'échelle de 100 pieds au pouce, par exemple, il faut une feuille de papier d'au moins 14 pouces carrés pour représenter une concession de 40 acres; par contre,

un filon de 400 pieds de longueur peut être reporté à l'échelle de 40 pieds au pouce sur une feuille ordinaire de papier-écolier. Pour des cartes de régions encore plus étendues, on choisit des échelles de 1 pouce au 1, 2, 4 ou 8 milles. Le degré de précision du travail sur le terrain et de la mise en plan doit suggérer l'échelle à employer. Ainsi, une erreur de 10 pieds dans la détermination d'un point constituerait une erreur considérable à l'échelle de 1 pouce au 20 pieds, appréciable à l'échelle de 1 pouce au 100 pieds, et négligeable à l'échelle de 1 pouce au mille.

Le choix du papier est aussi important. Pour des cartes de précision ou qui doivent être maniées grossièrement, il vaudrait mieux se servir de papier entoilé. Des dessins au crayon avant le traçage peuvent être exécutés sur n'importe quel papier à dessin de bonne qualité. Pour exécuter des canevas ou des profils, il est préférable d'employer du papier quadrillé parce qu'il contient des directrices qui peuvent servir à porter les angles, les mesures, etc. Des copies à l'encre peuvent être faites sur toile ou sur papier à calquer, parce que ce procédé permet d'obtenir des bleus à la quantité désirée.

Cet article ne peut toucher qu'aux méthodes les plus simples de mise en plan. Pour les méthodes de précision qui demandent la connaissance de la trigonométrie, le lecteur devra consulter les manuels d'arpentage. Généralement le prospecteur procède par cheminement, se servant de la boussole pour établir la direction et de quelque méthode simple pour la mesure des distances. La délinéation d'un tel ouvrage consiste en deux opérations: inscrire la direction des courses par déflections sur une méridienne, ordinairement le nord magnétique, et tracer la longueur de chaque course à une échelle appropriée. Les lignes du cheminement peuvent être reportées par différentes méthodes, mais l'usage du rapporteur est la plus simple (voir page 284). Les directions indiquées par la boussole sont inscrites dans les notes, soit en courses, soit en azimut, d'après le genre de boussole employé. Les courses sont mesurées du nord ou du sud, à tant de degrés à l'est ou à l'ouest de ces points. Une course ne peut donc être de plus de 90°. Les azimuts partent du point zéro-nord, dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre, jusqu'à 360°. Ainsi, la direction d'une ligne dont l'azimut est entre 0 et 90°, passe dans le quadrant nord-est; entre 90° et 180°, dans le quadrant sud-est; entre 180° et 270°, dans le quadrant sud-ouest; et entre 270° et 360°, dans le quadrant nord-ouest. Par conséquent, un azimut de 65° correspond à une course N. 65° E., et un azimut de 140° est au delà du point est, et comme une course est prise du sud vers l'est, cet azimut, en terme de course, serait 180° moins 140° ou S. 40° E., et ainsi de suite.

En faisant ses reports le prospecteur se rendra compte de l'avantage de se servir d'azimuts ou de courses en azimut selon le genre de boussole employé. Par un point représentant la première station, on tire une ligne dans une direction quelconque. Cette ligne est considérée comme méridienne de référence et correspond ordinairement, dans un levé à la boussole, au nord magnétique. On place le centre du rapporteur sur la station en alignant la graduation zéro sur la méridienne; puis on fait une marque

sur le papier en dehors du limbe du rapporteur vis-à-vis la graduation représentant la première course, que ce soit une portée en azimut ou la direction d'une course est ou ouest repérée au nord ou au sud. On trace ensuite une ligne passant par cette marque et la première station, marquant ensuite sur cette ligne au moyen d'une échelle la longueur de la première course, cette mesure commençant au point de départ. On trace une méridienne parallèle à la première, passant par la seconde station et, comme précédemment, l'azimut ou la course à la troisième station est dirigé de cette méridienne. En construisant ainsi, on obtient un canevas de carte dont les points servent de repère pour grouper les autres détails. Toutes les visées à des points hors du cheminement et leurs distances mesurées sont reportées de la même manière, ainsi que les intersections de visées définissant la position des points non touchés par le cheminement.

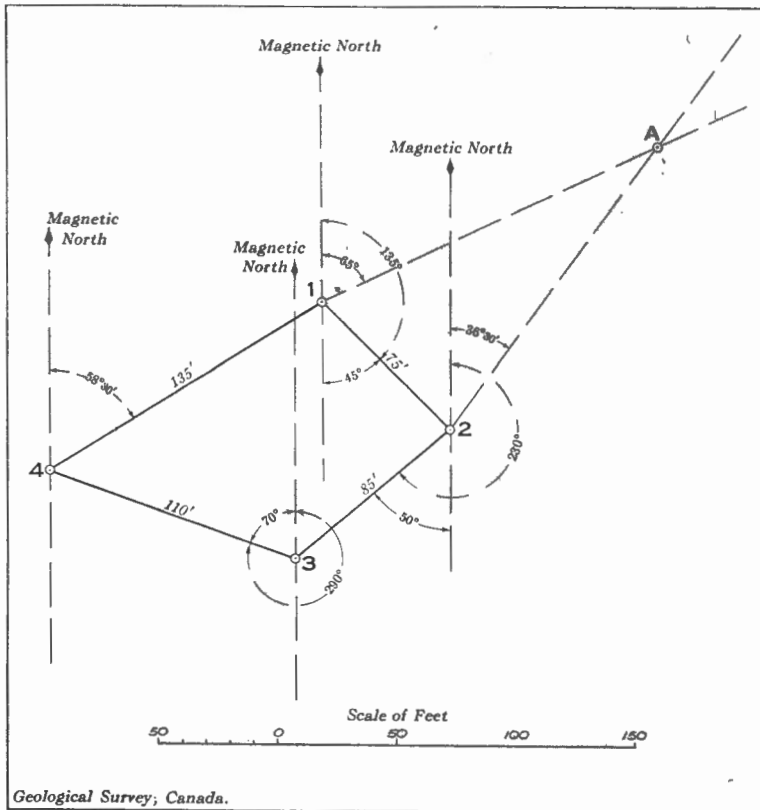


Figure 21.

Les notes suivantes sont extraites d'un carnet de cheminement qui est mis en plan à la figure 21:

Stations	Azimut	Courses	Distances	Observations
1-2.....	135°	S. 45°E.	Pieds 74	A est l'angle nord-est d'un claim.
1-A.....	65°	N. 65°E.	85	
2-3.....	230°	S. 50°O.	110	
2-A.....	36° 30'	N. 36° 30'	135	
3-4.....	290°	N. 70°O.		
4-1.....	58° 30'	N. 58° 30'E.		

Ainsi à la station 1 on a pris une portée en azimuth de 135° vers la station 2. Cette portée est de 135° à droite du nord. Si l'on avait pris une course, l'angle aurait été de 45° du point sud vers l'est. La direction de la ligne 1-2 est ainsi établie, et en reportant à l'échelle la longueur de la première course, on détermine la position de la station 2. A la station 2, la portée en azimuth vers la station 3 est de 230° du nord, vers la droite dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre. Cette portée en azimuth correspond à une portée de 50° vers l'ouest à partir du sud, ou S. 50° O. Pour les reports des visées en azimuth, le rapporteur circulaire, gradué de 0 à 360°, est très utile. Pour les reports des courses ordinaires, le rapporteur demi-cercle est plus pratique, en le plaçant à l'est ou à l'ouest de la méridienne selon que la course est à l'est ou à l'ouest des points nord ou sud. Comme la plupart des rapporteurs demi-cercle sont gradués de façon à permettre la lecture dans les deux sens, de 0° à 180°, il est assez facile de déterminer l'angle précis ou la direction dans le sens voulu.

Tableau I

Angle de pente ou angle vertical	Pourcentage d'élévation	Angle de pente ou angle vertical	Pourcentage d'élévation
Degrés		Degrés	
1.....	1.7	24.....	44.5
2.....	3.5	25.....	46.6
3.....	5.2	26.....	48.8
4.....	7.0	27.....	50.9
5.....	8.8	28.....	53.2
6.....	10.5	29.....	55.4
7.....	12.3	30.....	57.7
8.....	14.1	31.....	60.0
9.....	15.8	32.....	62.5
10.....	17.6	33.....	65.0
11.....	19.4	34.....	67.4
12.....	21.3	35.....	70.0
13.....	23.0	36.....	72.6
14.....	24.9	37.....	75.4
15.....	26.8	38.....	78.0
16.....	28.7	39.....	81.0
17.....	30.6	40.....	84.0
18.....	32.5	41.....	87.0
19.....	34.4	42.....	90.0
20.....	36.4	43.....	93.0
21.....	38.4	44.....	96.5
22.....	40.4	45.....	100.0
23.....	42.5		

BIBLIOGRAPHIE

- Bagley (J.-W.): "Use of the Panoramic Camera in Topographical Surveying"; Bull. 657, U. S. Geol. Surv. (1917).
- Gannet (H.): "Manual of Topographical Methods"; Bull. 307, U.S. Geol. Surv. (1906).
- Wainwright (D.-B.): "A Plane Table Manual"; U.S. Coast and Geodetic Survey, 1905.
- "Manual of Instruction for the Survey of Dominion Lands", Min. de l'Intérieur, Canada, 1905.
- "Handbook of Travel"; Cambridge University Press, 1917.
- "Hints to Travellers"; Royal Geographical Society, 1921.
- Brough (B.-H.): "A Treatise of Mine Surveying", 1906
- Breed et Hosmer: "The Principles and Practice of Surveying", 1911.
- Merriman et Brooks: "Handbook for Surveyors", 1906.
- Close et Winterbotham: "Text Book of Topographical Surveying", 1925.
- Gillespie (W.-M.): "A Treatise on Surveying", 1912.
- Goodwin (W.-L.): "The Prospector's Handbook".
- Haddock (M.-H.): "The Location of Mineral Fields", 1926.
- Hinks (A.-R.): "Maps and Surveying", 1913.
- Holloway (T.): "Levelling and Its General Application", 1913.
- Lahee (F.-H.): "Field Geology", 1916.
- Peele (R.): "Mining Engineer's Handbook", 1918.
- Hayes (C.-W.): "Handbook for Field Geologists", 1909.

INSTRUMENTS D'ARPENTAGE

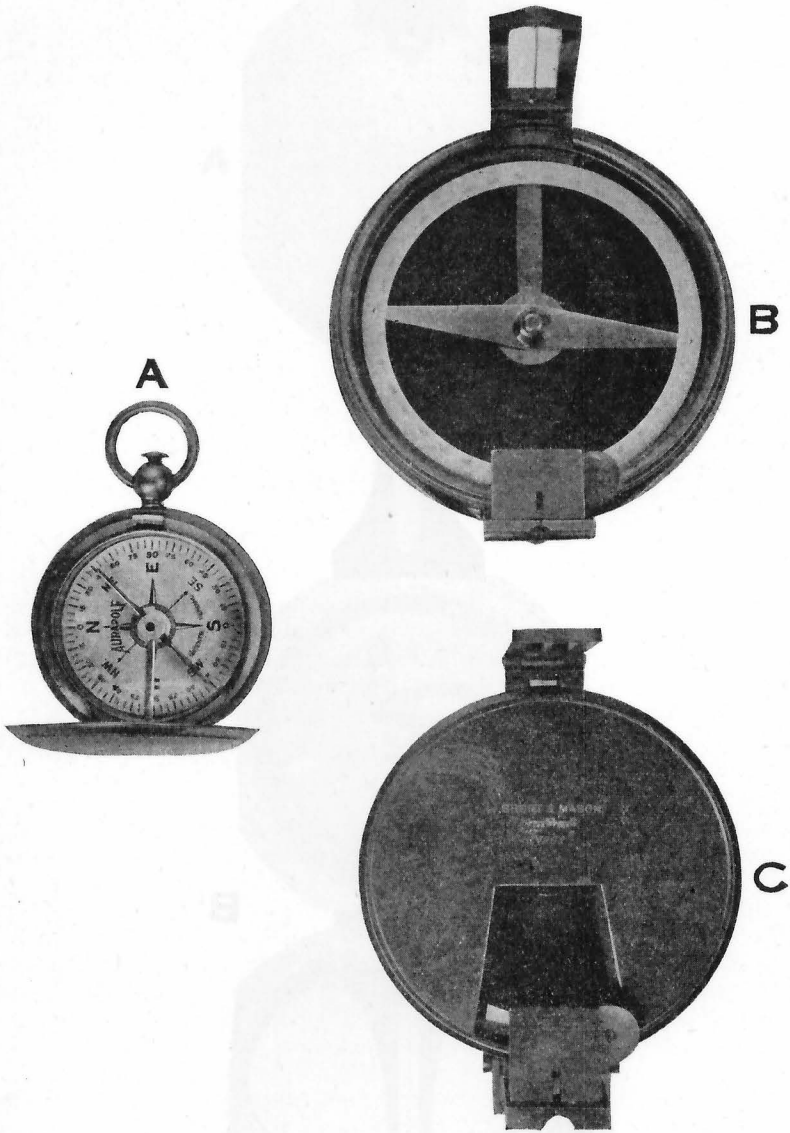
(J.-R. Marshall)

Les instruments dont a besoin le prospecteur sont peu nombreux. Une bonne boussole est indispensable. Une certaine connaissance des instruments d'arpentage les plus simples est souvent d'un grand secours au prospecteur. On trouvera dans ce chapitre un exposé en détail de différents types de boussoles, ainsi qu'une brève description de la planchette, du baromètre anéroïde, du niveau à main, de la mesure à ruban, du rapporteur, des règles et de la camera.

BOUSSOLE

Une bonne boussole est indispensable au prospecteur lorsqu'il travaille dans une contrée densément boisée, qu'elle soit montagnaise ou plane, et son premier soin doit être d'apprendre à s'en servir. La boussole de poche ordinaire ou boussole à main est un instrument simple que tous connaissent. La planche XX représente une boussole dans son boîtier

Les parties principales de tous les types de boussoles sont les mêmes. Les instruments plus compliqués comportent certains perfectionnements assurant la précision requise pour tel genre de travail donné. Toute boussole comprend: (a) une aiguille aimantée généralement effilée ou colorée à son extrémité. Elle est montée sur un pivot métallique autour duquel elle est mobile; (b) cercle gradué ou limbe divisé en degrés et demi-degrés sur lequel sont gravés les points cardinaux N.S.E. et O. La boussole ordinaire ne doit servir qu'à indiquer sommairement la direction en cours de route ou à déterminer la position approximative des points. Pour les travaux de précision, il faut se servir soit de la boussole Brunton soit de la boussole à prisme. On peut se procurer une boussole ordinaire ou boussole à main dans n'importe quel magasin de quincaillerie pour la modique somme de \$1.00.



A. Boussole ordinaire dans son boitier.
B. Boussole à prisme, ouverte.
C. Boussole à prisme, fermée.



A. Théodolite-boussole de poche Brunton, fermé. Grosseur naturelle.
B. Théodolite-boussole de poche Brunton, ouvert. Grosseur naturelle.

THÉODOLITE-BOUSSOLE DE POCHE BRUNTON

Ceux qui se proposent de faire de la prospection une carrière, peuvent se procurer chez Wm. Ainsworth & Sons, Denver (Col., E.-U.), un petit instrument d'un poids négligeable imaginé par M. D.-W. Brunton, pour la somme de \$25 à \$30.

L'intérieur du couvercle est muni d'un miroir avec fils croisés en noir. Un viseur, A.4, est attaché à la boussole. L'aiguille aimantée B est montée sur un pivot dans la boîte, dans laquelle se trouve un limbe annulaire métallique gradué de 0 à 360 degrés. La boîte de la boussole est pourvue d'un vernier pour la mesure des angles verticaux. Le vernier porte un ou plusieurs niveaux à bulle d'air.

Les lettres E.O. et N.S. sont à l'inverse de celles de la boussole ordinaire afin de permettre de faire les lectures directement à la face de l'instrument. Pour éviter toute confusion l'extrémité nord de l'aiguille se termine en pointe.

Voici quelques usages de la boussole Brunton:

(a) *Lecture des angles horizontaux.* — Placer le niveau à bulle d'air à angle droit sur la ligne de visée et incliner le couvercle qui porte le miroir de façon à y voir parfaitement l'objet visé. L'instrument est au point par rapport à l'objet visé lorsque l'œil en regardant dans le miroir voit les fils croisés passer par le centre de la fenêtre du pinnule réfléchi dans le miroir et l'objet visé, après quoi on peut lire la direction indiquée par l'aiguille.

(b) *Comme boussole à prisme.* — Pour les angles horizontaux. En regardant à travers les deux fenêtres des pinnules, on peut lire la position exacte de l'aiguille dans le miroir.

(c) *Lecture des angles verticaux.* — Pour prendre les angles verticaux, on rabat le viseur parallèlement à la face de l'instrument en repliant l'objectif à angle droit avec la lunette. Le couvercle à miroir est maintenu à un angle d'environ 45 degrés par rapport à la face de l'instrument; dans cette position l'œil peut voir à travers l'ouverture à l'extrémité du viseur, l'ouverture circulaire du couvercle, et en même temps apercevoir la réflexion du niveau à bulle d'air dans le miroir. Il faut prendre soin que les côtés de l'instrument soient perpendiculaires au moment de la visée. Le miroir sert simplement quand la bulle est au centre, après quoi le couvercle est relevé et le vernier lu directement.

(d) *Comme niveau, clinomètre ou fil à plomb.* — En ouvrant le couvercle pour qu'il soit parallèle avec la face de l'instrument, il offre un bord long et parallèle qui permet de l'employer comme niveau, clinomètre ou fil à plomb.

Bien que le théodolite-boussole Brunton soit avant tout un instrument de poche, il peut être monté sur un petit trépied et employé comme niveau pour les angles verticaux, pour prendre les longues tangentes et pour tracer l'affleurement d'un filon incliné dans un terrain irrégulier.

BOUSSOLE À PRISME

Ces instruments sont fabriqués aux dimensions de 2 à 6 pouces de diamètre. L'aiguille de la boussole est un métal mobile ou cadran à corde

gradué en demi-degrés et enfermé dans une caisse métallique. La lecture de la boussole est faite au moyen d'un prisme de verre qui grossit (*voir* planche XX), et réfléchit les chiffres du cadran. Comme la lecture se fait du côté du cadran le plus rapproché de l'observateur les chiffres sur le cadran sont gravés de droite à gauche. Sur la boîte à l'opposé du prisme se trouve un viseur à charnières avec fils croisés. Ce viseur se replie sur la boîte en soulevant l'aiguille de son axe.

En vente chez W. et L.-E. Gurley, Troy (N.-Y.) ; prix: \$15 à \$27.

L'objet dont on désire obtenir la direction est aligné avec les fils croisés du viseur à charnières par une fente dans le prisme. On fait en même temps la lecture de l'aiguille réfléchiée dans le prisme. En pratique, il y a un levier faisant saillie juste en arrière du viseur pour soulever l'aiguille de la boussole de son pivot. Par ce moyen les vibrations de la boussole sont amorties et l'aiguille peut être plus facilement mise en repos.

SUGGESTIONS PRATIQUES TOUCHANT L'EMPLOI DE LA BOUSSOLE

Les boussoles sont graduées soit par quadrants soit de 0 à 360 degrés, ce qui signifie, en fait, qu'elles sont graduées pour la lecture des courses ou des azimuts. Le prospecteur trouvera avantageux de lire son instrument directement, c'est-à-dire lire soit des courses soit des azimuts suivant la graduation de son instrument.

Le prospecteur doit savoir quelle extrémité de l'aiguille lire et toujours lire celle-ci. Généralement les boussoles sont construites pour que les lectures soient faites de l'extrémité nord de l'aiguille. Pour la boussole Brunton, cependant, lorsque employée comme boussole à prisme, c'est-à-dire, la pointe nord vers l'observateur, la vraie orientation est donnée par l'extrémité sud de l'aiguille. Un peu de pratique dans une localité où les directions sont connues permettra à l'observateur de s'assurer s'il lit les vraies orientations.

En prenant des visées-arrière, l'orientation de la course diffère de la visée-avant de 180 degrés. Ainsi, si la course de la station 1 à la station 2 est N. 45° E. (45 degrés), la course de la station 2 à la station 1 sera S. 45° O. (225 degrés). Lorsqu'on constate une différence c'est qu'il y a attraction locale à l'une ou aux deux stations.

NIVEAUX À MAIN

NIVEAU LOCKE

Cet instrument se compose d'une lunette en laiton d'environ 6 pouces de longueur, surmontée d'un niveau d'eau près de l'objectif. La lunette porte une ouverture par laquelle on aperçoit la bulle d'air en dessous, réfléchiée par un prisme placé juste en dessous de la bulle. Les deux extrémités du tube sont fermées par des disques de verre ordinaire. L'oculaire est muni d'une lentille convexe semi-circulaire qui grossit la bulle et les fils croisés placés en dessous et permet en même temps d'observer clairement l'objet par la moitié ouverte du tube. Lorsque le réticule passe par le centre de la bulle, tout objet sur le réticule vu à travers la lunette est au même

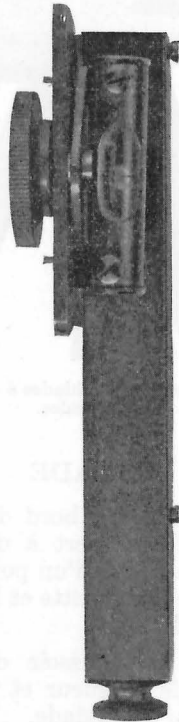
niveau que l'œil. En pratique on peut faire la lecture en visant le pied d'un jalon ou d'une borne. La dénivellation entre le niveau du sol où se tient l'observateur et l'endroit où se trouve le jalon ou la borne est égale à la hauteur de l'œil de l'observateur au-dessus du sol.

NIVEAU ET CLINOMÈTRE ABNEY

Le tube principal est rectangulaire et peut s'appliquer à n'importe quelle surface, dont on prend l'inclinaison en centrant la bulle d'air et en prenant l'angle sur le vernier. En pointant l'instrument sur l'objet et en ramenant la bulle au centre on obtient l'angle vertical par rapport à la hauteur de l'œil. Au zéro il indique une ligne de niveau.

En vente chez W. et L.-E. Gurley, Troy (N.-Y.): niveau Locke, \$8; niveau Abney, \$13.50.

PLANCHE XXII

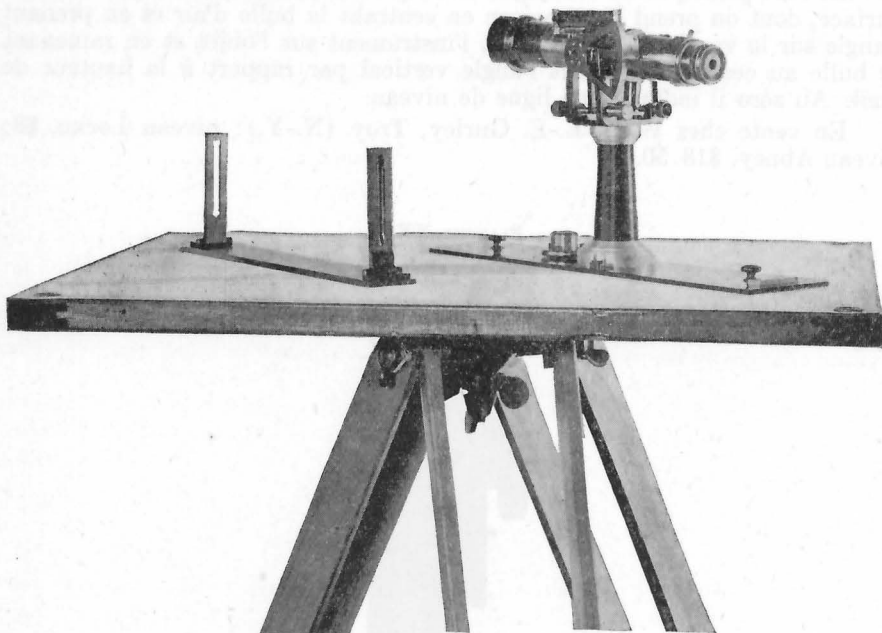


Niveau à main Abney.

PLANCHETTE

La planchette est tout simplement une table portative montée sur un trépied ou des pieds. Elles sont de différentes dimensions, parmi lesquelles les plus commodes ont 15 pouces sur 16, 16 sur 20 et 18 sur 24. Les accessoires de la planchette sont la pinnule à dioptre aussi appelée règle à pinnules ou alidade, et la boussole d'orientation.

PLANCHE XXIII



Planchette avec alidades à lunette
et à pinnules.

ALIDADE

L'alidade consiste en une règle à bord droit en biseau et porte à ses extrémités des pinnules. L'alidade sert à déterminer et à tracer sur le papier la direction d'un objet à partir d'un point donné. Pour les tracés de grande précision l'alidade porte une lunette et la direction et la distance sont portées directement sur le papier.

Boussole d'orientation. — La boussole d'orientation est une aiguille aimantée d'environ 6 pouces de longueur et montée dans une boîte. Elle peut être attachée à la table ou à l'alidade.

La boussole d'orientation sert à reporter les détails dans la construction des cartes topographiques. Elle possède l'avantage d'être facile à manier par quiconque possède un peu de pratique et de permettre de faire les reports directement sur la planchette sur le terrain. La planche XXIII montre les parties qui composent la planchette.

On installe la planchette et on règle son horizontalité, puis on l'oriente soit à l'aide de la boussole d'orientation soit par visée-arrière sur quelque point de position connue et déjà mis en plan. En commençant un relevé, on peut fixer la station de départ en n'importe quel point favorable sur la planchette. On le continue ensuite par cheminement ou par triangulation graphique. Dans la première méthode la façon de procéder est la même que celle décrite au chapitre précédent. Les directions sont inscrites telles que déterminées avec l'alidade. L'orientation de la planchette à chaque nouvelle station peut se faire à la boussole ou par visée-arrière sur la dernière station occupée. Dans la triangulation graphique, une base de longueur connue est nécessaire, laquelle est tracée sur le papier. On installe alors la planchette à une extrémité de la ligne de base et on l'oriente en plaçant l'alidade en direction de cette ligne et en pivotant la planchette jusqu'à ce qu'on aperçoive l'autre extrémité de la ligne de base à travers l'alidade. On trace alors des lignes vers les points que l'on désire établir. On transporte la planchette à l'autre extrémité de la ligne de base et on répète l'opération. L'intersection des lignes en un même point donne la position de ce point reporté à la même échelle que la ligne de base. Tout point ainsi déterminé peut ensuite servir de station pour étendre le lever. Il est aussi possible avec la planchette de déterminer graphiquement la position d'un point inconnu en visant trois points connus (*voir* page 263). Il faut avoir soin en se servant de la planchette lorsqu'on l'oriente par visée-arrière que cette visée soit prise avec l'alidade dirigée sur le plan, de la station occupée à la station visée, sans quoi la planchette s'écartera de 180 degrés de l'orientation. Ainsi en occupant la station 2 et en visant la station 1, l'alidade doit être placée sur le plan dirigé de la station 2 à la station 1.

MESURES À RUBAN

Ces mesures sont en acier et portent des graduations gravées, elles sont fabriquées en longueur de 50 à 500 pieds. On peut se les procurer graduées en pieds ou en chaînes, ou en pieds sur un côté et en chaînes sur l'autre.

Le ruban métallique de 100 pieds de longueur, dans un étui en cuir est très pratique pour le prospecteur. Ces rubans sont formés de fil de toile tissé avec du fil fin de laiton. Les graduations, qui sont gravées, sont en dixièmes ou en douzièmes de pieds, au choix, sur un côté, et en chaînes sur l'autre.

En vente chez W. et L.-E. Gurley, Troy (N.-Y.) ; prix: \$4.20.

BAROMÈTRE ANÉROÏDE

Le baromètre anéroïde est un instrument qui sert à mesurer la pression atmosphérique. Il se compose d'une boîte métallique dont l'air a été chassé. Les variations de la pression atmosphérique agissant sur le mince couvercle de cette chambre à vide le fait monter ou descendre et ce mouvement est transmis par des leviers, chaînes et ressorts à un indicateur, mobile autour d'un cadran gradué, enregistrant la pression atmosphérique généralement en termes de pouces du baromètre à mercure. Un second limbe donne les

altitudes en pieds. Le baromètre possède plusieurs inconvénients, mais pour des travaux sommaires il est extrêmement utile. On ne peut prendre les niveaux comparés, au-dessus du niveau de la mer avec précision avec cet instrument, mais les différences d'altitudes, surtout lorsqu'elles comportent un grand écart et que le temps écoulé entre les observations n'est pas trop considérable, peuvent être obtenues assez exactement. La lecture de l'instrument se fait directement en pieds et n'exige aucune habileté, mais comme cet instrument est extrêmement sensible il doit être manié avec précaution. En vente dans les magasins d'instruments d'arpentage et chez la plupart des bijoutiers.

RAPPORTEUR

Le rapporteur est un instrument qui sert à tracer des angles sur un plan. Il est en bois, celluloïde, papier ou carton et a généralement la forme d'un cercle ou d'un demi-cercle dont le bord est gradué en degrés ou fractions de degrés, de 0 à 180 ou de 0 à 360 degrés suivant le cas. Le centre du cercle, c'est-à-dire l'arc du cercle, est indiqué. Pour tracer un angle, placer le centre du rapporteur au sommet de l'angle désiré, de manière que la ligne allant du centre au zéro de la graduation passe par un côté du triangle que l'on veut tracer. Pour obtenir l'autre côté du triangle compter le nombre de degrés sur la graduation, suivant l'angle, et inscrire un point. Relier ce point au sommet de l'angle par une ligne. En vente à un prix minime dans les magasins d'instruments de dessin ou peut être fabriqué avec un morceau de carton.

RÈGLES ET ÉCHELLES

Les règles le plus généralement employées sont celles où le nombre de pieds au pouce est un multiple de dix. On peut ainsi se procurer des règles avec 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 ou 100 divisions au pouce. On choisit une règle appropriée au genre de travail. Ainsi, pour faire des reports à l'échelle de 40 pieds au pouce, on se sert d'une règle 40 sur laquelle chaque petite division représente 1 pied. Pour une mise en plan à l'échelle de 400 pieds au pouce on se sert de la même règle mais dans ce cas chaque petite division correspond à 10 pieds. A l'échelle de 4,000 pieds au pouce chaque petite division de la même règle représenterait 100 pieds. Pour usage sur le terrain, on trouvera pratique de se servir d'une règle en bois de buis à rebords rabattus, portant une bande de celluloïde avec graduations. En vente dans les magasins d'instruments de dessin.

CAMERA

Une camera est parfois très utile au prospecteur. Les photographies sont non seulement d'une grande valeur pour indiquer la nature de la région à explorer, mais les reproductions d'affleurements, de ciels ouverts, de tranchées, etc., offrent une preuve tangible de ce qui apparaît sur une propriété minière et peuvent parfois inciter les acheteurs à la visiter. La camera est tellement bien connue qu'il est inutile de la décrire ici et chacun se lais-

sera guider par ses propres préférences dans son achat. Elle doit être munie de la meilleure lentille que peut se permettre l'acheteur et être aussi compacte que possible, tout en donnant des photographies de dimension assez grande pour être utiles. Pour la plupart des usages, une camera à pellicules en bobines, réalisant des photos de $3\frac{1}{4}$ pouces sur $5\frac{1}{2}$ pouces est satisfaisante. Dans toutes les photographies montrant des détails de roches ou des affleurements de filon, il faut laisser un pic, un marteau ou un coin pour donner une idée de la dimension relative des détails de l'affleurement.

DÉVELOPPEMENT DES PROPRIÉTÉS MINIÈRES

(E.-R. Faribault et J.-F. Walker)

Seuls, les petits gisements renfermant des minerais de haute teneur peuvent être mis en valeur par celui qui les découvre. L'exploitation des grands gisements exige un capital organisé et le seul espoir du prospecteur quant à ces gisements est de les exploiter jusqu'au stade où il puisse y intéresser le financier. Les travaux doivent être exécutés en vue de satisfaire aux exigences de l'acheteur. Les points essentiels à considérer sont: la demande actuelle et future pour le minéral; le type et l'étendue du gisement ainsi que la qualité et la complexité du minerai; la situation, les facilités de transport et l'énergie; la distance de l'usine métallurgique où le minerai ou les concentrés doivent être expédiés; les exigences de l'atelier de broyage et la connaissance des propriétés voisines, le cas échéant. Le prospecteur fera bien d'avoir ces facteurs en vue à toutes les phases de son travail et de ne pas oublier que presque toutes les grandes mines ont eu de bonnes indications superficielles. Avant d'établir et d'enregistrer une concession, il est à conseiller, lorsque la chose est possible, de faire un examen préliminaire de la découverte et de noter tous les renseignements procurables de façon à pouvoir les reporter sur une carte dont on constatera l'utilité pour indiquer l'emplacement des concessions, l'élaboration des travaux ultérieurs et la vente de la propriété.

La plupart des gîtes minéraux sont recouverts de mort-terrain et de végétation, d'où l'obligation de bien examiner la découverte et le terrain avoisinant afin de déterminer non seulement les minéraux présents et le genre du gisement, mais aussi l'étendue et la direction de l'affleurement. On établira une ligne de base en direction de l'affleurement, avec points de repère à 100 pieds d'intervalle; on examinera le terrain adjacent, et les données obtenues seront enregistrées et déterminées par rapport aux points établis. Cette opération devra être effectuée dans les deux sens depuis la découverte aussi loin que l'on constatera quelque indice de probabilité afférent au prospect. En second lieu on fouillera le sol plus loin de chaque côté de la direction de l'affleurement. Dans une région plane ou légèrement ondulée, on peut effectuer cette reconnaissance en tirant des lignes d'une longueur d'un quart de mille, à angles droits sur la ligne de base, à des intervalles de 200 pieds. L'étendue comprise entre ces lignes peut être fouillée et les traits saillants tels que les affleurements, les parties couvertes de

drift et les marais, peuvent être déterminés avec précision d'après des points de position connue, à des intervalles de 100 pieds sur ces lignes latérales. Exemple:

La découverte fut faite en D, Figure 22, et la détermination de la direction a donné la ligne de base A-G. La prospection sur les deux côtés de la ligne de base a révélé une déviation du contact minéralisé entre la roche verte et le schiste vers le nord et vers le sud. Les lignes latérales furent alors tracées et le terrain compris entre elles fouillé à fond. On découvre que le contact est en projection latérale, indiquant probablement une faille et un autre contact de schiste-roche verte est découvert vers le sud. On devra poursuivre les recherches à l'est et à l'ouest de la région examinée car le contact paraît être bien minéralisé. Connaissant ces données, les concessions peuvent être délimitées et l'on peut commencer le dépouillement et le creusage de tranchées afin de mettre à jour la plus grande partie possible de la zone minéralisée le long du contact et de déterminer, en même temps, si le contact sud-ouest est minéralisé.

Le dépouillement et le creusement de tranchées sont les méthodes les plus pratiques et les plus économiques pour mettre à jour les possibilités d'un prospect et on ne devrait jamais commencer les travaux souterrains, très onéreux, avant que tous les travaux de surface aient été terminés. Dans un terrain ordinaire on peut pousser le dépouillement et les tranchées à une profondeur de 2 à 3 pieds. Voici une comparaison avec les travaux souterrains. Pendant qu'un ouvrier perce 10 pieds dans un filon de 2 pieds, un autre peut dépouiller 250 pieds d'un filon d'une couverture moyenne de 3 pieds. Dans le premier cas, 120 pieds cubes de minerai ont été récupérés et le filon a été exposé sur une longueur de 10 pieds et une profondeur de 6 pieds. En supposant que le minerai visible s'étende seulement 1 pied en profondeur, il y a dans le premier cas 56 pieds cubes de minerai visible le long du toit, du fond et de la paroi de la galerie, tandis que dans le second 500 pieds cubes de minerai sont visibles à la surface. Comme la récupération du minerai ne paie habituellement pas à ce stade du développement, il est évident que le dépouillement a révélé plus de terrain et à un coût plus bas que la galerie de 10 pieds. Le fonçage de puits découvre encore moins de terrain parce que l'opération est plus lente que le percement de galeries. Dans un bon terrain, le creusement des tranchées peut être poussé jusqu'à de 6 à 7 pieds pour les gisements de grande étendue. L'envahissement par l'eau et les cailloux constitue les principaux obstacles. Lorsque le mort-terrain est trop épais pour permettre le creusement de tranchées, on peut creuser des fosses d'essai lorsque les conditions sont favorables. Des fosses peu profondes en terrain sec sont plus économiques que les forages et donnent de meilleurs résultats. On doit en choisir l'emplacement avec soin, car le temps et le coût croissent rapidement avec la profondeur et une fosse de 30 pieds représente une étendue considérable de dépouillement et de tranchées ailleurs. En sondant avec une tige de fer, un tube perforateur ou une tarière à main, on peut obtenir certaines données préliminaires sur l'épaisseur de la couverture qui pourront servir de guide pour le dépouillement, les tranchées et le creusement de fosses d'essai. Dans un terrain meuble, une tige de fer légère peut servir à déterminer l'épaisseur de la couverture pour de faibles profondeurs et une tarière à main pour de plus

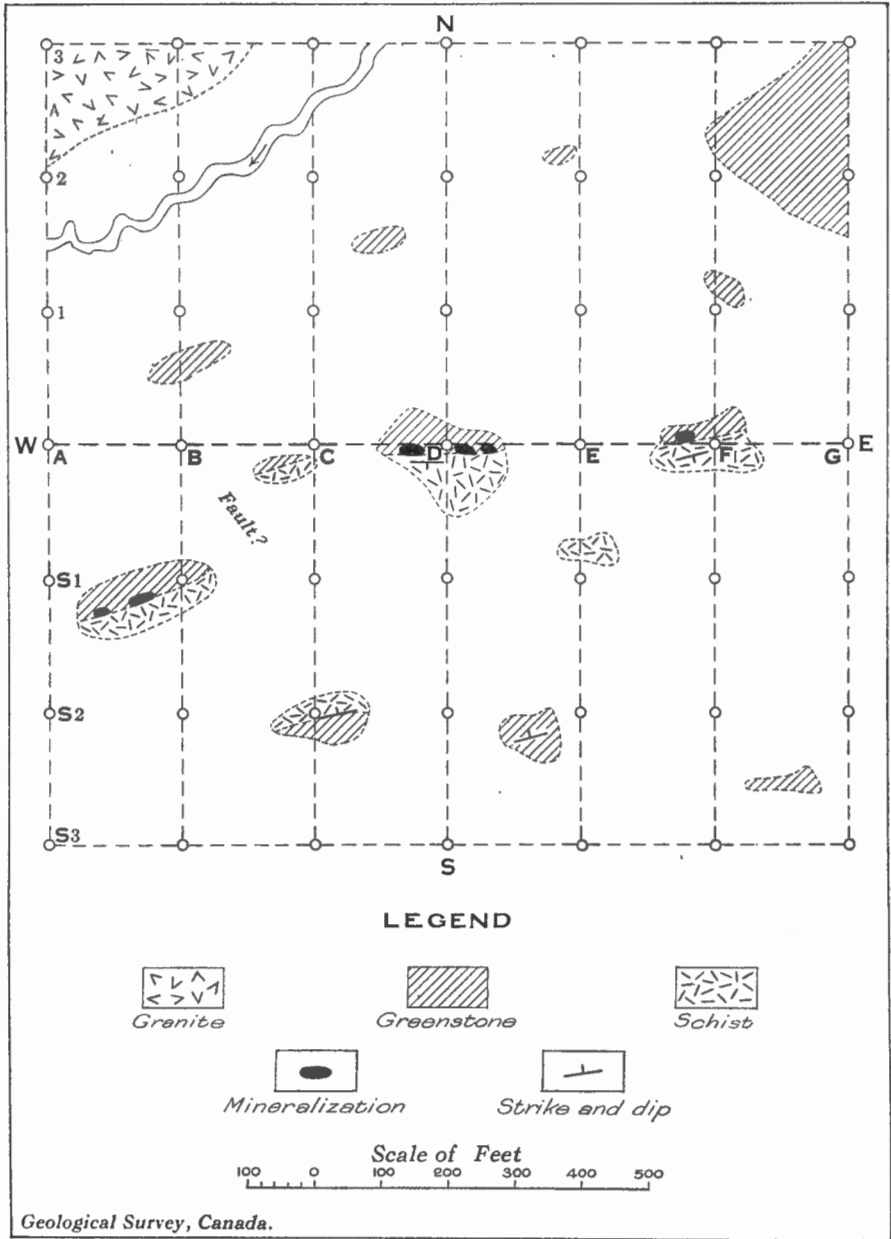


Figure 22.

grandes profondeurs, ou encore on peut procéder par des tranchées ou des fosses d'essai. On peut employer un tube perforateur pour connaître la nature du sol et du mort-terrain jusqu'à la profondeur de 15 pieds pour un sol meuble, si l'on se sert de petits tubes.

La prospection d'une découverte dans une région montagneuse exige une application quelque peu différente des méthodes utilisées sur un terrain plan. Les cheminements sont ordinairement impossibles et souvent inutiles car le terrain entourant la découverte peut être bien exposé en flanc de montagne. L'affleurement doit être suivi et sa position déterminée tel que décrit à la section des levés afin de pouvoir reporter les observations sur un plan. En suivant un filon dans un terrain accidenté il faut tenir compte de la topographie, de la direction et du pendage. Par exemple un filon se dirigeant nord, avec pendage occidental coupant une crête allant de l'est à l'ouest, aura sur le versant méridional une direction apparente nord-est, ou un affleurement, et sur le flanc septentrional une orientation apparente nord-ouest, ou un affleurement (*voir* figure 23). Un filon gisant à plat en flanc de colline peut présenter un affleurement considérable, mais sans étendue et entièrement superficiel, à cause de l'érosion partout ailleurs sur la crête. L'allure des filons stratifiés dans le même sens que les structures peut varier considérablement et exige d'être suivie soigneusement à la surface, en se guidant par les structures de la roche pour établir la position des filons. Il arrive dans plusieurs cas que d'excellentes coupes de filons ou d'autres types de gisements soient exposées sur un versant. Ainsi on peut suivre un filon en remontant le flanc d'une colline avec une différence d'altitude de 500 pieds et une distance horizontale de 800 pieds entre la base et le sommet de l'affleurement. Quelle signification doit lui donner celui qui prospecte dans les montagnes? Cela signifie qu'une coupe du filon est exposée à la surface sur une profondeur de 500 pieds et qu'il peut recueillir à peu près autant de renseignements en observant cette coupe qu'en fonçant un puits de 500 pieds sur un affleurement de filon de 800 pieds en terrain plan. Il connaît la puissance de l'affleurement sans s'être servi du pic et possède une bonne notion de ce que révélerait l'affleurement s'il y entreprenait des travaux souterrains. Comme pour les régions planes, le dépouillement et les tranchées constituent le moyen le plus rapide de déterminer la valeur d'un prospect, surtout dans une contrée à relief accentué, où la puissance se révèle de l'affleurement à la surface. Il arrive parfois que le mort-terrain soit trop épais pour qu'on puisse l'enlever; dans ce cas le prospecteur peut travailler plus efficacement sous terre. Lorsqu'il est nécessaire de percer une galerie en flanc de coteau ou un souterrain, il faut avoir soin de le faire en un point propice de l'affleurement et de suivre le minéral quelque tortueuses que doivent être les galeries, car si le prospect est trouvé réellement profitable, les chantiers devront presque toujours épouser la forme du terrain telle que l'auront révélée les travaux préliminaires. L'exploitation souterraine n'est conseillée que dans les cas mentionnés plus haut, à savoir, lorsque la couverture est épaisse, les affleurements superficiels de faible étendue et que le seul moyen de connaître la nature du gisement est de l'exploiter en profondeur. Il est inutile, comme on le fait souvent, de percer un souterrain bien profond sous l'affleurement quand la situation et la nature du gisement sont inconnues à ce niveau.

L'exploitation en profondeur est lente et onéreuse et le temps nécessaire à l'essai d'une faible étendue doit entrer sérieusement en ligne de compte, puisque dans le même temps on peut faire de nouvelles découvertes ailleurs et les explorer par des travaux de surface.

Avant de commencer et au fur et à mesure qu'avance l'exploitation à la surface, on doit prélever et analyser un nombre suffisant d'échantillons pour pouvoir juger de l'opportunité de continuer les travaux. Dans le cas de minerais renfermant de l'or natif, le passage à la batée peut remplacer l'essai au cours de l'exploration préliminaire. Les résultats ainsi obtenus sont moins précis mais économiques et rapides. L'échantillonnage doit marcher de pair avec les travaux de surface. Le nombre et le calibre des échantillons dépendent de l'uniformité et de la qualité du minerai. Pour l'échantillonnage on doit toujours prélever des surfaces fraîches. Si l'on

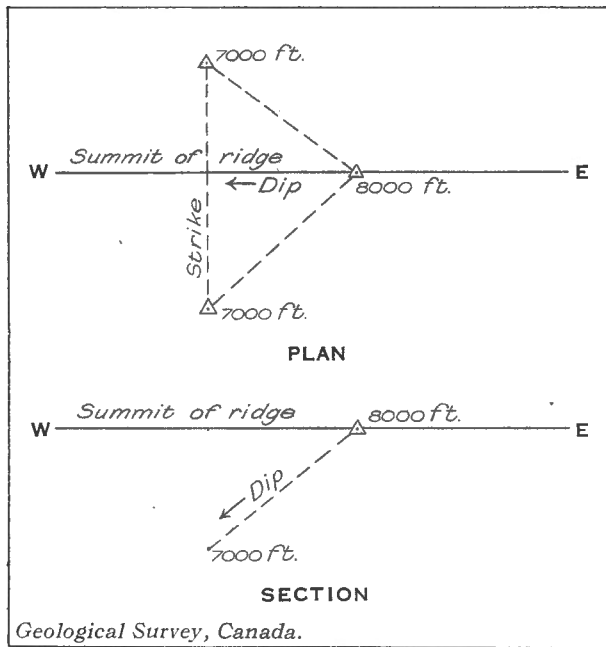


Figure 23.

rencontre un tonnage de quelque importance de matière oxydée, il faut aussi l'échantillonner. Plus la qualité est basse et le gisement uniforme, moins gros doit être l'échantillon pour donner une estime assez précise. Il faut prélever les gros échantillons des gisements tachetés à haute teneur, car dans un minerai aurifère tacheté un petit échantillon contenant de l'or visible donnera une forte teneur à l'analyse, tandis qu'un autre de même grosseur prélevé à quelques pouces de là ne révélera peut-être rien

du tout. Il s'ensuit donc que plus l'échantillon est gros plus approximativement l'analyse répondra à la véritable teneur. Suit une liste du poids minimum pour des échantillons de minerais de basse, moyenne et haute teneur.

	Livres.
Minerai uniforme de basse teneur, broyé à 20 mailles	1
Minerai uniforme de teneur moyenne, broyé à 20 mailles	2
Minerai tacheté de haute teneur, broyé à 20 mailles	15

Les matières grossières exigent des échantillons plus gros que les matières fines. Ces poids serviront de guide pour la préparation des échantillons en rainures, car on ne saurait s'attendre que le prospecteur coupe des échantillons de ce genre de 5 pouces de largeur sur 2 d'épaisseur comme il le faudrait pour une évaluation exacte de la propriété. Un affleurement étendu uniforme de basse qualité exige simplement un échantillon étroit de faible épaisseur. Un affleurement étroit et tacheté, de bonne qualité, exige un échantillon type en rainures beaucoup plus gros ou un échantillon collectif formé de plusieurs petits échantillons en rainures. Lorsque le minerai est très dur, une série de paillettes peuvent remplacer l'échantillon en rainures. Lorsque le gisement a plus de 4 pieds de largeur, on doit prélever des échantillons à tous les 4 pieds en largeur ou de façon à représenter les parties riches et pauvres du gisement. Une pince sert à l'échantillonnage et il faut avoir soin de conserver toutes les particules brisées. On peut se servir d'une boîte, d'un sac ou d'une forte toile tenue à proximité de la pince pour prélever l'échantillon. La substance obtenue est ensuite broyée dans un mortier à l'aide d'un pilon ou brisée au marteau, puis divisée en deux ou plusieurs parties. Il est difficile pour le prospecteur d'effectuer cette opération avec précision, car le seul moyen de diviser exactement un échantillon est à l'aide de quelque dispositif du genre du riffle Jones. La mise en cône et l'inquartation ne sont pas une méthode précise, mais elles constituent peut-être le seul moyen de séparer les échantillons sur le terrain. La matière broyée est placée sur une toile que l'on fait osciller en l'élevant successivement par un des coins puis de l'autre jusqu'à ce que le mélange soit bien homogène. On le sépare alors en deux parties que l'on divise encore soigneusement en deux autres parties. On peut répéter cette opération plusieurs fois lorsqu'il s'agit de gros échantillons jusqu'à ce que toute la masse soit divisée en trois ou quatre échantillons de grosseur convenable. Ils sont alors ensachés et étiquetés avec soin. Un échantillon est envoyé à l'essayeur et le prospecteur en garde deux pour pouvoir faire des essais de contrôle.

D'après les valeurs d'essai indiquées sur la carte, il est possible d'évaluer la valeur du minéral exposé. Le tableau qui suit montre le poids en livres par pied cube et le nombre de pieds cubes par tonne pour quelques-uns des minéraux et des roches les plus usuels.

Tableau I

	Pds en lvs par pd cu.	Pds cu. par tonne
Arsénopyrite.....	374	5.3
Cérusite.....	405	4.9
Chalcopyrite.....	262	7.6
Galène.....	455	4.4
Magnétite.....	312	6.4
Pyrite.....	318	7.6
Pyrrhotine.....	287	7.0
Grès et rhyolite.....	150	13.4
Schiste, quartz et argile feuilletée.....	162	12.3
Calcaire et granite.....	168	11.9
Andésite et basalte.....	181	11.1
Diabase et diorite.....	187	10.6

Pour évaluer la teneur minérale d'un gisement, on calcule le tonnage jusqu'à une profondeur de 1 pied de la surface et on multiplie par une profondeur approximative raisonnable, en pieds, et le produit donne le tonnage approximatif. Comme la profondeur n'est pas connue, le résultat n'est qu'une approximation de la valeur du gisement. Exemple:

Un filon de galène de 300 pieds de longueur et d'une moyenne de 2 pieds de largeur. L'essai donne 50 pour cent de plomb et 20 onces d'argent par tonne.

La valeur du plomb à \$0.07 est $\frac{50}{100}$ multiplié par 2,000 par \$0.07 ou \$70.

La valeur de l'argent à \$0.50 l'once est \$10; valeur brute du minerai, \$80 la tonne.

Tonnage: le volume en pieds cubes à la profondeur de 1 pied est de 300 multiplié par 2 par 1 ou 600 pieds cubes.

La teneur en galène est évaluée à 60 pour cent ou $\frac{60}{100}$ de pieds cubes = 360 pieds cubes.

Le tonnage en galène est de 360 pieds cubes, divisé par 4.4 pieds cubes. (Voir tableau I) ou 84 tonnes, en chiffres ronds.

La matière de la gangue est 40 pour cent ou $\frac{40}{100}$ de 600 pieds cubes = 240 pieds cubes.

Le tonnage de la gangue est de 240 pieds cubes divisé par 12 pieds cubes ou 20 tonnes.

Tonnage brut = 102 tonnes.

L'usine métallurgique paie à peu près $3\frac{1}{2}$ cents pour le minerai de plomb, quand le plomb pur se vend 7 cents. En comptant l'argent à sa pleine valeur, le prix du minerai est alors de \$45 la tonne.

La teneur, à une profondeur de 1 pied dans l'affleurement est de 102 (tonnage) par \$45 (valeur la tonne) ou \$4,590.

On ne peut estimer l'épaisseur probable du filon qu'à un tiers de sa longueur, soit 100 pieds. Si la teneur de l'affleurement à la surface se maintient, sa valeur à une profondeur de 100 pieds est de $4,590 \times 100$, soit \$459,000. La récupération n'atteint jamais le pourcentage donné à l'analyse et il faut déduire 10 pour cent de perte au cours du traitement. La valeur est maintenant de \$459,000 moins 10 pour cent, soit \$413,000. Il faut aussi tenir compte des frais d'extraction et de recouvrement des minéraux.

La veine n'ayant que 2 pieds de largeur, il faudra donc extraire beaucoup de roche de rebut. La moyenne en sera de 1 pied.

Le tonnage de rebut est 300 multiplié par 1 par 1, divisé par 12 (voir tableau I), soit 25 tonnes par chaque pied en profondeur.

Le tonnage global extrait pour chaque pied en profondeur est $102 + 25$ ou 127 tonnes.

Le coût d'extraction étant de \$4 la tonne, le coût pour chaque pied en profondeur est 127 multiplié par 4, soit \$508. A la profondeur de 100 pieds, il sera de \$50,800.

Le transport doit être payé pour 102 tonnes de minerai par chaque pied de profondeur au coût (supposé) de \$4 la tonne. Le coût est donc de \$408 pour chaque pied en profondeur.

Prévoir un déboursé initial de \$40,000 pour les bâtiments, l'outillage et le transport.
 On ne tient pas compte ici de l'intérêt sur le capital investi. Le coût total de la récupération est donc.....\$ 50,800
 40,800
 40,000

\$ 131,600

Ce chiffre déduit de la valeur brute estimée de la propriété, on trouve que sa valeur nette est de \$281,500 à une profondeur de 100 pieds, calculée d'après les travaux superficiels seulement. La valeur réelle ne peut être connue que par une exploitation souterraine très poussée. Le travail de surface suffit toutefois à donner au prospecteur une certaine notion de la valeur de la propriété. Quelle somme le prospecteur peut-il espérer obtenir pour une propriété comme celle-là? Actuellement la valeur du minerai visible est de \$4,590 avec la possibilité de révéler une propriété d'un quart de million. Pour ce faire, il faudra un capital de plusieurs milliers de dollars et les bailleurs de fonds exigent un rendement proportionné au risque encouru. Le prospecteur a peut-être dépensé plusieurs années d'énergie et une somme considérable pour établir la valeur réelle du prospect. En supposant que son temps et ses dépenses se chiffrent à \$20,000, cela constitue la moitié du capital jugé nécessaire au développement de la propriété. Il a maintenant droit à un tantième d'un tiers de la propriété, représentant \$90,000 basé sur la valeur possible de la propriété. Il ne peut espérer recevoir cette somme avant que la profondeur et la valeur aient été établies. Il peut cependant engager la propriété en conservant ses intérêts, ou pour un tantième des bénéfices et un solde en espèces, ou encore pour un certain nombre de paiements répartis sur la période de développement.

Exemple

Un filon de quartz d'une longueur de 300 pieds et d'une largeur moyenne de 2 pieds. Les résultats de l'analyse ont donné \$12 d'or par tonne. Le tonnage à 1 pied en profondeur est 300 multiplié par 2 par 1, ou 600 pds. cu. divisé par 12 pds. cu. (voir tableau I), soit 50 tonnes. La valeur, à la profondeur de 1 pied est de 50 (tonnes) à \$12, soit \$600. La profondeur ne peut être estimée à plus d'un tiers de la longueur ou 100 pieds. La valeur possible du minerai est donc \$600 pour 100, ou \$60,000 moins 10 pour cent, soit \$59,400;

Comme la largeur du filon n'est que de 2 pieds, il faudra extraire en moyenne 1 pied de roche encaissante. Le tonnage de rebut est par conséquent la moitié du tonnage de minerai. Le tonnage total est alors de 75 tonnes par pied de profondeur. A la profondeur de 100 pieds il sera de 7,500 tonnes. Le coût approximatif de l'extraction à \$4 la tonne est de \$30,000. Le reliquat de \$29,400 provenant de la valeur possible du minerai à 100 pieds en profondeur doit couvrir le premier déboursé, le coût du traitement, le paiement de la propriété et l'intérêt du capital engagé. Ceci est apparemment impossible et le prospect présente peu ou point de valeur aux affleurements de surface. L'élargissement du filon ou un accroissement de sa teneur, pour compenser le coût d'extraction de la roche de rebut, changerait l'aspect de la propriété. Si le filon affleure en flanc de montagne où sa puissance et sa longueur sont visibles, il y a

peu de chances que les conditions soient plus favorables en profondeur. Si l'affleurement se présente dans une région plane il est possible qu'il s'améliore en profondeur et mérite d'être fouillé. L'exploitation souterraine est le seul moyen de déterminer la valeur de la propriété et constitue une opération trop lente et trop coûteuse pour le prospecteur. Les sondages au diamant sont plus pratiques, mais également trop onéreux pour le prospecteur. Le capitaliste pourra toutefois explorer une telle propriété à condition d'être assuré d'un tantième substantiel dans les profits. Par ailleurs si la propriété répond aux expectatives le prospecteur n'aura aucune difficulté à disposer de ses intérêts. Le prospecteur doit s'assurer que l'intérêt retenu par lui n'est pas taxable.

Les conditions dans lesquelles un acheteur examine une propriété, influencent sa décision dans bien des cas. Le prospecteur doit s'efforcer de le conduire à la propriété en lui ménageant autant que possible les désagréments et la fatigue, afin qu'il soit frais et dispos pour l'examen.

OUTILLAGE

L'outillage requis pour le développement varie avec la nature de la région et le genre d'exploitation. La liste qui suit renferme les outils les plus usuels: pic de prospecteur, pic de mineur, pioche, pelles à manche long et à manche court, masse, marteau à main, marteau à panne fendue, perforatrice à bras, scie à bras, scie à découper, hache, limes pour scies et haches, râpes, forge transportable ou soufflets, enclume, tenailles, tranches à froid et à chaud, fleurets d'acier, pinces, curette, chaudière, battée, tige légère en fer, tarière à glaise, tube perforateur, bédane, meule et brouette.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le ministère des Mines, au fédéral et au provincial, fournissent aux prospecteurs sur demande, les renseignements dont ils disposent. L'identification des roches et des minéraux, lorsqu'elle n'exige pas d'analyse chimique, est faite gratuitement. Les analyses et les essais sont exécutés d'après un barème de frais qui est envoyé sur demande. Aux spécimens envoyés pour identification, il faut joindre des données complètes quant à leur mode de gisement et la localité d'où ils ont été prélevés; on recevra en retour une somme correspondante de renseignements.

ADRESSES

Le Directeur, Commission géologique, Ottawa, Canada.
 Le Directeur, division des Mines, ministère des Mines, Ottawa.
 Le Minéralogiste provincial, Victoria (C.-B.).
 Conseil des Recherches scientifiques et industrielles de l'Alberta, Edmonton.
 Bureau du Travail et de l'Industrie, Regina (Sask.).
 Commissaire des Mines, Winnipeg (Man.).

Ministère des Mines d'Ontario, Toronto (Ontario).
 Service des Mines, ministère de la Voirie et des Mines, Québec (Qué.).
 Minéralogiste provincial, ministère des Terres et des Mines, Frederic-
 ton (N.-B.).
 Ministère des Travaux publics et des Mines, Halifax (N.-E.).

BIBLIOGRAPHIE

Farrell et Moses: "Practical Field Geology"; McGraw-Hill Book Co., Inc., New-York.
 Goodwin (W.-L.): "Le Manuel du Prospecteur"; Industrial and Educational Pub. Co.,
 Gardenvale, Qué.
 Hoover (Herbert-C.): "Principles of Mining"; McGraw-Hill Book Co. Inc., New-York.
 Prest (W.-H.): "The Gold Fields of Nova Scotia"; The Industrial Pub. Co., Halifax,
 N.-E.
 Ries (Heinrich): "Economic Geology"; John Wily and Son, New-York.
 Spurr (J.-E.): "Geology Applied to Mining"; McGraw-Hill Book Co., Inc., New-York.
 Von Bernewitz: "Handbook for Prospectors"; McGraw-Hill Book Co., Inc., New-York.
 Peele (Robert): "Mining Engineer's Handbook"; John Wily and Son, New-York

CARTES GÉOLOGIQUES ET RAPPORTS

(C.-E. Cairnes)

EN QUOI CONSISTE UNE CARTE GÉOLOGIQUE

La carte géologique d'une région indique les diverses variétés de roches qu'elle renferme, où elles se présentent, leur aspect, et, en autant que possible, comment elles s'étendent en profondeur. Les formations de roches doivent être représentées sur une *carte de base*, c'est-à-dire une carte géographique ou topographique, de manière à pouvoir être localisées par rapport aux lacs, ruisseaux, montagnes, routes et autres traits géographiques. Comme ces traits caractéristiques et les renseignements géologiques sont figurés sur ces cartes, les données géologiques, règle générale, sont indiquées en couleurs claires transparentes à travers lesquelles on peut voir les lignes de la carte de base et d'autres signes et symboles géologiques. On remplace parfois les couleurs par des signes conventionnels blancs et noirs de pointillés, traits, croix ou d'autres signes pour indiquer les caractères géologiques. On emploie ces signes parce que l'impression d'une carte ainsi confectionnée est beaucoup plus rapide et moins dispendieuse qu'une en couleurs. Les cartes géologiques en couleurs sont en général de lecture plus facile que celles en blanc et noir seulement, et dans le cas de celles-ci on trouvera peut-être utile de colorer par-dessus les signes au crayon ou d'une autre façon, en ayant soin toutefois d'employer les couleurs correspondantes pour les légendes et les coupes transversales.

A cause des multiples renseignements qui sont condensés sur une carte géologique, par l'emploi de couleurs, signes conventionnels et symboles, elle est toujours accompagnée d'une *légende* expliquant la signification de chacun des signes. La légende est une clé sans laquelle la carte est absolument inintelligible. Elle explique la couleur ou le signe qui représente telle formation de roches, ainsi que le caractère de cette formation. Les forma-

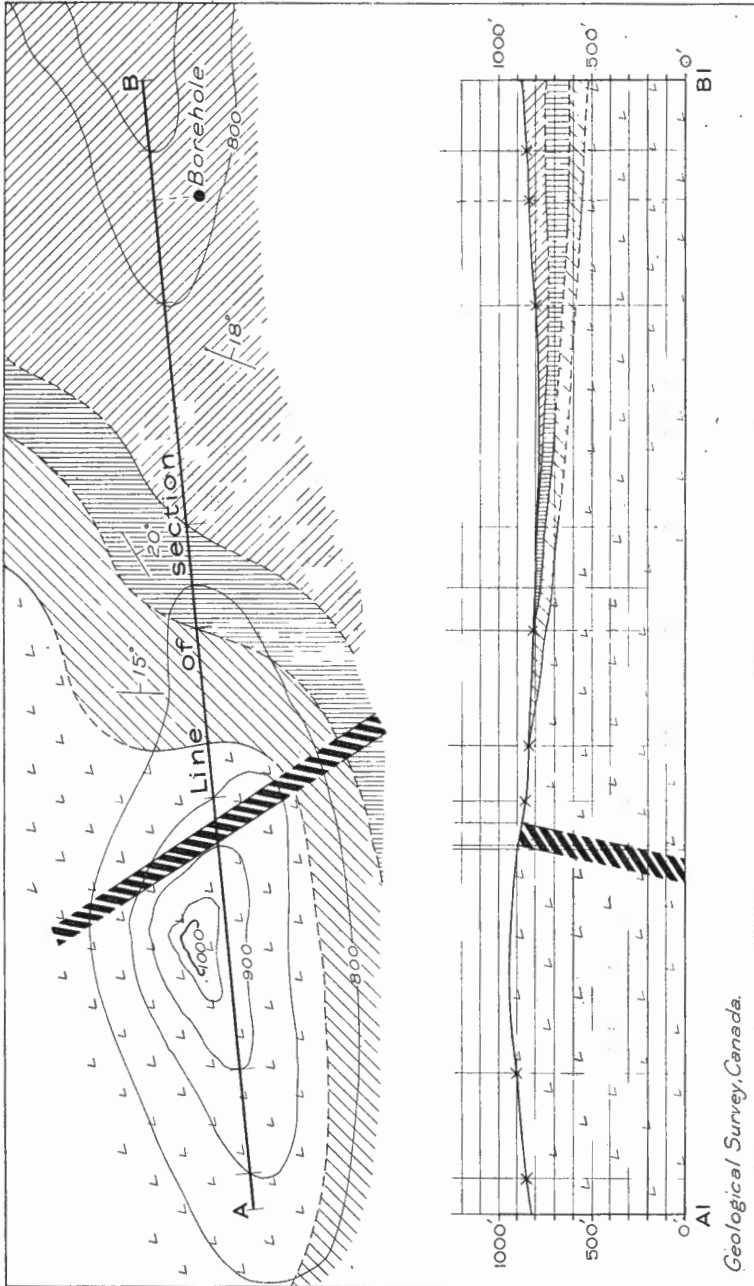
tions sont disposées par ordre d'âge et la succession de l'une par rapport à l'autre est indiquée par le nom des ères et des époques géologiques. La légende explique aussi les différents signes linéaires et les autres symboles de la carte, tels que ceux employés pour les frontières géologiques, failles, filons, direction et pendage, stries glaciaires, ainsi que les traits physiques et culturels.

Chaque carte est à l'échelle afin d'indiquer l'étendue de la région représentée. Une échelle de 4 milles au pouce par exemple, signifie que chaque pouce de la carte correspond à quatre milles, soit $4 \times 5,280 \times 12 = 253,440$ pouces sur le terrain. Une autre façon d'indiquer une échelle de 4 milles au pouce serait par la fraction représentative ou le rapport naturel $\frac{1}{253,440}$, qui veut dire qu'une distance quelconque sur la carte représente 253,440 fois cette distance sur le terrain. Généralement les cartes portent des lignes graduées suivant l'échelle de la carte dont on peut se servir en guise d'échelle ou de règles lorsqu'on n'a pas celles-ci sous la main.

La plupart des cartes sont *orientées* par rapport au nord astronomique ou nord "vrai" soit par une flèche soit par des lignes de latitude et de longitude. Dans les deux cas, la "déclinaison", ou l'angle entre le nord vrai et le nord magnétique est ordinairement indiquée. L'aiguille de la boussole pointe toujours vers le nord magnétique et la déclinaison est à l'est ou à l'ouest du vrai nord, selon que le pôle magnétique est à l'est ou à l'ouest du nord vrai par rapport à la position de l'observateur. Ainsi, lorsque la déclinaison est de 20° E., et qu'une course prise sur un point indique N. 35° E., la vraie course sur ce point doit être N. 55° E. Si par contre, la déclinaison est 20° O., la vraie course pour le même point doit être N. 15° E.

En plus de la légende, de l'échelle et de l'orientation, la carte géologique indique par qui elle a été émise, le nom de la ou des personnes qui ont effectué le travail géologique et topographique. S'il y a lieu elle fournit aussi la référence au rapport qu'elle doit accompagner.

Les traits tectoniques sont indiqués sur la carte par des symboles représentant l'inclinaison et la direction, les failles, les contours, etc., ainsi que par des coupes transversales. L'attitude d'une formation, d'un filon ou d'une faille est ordinairement représentée par des symboles de direction et de plongement dans lesquels l'allure ou la direction sont toujours à angles droits sur le pendage, et où l'angle d'inclinaison mesuré en degrés par rapport à l'horizontale est habituellement donné. Les *failles* sont indiquées par des lignes grasses continues ou brisées suivant l'exactitude avec laquelle elles ont été localisées. Sur une carte couvrant une région étendue on ne peut indiquer que les failles les plus importantes. Une ou plusieurs *coupes transversales* illustrant le prolongement de la stratification en profondeur sont souvent données en marge de la carte. Les traits géologiques sont représentés sur des plans traversant verticalement des parties de la région portée sur la carte. La position de ces plans le long desquels sont prises des coupes, est indiquée par des lignes tracées sur la carte. Dans le schéma suivant on a fait une coupe transversale suivant la ligne AB. Le pendage de la stratification au-dessous de la surface a été obtenu d'après l'allure des affleurements ou d'après les données d'un trou de forage. La précision



Geological Survey, Canada.

Figure 24.

de la coupe, et de toutes les autres, dépend partiellement du nombre des observations à la surface, ou obtenues des trous de sondage, chantiers de mines, etc., et de la régularité de la structure entre les points où l'on a fait les observations.

La structure des formations géologiques en profondeur peut être indiquée par des *contours tectoniques* qui remplacent les symboles d'inclinaison et de direction. Ces cartes de contours tectoniques ne sont généralement dressées qu'aux endroits où les sources de renseignements d'après l'observation des affleurements et les journaux de forage et d'exploitation minière etc., sont nombreuses et dignes de confiance. Dans tous les cas d'ailleurs ces indications tectoniques ne doivent être considérées que comme des déductions schématiques se rapprochant autant que possible des faits épars qu'on a pu grouper. Les contours tectoniques sont essentiellement analogues aux contours topographiques et comme eux ils représentent la configuration des surfaces par des lignes de même altitude généralement rapportées au niveau moyen de la mer comme niveau de comparaison. Alors que pour les cartes topographiques la surface est constituée par l'étendue de terrain découvert, pour la carte à contours tectoniques c'est une couche ou un horizon, facilement observable s'étendant sur une grande étendue dans la région étudiée. Cette couche constitue un *horizon-repère* auquel est rapportée la structure des couches sus et sous-jacentes. L'altitude de cet horizon doit être prise à autant de points qu'on peut le faire, soit d'après des affleurements ou des journaux de forage. Les cotes des différents points sont reportées sur la carte et réunies par des lignes avec équidistance verticale, chaque ligne reliant des points de même altitude. On dresse ainsi la carte montrant les courbes de niveau de cet horizon-repère. Pour la compilation des données requises pour ces cartes on peut prendre plusieurs horizons-repères lorsque l'épaisseur des roches qui les sépare a été déterminée avec précision. Cette méthode, évidemment, est susceptible d'autres erreurs provenant de l'épaisseur variable des strates intermédiaires. Les cartes à courbes de niveau sont surtout précieuses dans la géologie du pétrole où le point d'intérêt n'est pas concentré seulement sur tel ou tel horizon ayant produit du pétrole ou du gaz, et dont il est utile de connaître la position en profondeur, mais aussi où il est également important de déterminer le caractère des différentes structures, telles que plis anticlinaux, dômes, etc., propices à l'accumulation de ces substances minérales. La Commission géologique a publié des cartes de ce genre de certains champs de pétrole et de gaz du sud d'Ontario et de l'Alberta.

CORRÉLATION DES CARTES ET DES RAPPORTS

Les rapports sont habituellement accompagnés de cartes géologiques. Dans ce cas, il faut étudier en regard l'un de l'autre la carte et le rapport si l'on veut avoir une notion claire des différentes formations et de leurs possibilités industrielles, et se rendre compte des renseignements supplémentaires apportés par l'auteur, lesquels ne pourraient être représentés dans les limites restreintes d'une simple carte. Ainsi, le lecteur verra sur la

carte que telle formation est apparemment dépourvue de gîtes minéraux. Il ne doit pas pour cela s'en désintéresser, car le rapport indique peut-être que les régions adjacentes renferment de riches gisements. Le cas contraire peut aussi se présenter. Il peut apprendre que telle formation renferme des richesses minérales considérables en un certain endroit, mais que ce fait est purement local. Il se peut encore que la carte soit à une échelle trop petite pour indiquer l'emplacement des propriétés minières, les filons minéralisés et les gisements. Le rapport permettra au lecteur de se familiariser davantage avec les différentes formations géologiques, leur origine, composition et structure, et de connaître quelles sont, dans l'opinion de l'auteur, les plus favorables aux gîtes de minerai. Il peut ainsi constater que la présence ordinaire des gisements de la région dans telle formation ou série de formations ne signifie pas nécessairement que toute la région soit d'une égale valeur pour l'avenir, mais que la minéralisation est confinée à une bande relativement étroite adjacente au contact d'une formation. Il peut apprendre que même à l'intérieur de cette zone les gîtes minéraux sont restreints à des assises ou à des inclusions d'une certaine composition, et qu'il suffit d'explorer cette bande de contact où on a constaté la présence de ces roches. Lorsque la position de ces horizons propices à la présence du minerai a été portée sur la carte, le prospecteur doit restreindre ses opérations à certaines localités, mais dans les endroits où la nature de la carte ne permet pas de les représenter, le seul moyen pour lui de se renseigner sur les conditions existantes est de consulter le rapport. Autrement il s'expose à perdre un temps précieux à l'exploration d'une région stérile.

FACTEURS CONCOURANT À LA PRÉCISION ET AUX DÉTAILS DES CARTES ET DES RAPPORTS

La précision ou la quantité des détails représentés sur les cartes géologiques dépend d'un certain nombre de facteurs importants, entièrement analogues à ceux que comporte toute autre représentation des traits superficiels de la terre. Elle repose sur le nombre de points déterminés entre lesquels sont esquissés les traits devant être portés sur la carte. De la même manière que le cours d'un ruisseau, la ligne riveraine d'un lac, ou le flanc ou le profil d'une montagne, est tracée entre des points connus, la direction d'une frontière géologique est interpolée entre des stations dont on a déterminé la position. La valeur d'une carte géologique ou topographique dépend donc, dans une certaine mesure, du nombre de points connus qu'ont permis d'établir les conditions de tel levé particulier, aussi, de la dextérité avec laquelle les schémas ou les interpolations intermédiaires ont été dressés.

Ceux qui consultent les cartes ou les rapports accepteront de préférence l'autorité d'auteurs ayant apporté depuis nombre d'années des renseignements de réelle valeur, que celle d'auteurs dont la réputation est moins bien établie. De même, les conclusions de ceux qui travaillent depuis un certain temps dans un domaine particulier ou qui se sont spécialisés dans

certains problèmes propres à cette sphère de leur activité sont d'un plus grand poids que celles émanant de sources moins autorisées.

En plus de l'autorité de l'auteur, néanmoins, les renseignements fournis par ces cartes relèvent dans une large mesure d'autres conditions non moins importantes telles que le temps passé sur le terrain, les traits physiques de la région explorée et l'échelle à laquelle les cartes ont été publiées. D'autres facteurs égaux, au même titre, sont que le temps consacré à l'étude d'une certaine région devrait correspondre aux données réunies sur le caractère, les rapports, les possibilités industrielles et les frontières des formations composantes. Ainsi on peut s'attendre que pour un district montagneux, d'accès ou de cheminement difficile, le temps exigé soit plus considérable que pour un autre qui est mieux situé ou plus facile à explorer. D'un autre côté, l'exactitude avec laquelle la géologie d'une région peut être portée sur la carte dépend beaucoup de l'étendue visible de la roche en place. Une région recouverte d'une épaisse couche de drift et ne présentant que quelques affleurements de roche ne peut être reportée avec autant de précision qu'une autre, par ailleurs aussi complexe, mais où les affleurements sont nombreux. Sous ce rapport, il importe de remarquer que sur les cartes de la Commission géologique le drift et les affleurements de roche sont représentés par diverses indications. Le drift est quelquefois indiqué par un pointillé noir sous lequel la nature de la roche est représentée en couleurs, différentes pour chaque formation en autant que l'étendue de celles-ci sous le drift paraît vraisemblable. On se sert couramment de cette méthode pour la cartographie des régions du Bouclier canadien. Il arrive aussi pour certaines régions, celles des Grandes Plaines par exemple, où la roche de fond n'est mise à jour que par quelques affleurements isolés, que ceux-ci soient indiqués sur la carte par des croix ou un autre symbole et toute la région laissée en blanc, signifiant ainsi qu'elle est presque entièrement couverte de drift. Pour la région des Cordillères surtout, on n'indique d'habitude comme drift que les gros dépôts situés dans les fonds les plus en relief des vallées, sur lesquels il est souvent difficile et même impossible d'émettre une opinion quant à la nature du sous-sol. Sur ces cartes les dépôts de drift sont généralement représentés par une couleur particulière comme pour les autres renseignements géologiques. Ailleurs dans ces régions, les dépôts superficiels semblent n'être pas suffisamment épais pour entraver la prospection, et, sauf dans quelques cas, ils ne sont même pas indiqués en pointillé. Les gisements peuvent être nombreux, mais les rapports géologiques si compliqués qu'ils constituent un plus grand embarras pour le cartographe qu'une région recouverte d'une épaisse couche de drift mais reposant sur des structures si simples qu'il suffit de quelques affleurements pour leur donner une interprétation. Ainsi, quelques pointements de roche dans les Grandes Plaines du Canada renseigneront mieux qu'une foule d'affleurements dans une région de même étendue des Cordillères à l'ouest.

Enfin, l'échelle de la carte est d'une grande portée sur le caractère des travaux sur le terrain et sur la nature des renseignements que la carte est supposée donner. Sous un autre aspect, l'échelle de la carte d'une

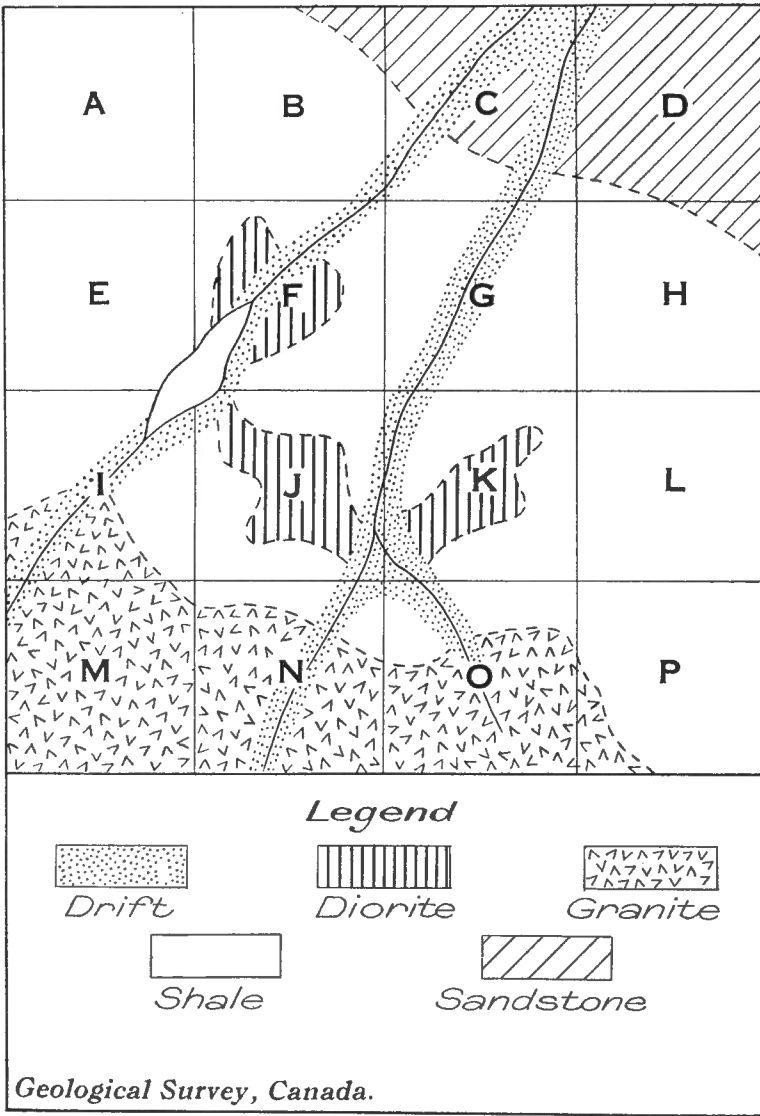


Figure 25.

région donnée détermine le nombre de renseignements que celle-ci peut contenir. Là où la géologie est relativement simple, une carte à petite échelle peut représenter tous les renseignements requis tout aussi bien qu'une autre à plus grande échelle. Quand il est essentiel de reproduire les détails, on réussit toujours mieux avec une carte à grande échelle, et toute tentative de réduire cette échelle entraîne nécessairement l'omission de plus ou moins de détails, par conséquent aussi de renseignements qu'elle pourrait donner. Quand il est nécessaire d'explorer un grand territoire dans un temps limité, on ne peut étudier que les rapports géologiques généraux, et logiquement, ce sont les seuls qui apparaissent sur la carte. On peut référer à cette carte comme carte explicative ou de reconnaissance, mais on ne peut s'attendre d'y trouver des renseignements détaillés sur telle partie du territoire d'un intérêt particulier pour certaines gens ou dont l'importance sera plus tard reconnue. Seules les cartes à grande échelle de ces régions peuvent fournir ces renseignements. Une grande partie du sud-ouest de la Colombie britannique fut ainsi cartographiée il y a plusieurs années en une série de cartes de reconnaissance à l'échelle de 8 milles au pouce. Ces cartes, tracées par le Dr G.-M. Dawson, donnent une idée générale des régions parcourues et couvrent plusieurs mille milles carrés. Depuis lors plusieurs petites régions d'une étendue de quelques cents milles carrés ont été étudiées dans cette partie de la province, et comme résultat, les cartes de ces régions peu étendues sont publiées à une échelle beaucoup plus petite de façon à fournir les données supplémentaires que cette étude détaillée a permis de recueillir. Un cas typique de pénurie de détails est la carte de Hedley (C.B.); cette région n'ayant que 16 milles carrés, fut publiée à l'échelle de 1,000 pieds au pouce. Il est souvent nécessaire de dresser des cartes encore plus grandes afin de représenter les structures géologiques de telle propriété minière où les détails sont essentiels. Ces cartes sont ordinairement publiées à l'échelle de quelques pieds au pouce.

Très souvent le caractère d'une carte ou d'un rapport géologique est dicté par la considération qu'il faut accorder à tel problème spécial auquel se subordonnent tous les autres éléments. Ce peut être par exemple une carte n'embrassant qu'une certaine formation où on a découvert des couches de houille et qu'en comparaison de cette formation toutes les autres dans le voisinage sont considérées comme secondaires. Cette carte ne représentera donc que l'étendue et la nature de la formation carbonifère et ne saurait être considérée comme une représentation précise de toute la région.

Il est donc nécessaire de bien comprendre les limites de la carte et dans le cas de quelques inexactitudes apparentes, de ne pas perdre confiance. Il est rare que les roches d'une région, de toutes grosseurs, soient partout exposées et que tous les gisements soient examinés. Généralement une partie considérable de la région étudiée est recouverte de drift, de forêts, de lacs, marais, cours d'eau, et même dans certaines petites régions, obscurcie par des bâtisses, des haldes de mines, etc. Il s'ensuit que malgré tout le soin apporté à l'exploration d'une région les seuls endroits où l'on puisse obtenir des données précises sont ceux où les roches ont

été examinées. La figure 25 donne une idée peut-être un peu exagérée des omissions qui ont pu être commises, dans une région systématiquement explorée.

Dans ce schéma toute la zone, entre le grès et le granite, pourrait être portée sur la carte comme du schiste, car aucun des cheminements n'a révélé d'affleurements de l'amas relativement gros de diorite, qui s'y trouve. Si toutefois une partie quelconque de F.J. ou K, était choisie pour une étude plus détaillée, la présence de cette diorite serait alors mise en évidence et sa découverte ne jetterait aucun discrédit sur la carte originale ou sur le travail du premier explorateur.

COMMENT SE SERVIR DES CARTES ET DES RAPPORTS GÉOLOGIQUES

Si l'on veut que les cartes géologiques soient pratiques pour le prospecteur, il doit pouvoir s'en servir sur le terrain. Il doit être capable de trouver sa position par rapport aux autres traits topographiques. Il peut très souvent l'établir par un examen des environs. Des confluent, méandres à formes bizarres, îles, escarpements, bâtiments, ponts ou d'autres traits apparaissant sur la carte et faciles à retrouver sur le terrain, peuvent lui servir de guide pour déterminer sa position. Mais dans le cas où ces traits n'existent pas, le prospecteur doit avoir recours à d'autres moyens. Dans les districts montagneux ou dans les régions à relief accentué les cartes de base indiquent ordinairement les courbes de niveau. Ces lignes représentent des recouvrements imaginaires des plans horizontaux, la surface de la région étant à intervalles réguliers au-dessus d'un plan de comparaison ou plan zéro, constitué d'ordinaire par le niveau moyen de la mer. L'équidistance, ou la distance entre chaque niveau, varie avec les différentes cartes et dépend en partie du relief de la région étudiée et en partie aussi de l'échelle à laquelle cette région a été portée sur la carte. Ainsi une grande carte de détail montrant tous les traits superficiels d'une certaine propriété minière indique les courbes de niveau pour chaque dénivellation de 10 pieds, tandis que pour des régions cartographiées à une petite échelle et représentant plusieurs centaines, voire même plusieurs mille pieds carrés, l'équidistance est parfois de 500 pieds ou plus. L'étude d'une carte à courbes de niveau donnera au prospecteur une excellente idée de la configuration de la région qu'il va explorer et lui sera très utile au cours de cette exploration pour trouver sa position. Très souvent et surtout lorsque sa vue est obstruée par la forêt, le brouillard ou la fumée, il peut trouver assez exactement le point qu'il occupe, simplement par l'observation des pics environnants, monticules, escarpements élevés, intersections de vallées, bâtiments, chantiers de mines, etc., par rapport à sa position. Lorsqu'il ne peut se baser sur ces points de repère ou qu'il désire des renseignements plus précis ou confirmatoires, il peut se servir du baromètre, pour déterminer l'altitude et d'un type quelconque de boussole pour la direction des caractères topographiques ou cultureux reconnaissables, inscrits sur sa carte. Lorsque la carte ne donne pas les

courbes de niveau le prospecteur peut établir sa position par rapport aux traits hydrographiques ou de tectoniques indiqués sur la carte, par l'examen, ou en mesurant les distances ou en prenant des visées vers des points de ce genre facilement reconnaissables. Ceci est rarement nécessaire, mais peut être utile pour inscrire sur la carte la position exacte d'une découverte minérale.

En cherchant ou en suivant à la trace un contact, le prospecteur doit se souvenir d'abord que ce contact n'est pas partout à jour, et que sauf à certains points connus où il a été exactement localisé, sa position sur la carte sera plus ou moins précise selon sa régularité et la distance entre chacun des points où il a été observé. Le prospecteur peut donc passer outre sur ce contact sans le remarquer ou le rencontrer à un endroit un peu différent de celui auquel il est indiqué sur la carte. La carte donne très souvent à quel degré de précision le contact a été localisé, par divers genres de lignes expliqués dans la légende. Ordinairement, là où le contact est à découvert, et par conséquent indiqué avec précision, sa position est exprimée par une ligne pleine. Lorsque sa position est connue dans des limites assez approximatives, elle est parfois indiquée par une série de traits. Enfin, lorsque la direction du contact est simplement supposée, elle peut être inscrite en pointillé.

En recevant une carte ou un rapport, le prospecteur le consulte dans l'espoir d'y trouver des renseignements qui l'éclaireront sur telle partie ou parties où il y a probabilité de découvrir des minéraux de valeur. Il est peut-être déjà au courant que des gisements offrant certaines perspectives ont été découverts dans une certaine formation ou en direction d'un contact de deux formations, et il est anxieux de connaître l'étendue de cette formation dans le région ou la direction du contact en question afin de pouvoir restreindre le champ de ses recherches. Toutefois, lorsque la région lui est entièrement inconnue le rapport qui accompagne la carte lui indiquera comment s'y rendre, quels sont les gîtes miniers découverts, dans quelles formations et dans quelles conditions ils se présentent, et probablement aussi, quelles sont les possibilités de cette région. S'il est alors suffisamment intéressé pour visiter la contrée, la carte lui servira de guide dans les parties qu'il désire explorer.

L'importance d'une carte ou d'un rapport géologique pour le prospecteur varie avec le nombre de considérations personnelles et le but des recherches qu'il se propose d'entreprendre. Il peut arriver qu'il ne puisse se permettre la dépense d'une visite à la région concernée, ou celle-ci peut être si éloignée qu'elle n'offre qu'une faible perspective de profits immédiats par le développement des gîtes miniers. Un contraste un peu extrême peut être fourni par la découverte d'une couche de houille d'un côté, et d'un dépôt d'or alluvionnaire de l'autre. La couche carbonifère pourra être exceptionnellement considérable et d'excellente qualité, mais le coût du transport sera trop élevé pour permettre à l'exploitant de réaliser un profit. Mais dans le cas de l'or alluvionnaire, le prospecteur peut rapporter d'une seule excursion assez pour lui assurer une bonne rétribution. Les cartes géologiques limiteront également les régions valant la peine d'être étudiées. Le prospecteur réalisera la futilité de prospecter pour des gîtes filoniens

dans des étendues recouvertes de drift. Il ne cherchera pas non plus des couches de houille dans un massif de granite ou de roches intrusives, et au cours de ses fouilles pour les minéraux métallifères, il explorera vraisemblablement les contacts de ces roches intrusives et d'anciennes formations plutôt que de concentrer ses efforts sur les parties centrales ordinairement stériles de ces massifs granitiques. Certains types de gîtes minéraux sont habituellement associés à certaines variétés de roche: les minerais de nickel, par exemple, avec de la norite ou du gabbro, le platine et l'amiante avec des roches intrusives ultrabasiques, et l'étain avec du granite. Les cartes indiquent les localités où ces roches se présentent, le rapport qu'il lustre la carte, s'il y en a un, guidera le prospecteur dans ses recherches pour ces minéraux. Le rapport facilite ainsi l'examen d'une région, aide le prospecteur à mieux juger de la nature des gisements minéraux et lui permet de réaliser les possibilités de sa découverte d'après le caractère de l'affleurement et d'élaborer un plan plus adéquat de développement.

Un exemple où la carte géologique a donné de bons résultats en vue des gîtes métallifères est fourni à Sudbury, en Ontario, le centre des plus importantes mines de nickel de l'univers. Les minerais de cuivre et de nickel sont associés à une nappe intrusive en forme de cuvette connue sous le nom de "nickel éruptif". Cette nappe a 36 milles de longueur, 17 milles de largeur et une puissance de $1\frac{1}{4}$ mille. Sa composition varie de la surface en profondeur, les parties inférieures, les plus basiques, sont formées de gabbro hypersthénique ou "norite". Coleman¹ a découvert que les gîtes métallifères occupent, ou se présentent près de la bordure inférieure de la nappe, et cette constatation a servi de guide dans la recherche de ces gîtes. Un exemple frappant de cette découverte s'est produit en 1916 alors que la E.-T. Longyear Company, de Minneapolis, était à prospecter en sondant une partie du bord externe du nickel éruptif dans les cantons de Falconbridge et de Garson où le gravier et le sable qui recouvrent la roche atteignent jusqu'à 130 pieds d'épaisseur. Les trois premiers trous de forage établirent la position du contact et d'autres sondages le long de celui-ci révélèrent la présence de près de 2,000,000 de tonnes de minerai. Peu de cartes sont d'une aussi grande utilité dans ce sens que celle de la région de Sudbury; et toutes les cartes en somme sont aussi efficaces et à divers degrés.

OÙ ET COMMENT FAIRE LA DEMANDE DES CARTES GÉOLOGIQUES ET DES RAPPORTS

En demandant des renseignements sur des régions ou des territoires particuliers on conseille d'indiquer à quel usage ces informations doivent servir et de laisser à la discrétion de celui à qui demande est faite le choix des cartes et des rapports pouvant se rapporter à l'étude particulière projetée. Lorsque celui qui fait la demande mentionne telle carte ou tel rapport et ne laisse aucune latitude dans le choix, il se prive peut-être ainsi d'autres cartes ou rapports qu'il ne connaît pas et qui pourraient lui être plus utiles que ceux qu'il demande.

¹ Coleman (A.-P.): "L'industrie du nickel, particulièrement dans la région de Sudbury (Ontario)"; Div. des Mines, Min. des Mines, Ottawa, no 179.

La Commission géologique du Canada, une division du ministère fédéral des Mines, avec bureau chef à Ottawa, constitue une source importante de renseignements sur tous les sujets relatifs à la géologie et aux gîtes minéralisés du Canada. La Commission maintient aussi un bureau à Vancouver (C.B.), pour l'accommodation de gens de l'Ouest spécialement intéressés aux ressources minérales de cette province. La division des Mines, également du ministère des Mines, à Ottawa, est également en mesure de fournir de précieux renseignements concernant surtout la présence, le traitement, le marché et les usages des divers minéraux et substances minérales.

En marge du ministère fédéral des Mines, plusieurs services provinciaux et autres institutions publient des renseignements sur les ressources minérales de leurs provinces respectives. Parmi les plus importantes il convient de mentionner: le ministère des Mines, Halifax (N.-É.); le ministère des Terres et des Mines, Fredericton (N.-B.); le service des Mines, Québec (Qué.); le ministère des Mines d'Ontario, Toronto (Ont.); la division des Mines, Edmonton (Alberta) et le Conseil scientifique et des recherches, Edmonton (Alberta); la Commission du Développement industriel du Manitoba, Winnipeg (Man.); le Ministre du Travail et des Industries Regina (Sask.); et le Ministre des Mines, Victoria (C.B.).

RÈGLEMENTS MINIERS

(*W. Malcolm*)

Il n'existe pas de loi minière uniforme pour tout le Canada. On ne saurait trop insister sur ce point. Les lois et règlements miniers du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest relèvent du Gouvernement fédéral, tandis que les lois et règlements miniers des provinces relèvent des Gouvernements provinciaux. Inutile donc aux prospecteurs de demander les Règlements miniers du Dominion car aucun fascicule, si complet soit-il, ne contient tout ce que le prospecteur doit connaître. Il doit savoir où il entend prospecter et se familiariser avec les règlements miniers en vigueur dans cette province. Si ses opérations le portent aux confins d'une autre province il lui sera profitable d'en connaître les lois minières. Le rapport d'une découverte de minéraux peut l'entraîner sur de nouveaux terrains qui sont au delà des frontières de la province dans laquelle il travaille.

Les demandes de renseignements miniers doivent être adressées de la façon suivante:

- (1) Alberta: Ministère des Terres et des Mines, Edmonton (Alberta).
- (2) Colombie britannique: l'Imprimeur du Roi, Victoria (C.B.).
- (3) Manitoba: Division des Mines, Ministère des Mines et des Ressources naturelles, Winnipeg (Man.).
- (4) Nouveau-Brunswick: Ministère des Terres et des Mines, Fredericton (N.-B.).
- (5) Nouvelle-Ecosse: Ministère des Travaux publics et des Mines, Halifax (N.-É.).
- (6) Ontario: Ministère des Mines, Toronto (Ont.).
- (7) Québec: Service des Mines, Québec (P.Q.).

(8) Saskatchewan: Ministère des Ressources naturelles, Regina (Sask.).

(9) Yukon et Territoires du Nord-Ouest: Administration des Terres fédérales, Ministère de l'Intérieur, Ottawa.

On ne tentera pas ici de donner un résumé des lois, mais simplement quelques conseils quant aux sujets avec lesquels le prospecteur trouvera utile d'être familier. Parmi les points qu'il doit connaître sont les suivants:—

(1) L'utilité d'avoir par écrit les accords avec les commettants et les associés.

(2) Quels sont les terrains pouvant être occupés pour la prospection. Les droits miniers sur les terres publiques sont versés à la Couronne; les droits miniers sur les terres passées à des intérêts particuliers peuvent demeurer sous la régie du fédéral ou avoir passé, en tout ou en partie, sous le contrôle de ceux qui ont acquis les droits de surface; certains droits peuvent être accordés pour la prospection d'étendues limitées; les intérêts du détenteur des droits de surface sont intangibles; des règlements spéciaux peuvent s'appliquer aux réserves forestières, parcs nationaux, terres indiennes, ou aux terres détenues sous permis d'exploitation forestière.

(3) Quand est-il nécessaire, lors du paiement d'un droit, de se procurer un certificat ou un permis pour prospecter et à qui s'adresser.

(4) Restrictions quant à l'âge et la nationalité.

(5) Le nombre de claims pouvant être jalonnés sous l'autorité d'un seul permis; le nombre de claims que le prospecteur peut piquer par procuration pour d'autres détenteurs d'un permis.

(6) L'étendue et la forme du claim: (a) en terrain arpenté, (b) en territoire non-arpenté. Elles peuvent varier avec les différentes provinces et la nature du minéral découvert.

(7) La façon de marquer le claim de manière à pouvoir le repérer sur le terrain. Il est nécessaire parfois de planter un piquet sur la découverte minière et des bornes portant certaines inscriptions à chaque coin de la concession.

(8) Où et comment enregistrer un claim; la période permise entre le jalonnement et l'enregistrement; l'amende pour jalonner sans s'être enregistré.

(9) Comment abandonner un claim.

(10) Conditions dans lesquelles un prospecteur peut continuer à détenir un claim. Les règlements exigent quelquefois qu'une certaine quantité de travaux soient effectués chaque année, ou un loyer peut être exigé.

(11) Les droits d'usufruit des bois et des forces hydrauliques sur la concession.

(12) Tous les privilèges spéciaux, tels que essais gratuits ou concessions exemptes de charges lorsque les découvertes sont faites dans des localités où l'existence de minéraux étaient jusqu'alors inconnue.

(13) Règlements de transport, emmagasinage et emploi des explosifs.

(14) Lorsque dans l'incertitude, consulter le ministère chargé de la mise à exécution des règlements miniers ou l'agent des mines (*recorder*) de l'endroit.

INDEX

	PAGES		PAGES
Abitibi (district, Québec).....	90	Baffin (île de)	86, 184, 185
Acadie (région de l').....	186	Balance de torsion	228-230
Accords des prospecteurs.....	306	Balance magnétométrique	209
Accords financiers	255	Banff (Alberta)	144
Actinium.....	236, 237	Banff (coupe)	149
Adresses	293, 305	Baromètre anéroïde	283
Afrique <i>Voir</i> Sud-africain		Barytine	5, 38
Aéroplane	247	Basiques (roches)	102
Agassiz (lac)	52, 55	Dépôts associés aux	91-100
Agate	105	Baie d'Hudson: basses terres.....	184, 185
Agate mousseuse	105	chemin de fer.....	59
Âge des minéraux (comment le cal- culer)	237	Batée (procédé à la).....	69
Aigue-marine	105	Batholithes	20, 26, 47-49, 93
Alaska	45	Erosion (diagramme de l').....	177
Alaskite	45	<i>Voir aussi</i> Coast-Range (batholi- the)	
Alberta	148, 194	Bathurst (N.-B.).....	191
Albertite	136	Bauxite	33, 58, 162
Alcock (F.-G.): Géologie du Canada	171-201	Beauceville (district, Québec)	59
Alexandrite	105	Belcher (îles)	154
Algonquin (lac glaciaire)	52	Bell (W.-A.): Dépôts salins.....	137-143
Alidade	282	Bentonite	163
Allanite	241	Béryl	105
Allure	24	Birch (collines)	51
Alluvionnaires (dépôts), <i>Voir</i> Placers		Bitumineux (sables)	194
Aluminium	185	Bitumineux (schistes): G.-S. Hume	135-137
Amas	20, 26	Black (baie)	153
Amazonite	105	Black-Donald (mine)	85
Améthyste	105	Blanches (Montagnes)	186
Amiante	26, 99, 190	Bois pétrifié	80
Amisk (série)	180	Boischatel (canton)	44
Ammonium (sulfate)	138	Boîtes de selles ou paniers	249, 250
Amygdales	20	Bonnechère (vallée de)	182
Analyse des roches	95	Borax	138
Moyenne	31	Bornite	90
Anhydride	36, 139, 147	Bort	106
Animikie (formation)	154, 176, 178	Bouclier canadien	
Annabergite	61	Description; géologie	171-185
Anorthosites	92, 93, 95	Gîtes de contact	85
Anthracite	120	Minéral de fer	150, 153
Anticlinal	25, 72, 129	Moyens de transport	246
Diagramme	130	Pegmatites	87
Apatites	5, 85, 89	Ressources minérales	176
Apalaches (région des)	187	Boussole	
Arctique (région)	180, 184	à cadran	205
Ardoises	15, 22	d'inclinaison	96, 206, 226
A toiture	164	Bow (rivière)	149
Argent	VII, 99, 179, 180, 201	Brèches	14
Argile	33	Britannia (mine, C.-B.).....	81, 82
Par W.-A. Johnston.....	158-163	Brûlot.....	251
Argile à blocaux	53	Brunton (théodolite-boussole)	278, 279
Arkose	14	Buckingham (Québec)	89
Arpentage: G. Hanson.....	256-276	Buckingham (série de)	179
Instruments: J.-R. Marshall.....	276-285	Burmis (Alberta)	153
Souterrain	271, 272	Bylot (île)	185
Askania-Werke Company	209, 229	Cairnes (C.-E.): Cartes et rapports géologiques.....	294, 305
Atikokan (zone ferrifère).....	155	Matériel de prospection.....	244, 255
Aurifère (série)	188	Cairngorm.....	105
Aventurine	105	Cailloux.....	54, 58, 62
Azurite	105	<i>Voir aussi</i> "Guidons"	

	PAGES		PAGES
Calabogie (Ontario)	85	Colonnes de richesse	76, 77
Calcaire bariolé	146	Columbates	241
Remplacement dans	82, 85	Commission géologique	305
Calcaires (dépôts de)	143	Concordance	29
Calcaires	15, 33, 34	Conglomérats	14
Par E.-M. Kindle	143, 149	Congo belge	240
Calcédoine	46	Contact (métamorphisme de)	46, 83, 200
Calcium (sulfate de)	36	Par M.-E. Wilson	83-86
<i>Voir aussi</i> Anhydrite		Minéraux caractéristiques du	84, 85
Gypse		Cooke (H.-C.): Origine des gîtes mi-	
Calendrier géologique	28, 29	néraux	30-49
Cambrien	183, 189, 192, 201	Coppermine-River (région)	176, 180
Camée	105	Coquina	144
Camera	284	Cordillères (région des)	51, 57, 86, 101
Canots	245, 250	Description: géologie	195-200, 248
Cantons de l'Est (Québec)	44, 99, 190	Cornaline	106
Cap-Breton (île)	188, 191	Corindon	90, 108
Carat (poids)	103	Couchiching (série)	175, 179
Carbonique (gaz)	143	Couleur dans les minéraux	7
Carbonado	106	Cours d'eau	33, 35
Carbonates	4	Erosion par les	66
Carbonifère	190, 192, 195	Cowichan (lac, C.-B.)	157
Carleton-Place (Ontario)	183	Craie	34
Carnotite	250	Cran de Fer (Québec)	150
Carrières	170	Croissant (fractures en)	63
Carrot (rivière, Saskatchewan)	137	Cristallisation	42-45, 93
Cartes	244, 256	Cryolite	185
géologiques: C.-E. Carines	294-305	Cuivre	178, 179, 180, 191, 201
Cartographie <i>Voir</i> Levé		Cuivre natif	47, 176, 185, 192
Cassitérite	47, 90	Culots	20
Cassures, <i>Voir</i> Fractures		Cutler (Ontario)	73
Caustique (soude)	143	Cypress (collines)	51, 193
Cedar (creek)	59	DeCew (calcaire)	146
Cémentation	22, 37	Dépouillement	286-288
Chalcopyrite	97	Développement des propriétés: E.-R.	
Chaleur (baie de)	189	Faribault et J.-F. Walker	285-305
ChAMPLAIN (faille)	86	Dévonien	183, 189, 192, 195
Chapeau de fer	39, 60, 61	Diabase	20, 99
Chatham (canton)	144	Analyse	95
Chaudière (district de la rivière)	191	Diacbase	72
"Chaux hydraulique"	146	Diamants	34, 63, 106
Chester (N.-E.)	187	Diatomées (terre à)	34, 162
Chevaux de bat	245	Différenciation	16, 42-46, 93, 94, 150
Chiens (attelage de)	247	Diorite	18, 92
Chromite	44, 46, 96, 190	Discordance	29
Chrysobéryll	106	Distances (calcul des)	264
Chrysocolle	106	Dolly-Varden (mine)	59
Chrysoprase	106	Dolmage (Victor): gîtes de rempla-	
Ciment de Portland	159	cement	79-83
Ciment naturel	163	Dolomies	15, 34, 86, 146
Claims (jalonnage des)	306	Don (vallée de)	52
Clinton (formation)	154	Drift glaciaire	53
Clivage	6	Droits miniers	305
Côtière (Chaîne)	64, 196, 198	Drumlins	63
Coast-Range (batholithe)	84, 198, 201	Drum Lummon (mine, C.-B.)	90
Cobalt	99	Dublin (ravins)	69
Cobalt (Ontario)	61, 79, 99	Duluth (gabbro)	176
Cobalt (série)	178	Dunite	93
Cobequid (collines)	191	Dykes	94
Cockfield (W.-E.): Erosion	65-70	Eau magmatique; météorique	31, 44, 71
Coleman (A.-P.)	304	<i>Voir aussi</i> Solutions	
Collingwood (Ontario)	137	Eau d'infiltration	39, 59, 72
Collins (W.-H.): Préface	vii-ix	Eau de mer (sel dans l')	35
Colombie britannique	79, 142, 149, 239	Echantillonnage	83, 124, 289, 290
<i>Voir aussi</i> Cordillères (région)		Echelles	284
Glaciation	52		
Phosphates	149		
Transport	249		

	PAGES		PAGES
Eclat	7	Frood-Extension (mine)	viii
"Efflorescence de phosphate"	48	Fundy (baie de)	188, 190
Effort	22	Gabbro	19, 92
Effusives (roches)	20	Analyse	95
Electrique (prospection), voir Prospection électrique		Galène	39
Electron (définition)	233	Galetta	39, 183
Electroscope	242	Gangue	30, 76
Éléments chimiques de la roche	17	Garson (canton)	304
Elk (lac)	ix	Gaz naturel	183, 190, 194
Elk (vallée de la rivière)	149	Par G.-S. Hume	127-135
Ellesmere (île d')	184	Gaspé (péninsule de)	70, 136, 186, 189, 190, 191
Ellsworth (H.-V.): Radioactivité	232-243	Gelée: effet érosif de la	65
Emeraude	106	permanente	59
Emmons (W.-H.)	41	Géologie et minéralogie:	
Enrichissement secondaire des gîtes	39, 58	F.-J. Alcock	171-201
Eötövs (balance de torsion)	229	G.-A. Young	1-29
Équipement	249, 250	Géologique (calendrier)	28, 29
Eres	28	Gibier	248
Erosion	9, 33, 47, 48, 56, 57	"Glace sèche"	143
Par W.-E. Cockfield	65-70	Glaciation	115
<i>Voir aussi</i> Glaciation		Par W. A. Johnston	49-64
Erratiques (blocs)	54	Glaciers	49, 52, 57, 113
Erythrite	61	Gneiss	14
Escarboucle	107	Gouffres	72
Eskers	55, 63, 114	Goodwin (W.-L.)	ix
Essais		Gowganda	ix
Acide phosphorique	149	Grands lacs (région)	48, 52, 56
Minéraux radioactifs	242	Grand-Ours (rivière du)	147
Terrains alluvionnaires	117	Grandes Plaines (région des)	
Estimation de la valeur d'une propriété	291	Calcaire	145
Eustis (mine)	191	Description: géologie	24, 192, 195
Euxénite	241	Erosion éolienne	67
Eve (Prof.)	218	Glaciation	50, 54, 57, 59
Expéditions	246	Lacs salins	37, 142
		Perspectives pétrolières	134
Falcon (lac, Manitoba)	89-91	Granite	18, 86, 238
Falconbridge (canton, Ontario)	304	Analyse	95
Faribault (E.-R.): Développement des propriétés	285-294	Graniteville (Québec)	165
Faïlles	25, 71, 131	Graphite	86
Feldspath	17, 89	Graviers aurifères	57, 191
Feldspathoïdes	17	Gravitation	67, 69, 228
Fer	vii, 35, 179, 191	Grauwacke	14
Par T.-L. Tanton	150-156	Great-Dismal (marais)	117
"Fer (chapeau)" voir Chapeau de fer		Grenat	107
Fer (formation de)	154, 155	Grenville (Québec)	85, 238
Fer (minéral de, des marais)	153	Grenville (série)	175, 179, 239
Fergusonite	241	Grès	14
Fertilisants	148, 149	Groënland	185
Field (C.-B.)	198	Guano	41
Filons (définition)	75	"Guidons" minéraux	62-64, 68, 69
Filons-couches	20, 26, 94	Gypse	5, 36, 139-142, 147, 182, 192
Fissures	38, 71	Haanel (A.)	209
Flathead (vallée, C.-B.): perspectives pétrolières	134	Halite	138
Flinflon (lac)	59	Halogènes	4
Fortymile-Creek (district)	45	Hanson (G.): Arpentage pratique	256-275
Fossiles	26-29	Harvey-Hill (mine)	191
Fractures (zones de): définition	6, 76	Hastings (calcaire)	151, 179
Franklin (C. B.)	85	Hatchettolite	241
Franklin's Snug (havre)	184	Hedley (C.-B.)	85
Fraser (fleuve)	66	Helen (mine de fer)	152, 160
Frontenac (mine)	39	Héliotrope, <i>Voir</i> Jaspe sanguin	
		Hélium	233
		Hématite	150, 152, 154

	PAGES		PAGES
Horne (mine)	viii	Kicking-Horse (mine, C.-B.)	199
Houille	1, 185, 194, 200	Killarney (granite)	175
Par B.-R. Mackay	117-128	Kimberley (Sud-africain)	106
Classification	119	Kimberlite	106
Distribution	121	Kindle (E.-M.): Calcaires	143-149
Formation	40, 41	Kingston (Ontario)	89, 144
Hudson (baie)	59, 154, 185	Kisseynew (série)	180
Hudson (baie), <i>Voir</i> Baie d'Hudson		Klondike	51, 69, 111
Hudson (détroit)	86, 185	Klondike (rivière)	56
Huile (suintements d')	132	Knowlton (Ontario)	154
Hume (G.-S.): Gaz naturel et pé-		Kunsite	107
trole	127-135	Labrador	248
Gravitation	228-251	Labrador (nappe de glace)	50, 52
Ondes sismiques	231-232	Labrador (pierres précieuses)	107
Schistes bitumineux	135-137	Laccolithes	20, 94, 176
Huntington (mine)	191	Lacs	61
Huron (lac)	59	Glaciaires	52
Huronien	176	Lacustres (dépôts)	53, 58, 60
Ice-River (district)	85	Laminage (zone de)	25, 76
Idocrase	110	Lancaster (détroit)	185
Ignées (roches)	11, 12, 16, 20, 29, 92	Lapis lazuli	107
Analyse moyenne	31	Laramide (révolution orogénique)	198
Matériaux de construction	168	Larder-Lake (district aurifère de) ..	74
Ile-du-Prince-Edouard	187, 189	Laurentide (nappe de glace)	50
Îles de la Madeleine	189	Lave (épanchements)	20, 25, 42, 176
Ilménite	94, 95, 150	Lentille (filon): définition	75
Inducteur de magnétisme terrestre ..	210	Diagramme	131
Insecticides	251	Levés	256-276
Instruments d'arpentage: J.-R. Mar-		Lévis (formation)	189
shall	276-285	Licence	306
Intempérisme	20, 32, 33, 58, 61, 65	Lignite, <i>voir</i> Houille	
Minerais de fer formés par suite		Limon glaciaire, <i>voir</i> Argile à blo-	
de l'	152	caux	
Interglaciaires (dépôts)	52	Limonte	60, 150, 153
Intrusives (roches), 20, 26, 29, 83, 88, 199, 201		Lithium	90, 179
<i>Voir aussi</i> Batholithes		Lockport (dolomie)	146
Ionium	236	Longyear Company (E.-J.)	304
Isotopes	237	MacKay (B.-R.):	
Jade	107	Houille	117-127
Jalonnage des claims	306	Mackenzie (basses terres du)	193
James (W.-F.): Filons	71-79	Perspectives pétrolières	134
Matériel de prospection	244-255	Mackenzie (monts)	196, 198
James (bassin de la baie)	53, 60, 142	Madeleine (îles de la)	189
Roches et Minéraux	178, 179	Madoc (Ontario)	86, 152
Jaspe	107	Magma	16, 42-49, 150
Jaspe sanguin	107	Magnésiens (calcaires)	146
Joggins (N.-E.)	190	<i>Voir aussi</i> Dolomie	
Johnston (W.-A.): Argiles et sables ..	158-163	Magnésite	38, 85
Glaciation	49-64	Magnétique (prospection), <i>voir</i> Pros-	
Placers	111-117	pection magnétique	
Jurassique	201	Magnétiques (sables)	153
Juvénilles (eaux), <i>voir</i> Eau magmati-		Magnétisme	202
que		Magnétite	44, 85, 96, 150, 191, 200
Kames	55, 114	Magnétomètre	208, 226
Kaministikwiene (série)	179	Photo	208
Kaolin	160	Maguaska (Québec)	189
Kater (pointe)	184	Malachite	107
Keewatin (nappe de glace du)	50, 52	Malagash (N.-E.)	142
Keewatin (série)	152, 175, 179	Malcolm (W.): Règlements mi-	
Keno-Hill (district)	70	niers	305-306
Kerr (F.-A.): Matériaux de construc-		Mamaine (Ontario)	240
tion	163-170	Manganèse	94
Kettle (pointe, Ontario)	137	Par T.-L. Tanton	156-157
Keeweenaw (pointe, Mich.)	176	Manitoba	52, 55, 90, 142, 193, 194
Keeweenawienne (série)	176	Roches: minéraux	180

	PAGES		PAGES
Marbre	144	New-Ross (N.-E.)	90
Marines (invasions)	53	Newton (loi de)	228
Maritimes (provinces)	244	Niagara (gorge)	49, 53
Perspectives pétrolières	134	"Nickel éruptif"	304
Marne	144, 163	Nictaux-Torbrook (district, N.-E.) ..	191
Marques de broutage (stries glaciai- res)	62	Nipissing (lac glaciaire)	53
Marshall (J.-R.):		Niveaux	280-281
Instruments d'arpentage	276-285	Norite	92, 97
Matachewan (Ontario)	45	Analyse	95
Matériaux de construction, article par F. Kerr	163-170	Nord vrai (comment trouver le)	263, 264
Matériel de prospection: C.-E. Cairnes et W.-F. James	244-255	North-Devon (île)	184
Mawdsley (J.-B.): Prospection élec- trique	202-227	North-Thompson (vallée)	199
Roches	91-100	Notre-Dame (monts)	186
Melrose (mont)	148	Nourriture	254
Mercuré	198, 200	Nouveau-Brunswick	136, 186, 188, 189
Mésothorium	235, 236, 238	Nouvelle-Ecosse	188, 189
Mésozoïque	198	Houillère n° 5 (Cap-Breton)	126
Mesures à ruban	283	Nunataks	51
Métamorphisme	11, 14, 21-23, 169	Oeil-de-Chat	108
Métasomatisme, voir Remplacement		Ogilvie (monts)	198
Meules abrasives	167	O'Hara (lac)	196
Meules à défilibrer	167	Olivine	108
Mica ambré	85, 89	Ombres (comment trouver le nord au moyen des)	263
Michipicoten (district)	61, 152	Ontario	142
Miller (W.-G.)	ix	Roches et minéraux	178, 179
Minaki (Ontario)	89	Opale	46, 108
Minéral: définition	30, 78	Opérations sur le terrain	244-306
Minéral (gîtes): phénomènes physi- ques	202	Optiques (propriétés, des minéraux) ..	7
Minéraux		Or, 111, 178, 179, 180, 185, 188, 191, 200, 201	
Poids et volumes	291	Alluvionnaire, voir Placers	
Propriétés; composition	1-3, 6	Ordovicien	183, 189, 192, 195
Radioactifs	90, 241-243	Orogénie	24, 47-49, 198
Rares	100, 101	Outils	293
Minéraux flottants, voir Guidons		Oxydation	60
Minéraux (gîtes)		Oxydes	4
Effets de la glaciation sur	58	Paix (rivière la)	149
Origine des, par H.-C. Cooke	30-49	Paléozoïque	188
Roches associées aux	178-180	Parry (île)	184
Traçage des, au moyens des "gui- dons"	62, 68, 69, 70	Parry-Sound (Ontario)	90
Minéralogie: G.-A. Young	1-23	Pasquia (collines, Sask.)	137
Mines (division des)	305	Patricia (district, Ontario)	50
Miniers (droits)	305	Peace (rivière) Voir Paix (rivière la)	
Minnesota	156	Pechblende	240-241
Mirabilite	137	Pegmatite	19, 45, 47, 85, 101
Molybdénite	47, 85	Dépôts minéraux, article par J.-F. Wright	87-91
Monarch (mine, C.-B.)	198	Distribution	88
Monazite	241	Minéraux radioactifs	239
Monoclinale (diagramme)	131	Pendage (définition)	24
Montérégiennes (collines)	181	Peninsula (havre)	153
Montre (comment trouver le nord à l'aide d'une)	263	Peninsula (pointe, N.-E.)	187
Monzonite	18	Pennsylvanie	201
Moose (rivière, Ontario)	59, 142, 147	Péridot	108
Moose-Mountain (mine)	155	Péridotite	95, 96, 190
Moraines	54, 63, 113	Périodes	28
		Pétrifié (bois)	80
		Pétrole	viii, 183, 192, 194
		Par G.-S. Hume	127-135
		Origine: découverte	41
		Prospection	230-232
Nappe (zone en): définition	76	Phalen (couche de houille, Cap-Bre- ton)	126
Natron	138	Phlogopite	85, 89
Néhana (monts)	230		
Néphrite, voir Jade			

	PAGES		PAGES
Phœnix (C.-B.)	84	Pegmatites	87, 89, 90, 91
Phosphate	41, 147	Pétrole et gaz	131, 132
Phosphorite	147, 148	Pierres précieuses	100
Phosphore, admissible dans la fonte	156	Placers aurifères	114, 116
Photographies (valeur des)	284, 285	Position (comment localiser une)	263
Physiographiques (Provinces)	171	Potasse	140
Pictou (comté, N.-E.)	136	Règlements miniers	305-306
Pierre de lune	108	Zones de contact	83
Pierre de soleil	108	Prospection électrique	96
"Pierres branlantes"	54	Par J.-B. Mawdsley	202-227
Pierres de construction	166	Coût	226
Pierres précieuses et minéraux rares:		Prospection magnétique: T.-L. Tan-	
E. Poitevin	100-110	ton	202-227
Placers	34, 58, 69, 191	Coût	226
Par W.-A. Johnston	111-117	Provisions	254
Fer	153	Psilométhane	156
Plages	69	Purcell (série)	201
<i>Plagioglypta canna</i>	149	Pyrite	2, 39, 40, 46
Planchette	282, 283	Pyrobitumes	135
Platine	98	Pyrolosite	156
Pléistocène	49, 176	Pyroxénite (analyse)	95
<i>Voir aussi</i> Glaciation		Pyrrhotine	46, 78, 97
Pliocène	200		
Plissements	25	Quartz	17, 82, 89, 108
Plomb	39, 42, 179, 180, 201, 237	Filons (photo)	73
Pluie (effets érosifs de la)	65	Quartzites	15
Plutoniques (roches)	12, 20	Québec	59, 60, 191, 239
Poêles	251	Roches; minéraux	179
Poids spécifique	6		
Poitevin (E.): Pierres précieuses et		Radioactivité: H.-V. Ellsworth	232-243
minéraux rares	100	Radioscope	242
Pontiac (série)	175	Radium	234-238
Porcupine (Ontario)	79	Rapides	65
Portland (canal, C.-B.)	197	Rapporteur	284
Position (comment localiser une)	263	Rapports géologiques: C.-E. Cairnes	294-305
Potassium	235	Ration (liste)	254
Potassium (sels)	139	Rayons (types de)	233, 235
Potentiomètre	213	Récents (dépôts)	55
Précambrienne (ère)	27, 28, 174	Reconnaissance dans les régions non-	
Précambriennes (roches)		cartographiées	265
Age des	238	Règles d'arpentage	284
Cordillères (région des)	200	Règlements miniers: W. Malcolm	305-306
Formations ferrifères	154, 155	Renseignements (sources de)	293, 304,
Nouvelle-Ecosse	188, 191	305, 306	
<i>Voir aussi</i> Bouclier canadien		Remplacement (définition)	82
Premier (mine, C.-B.)	59, 81	Remplacement (dépôts)	30, 73-75, 201
Premiers soins	253	Par V. Dolmage	79-83
Prince-Edouard (île) <i>Voir</i> Ile-du-		Résiduels (dépôts)	32, 39, 42, 59
Prince-Edouard		Minerai de fer	152
Prince-William (N.-B.)	191	Rhodonite	108, 157
Propriétés (développement des):		Richmond (golfe)	154
E.-R. Faribault et J.-F.		Rivière la Paix	149
Walker	285-294	Rivières	57
Prospecteurs (conseils aux)		Roches (description)	18-23
Accords financiers	255, 306	Minéraux associés	46
Calcaires	145	Poids et volumes	291
Cartes et rapports géologiques	302	<i>Voir aussi</i> Géologie	
Cartographie, levé	256, 265	"Roche puante"	144
Chapeau de fer	83	Rochesuses (montagnes)	51, 64, 195, 198
Dépôts salins	137, 138	Rochesuses (montagnes, quartzite des)	149
Fer	151, 152, 155, 157	Rochesuses (montagnes, tranchée des)	195
"Guidons" (traçage des)	62, 68	Rosland (C.-B.)	79
Houille	123	Rouyn (district)	ix
Matériaux de construction	168	Rubellite	108
Matériel de prospection	244-245	Rubidium	235
Nourriture	254	Rubis	34, 108
Or, alluvionnaire	114, 116		

	PAGES		PAGES
Sables: W.-A. Johnston	158-163	Steepprock (série)	179
A verre	33, 162	Stellarite	136
Bitumineux	194	Stibine	101
De moulage	161	Stockwerk (définition)	75
Saint-Charles (mine)	150	Stratigraphie	26-29
Saint-Laurent (basses terres du)	10, 153, 154, 181-183, 246	Stries glaciaires	62
Salins (dépôts)	35, 36	Strontium (sels)	38
Par W.-A. Bell	137-143	Structure géologique	23-26
Samarskite	241	Sud-africain: diamants	106
Saphir	33, 108	Sudbury (Ontario)	44, 61, 97, 304
Saskatchewan	51, 194	Suintements d'huile (identification	des)
Roches; minéraux	180	Sulfure (dépôts)	4, 79, 81
Saut de mouton (méthode du)	218	Sullivan (minerai)	80, 82
Scheelite	69, 78	Sulfosels	4
Schistes	14, 15, 22, 161	Sunloch (mine)	198
Schistes (complexe de)	178	Supérieur (lac)	153, 176
Schistes bitumineux, voir Bitumi-		Sutton (lac)	154
neux (schistes)		Sutton (mont)	186
Schistes pétrolifères	41, 135, 136	Sydenham (rivière, Ontario)	137
Schlumberger (Prof.)	213	Syénite (analyse)	95
Scintiloscope	242	Synclinal	25
Secondaire (enrichissement)	39, 58	Tale	85, 100
Sédimentaires (roches)	9-11, 14, 26, 31	Tanton (T.-L.): Fer	150-156
Matériaux de construction	168	Manganèse	156-157
Séismiques (ondes): G.-S. Hume	231-232	Prospection magnétique	202-227
Voir aussi Tremblements de terre		Taseko (rivière)	59
Sel	35, 183, 192, 195	Température de la terre	47
Voir aussi Sel gemme		Effets des changements dans la ..	65
Sel (dômes)	230, 231	Tennessee	42
Sel gemme	139-141	Tentes	252
Selkirk (monts)	51, 64, 198	Terre (température de la)	47
Selle (filons en forme de)	72, 75	Terre à foulon	33, 162
Sellwood (Ontario)	135	Théodolite-boussole (Brunton)	278, 279
Serpentine	109	Thomsonite	109
Shaford (lac)	90	Thorianite	241
Shickshock (monts)	50, 186	Thorite	241
Sidérite	150	Thorium	235, 236, 240
Silice	17, 178	Thoron	236
Silicates	4, 5	Timiskaming (région)	178
Sillery (formation)	189	Timiskaming (série)	74, 175, 178
Silurien	183, 189, 192, 195	Titane	95
Silver King (mine d'argent)	68	Effet du, dans le minerai de fer ..	150
Similkameen (rivière)	98	Tonnerre (baie)	154
Smyth (H.-L.)	209	Topaze	109
"Société en commandite"	255	Torsion (balance de)	228-230
Sodalite	109	Tourbe	52
Sodium (sels)	37, 138	Tourmaline	78, 110
Solutions minéralisatrices	73, 74, 80, 82	Trait	7
Sondages (section des)	133	Tranchées	286-288
Soude brute	143	Transport	247, 249
Soulèvement	53	Transvaal	34
Sources thermales	46	Tremblements de terre	48, 71
Souterrains (levés)	271-275	Trias	190, 192, 201
Voir aussi Tunnels (perçage)		Trois-Rivières (Québec)	154
South Lorrain (canton)	viii	Trona	138
Spinnelle	109	Tuf	12
Spintharoscope	242	Tufs calcaires	144
Spodumène	109	Tulameen (district, C.-B.)	97, 98
Spurr (J.-E.)	45	Tungstène	90, 191
Standstead Granite Company; car-		Tunnels (perçage des)	270, 288
rière, photo	165	Turner-Valley (Alberta)	viii
Star (lac, Manitoba)	90	Problème du gaz	134
Stassfurt (Allemagne)	36	Turquoise	110
Stéatite	100	Tyndall (Manitoba)	146

	PAGES		PAGES
Ultrabasiques (roches)	91	White (monts), voir Blanches (montagnes)	
Uraninite.....	241, 242	Whitewater (série)	178
Uranium.....	235, 236, 240	Whympet (mont)	85
Utica (schiste)	136	Williamsite.....	110
Vagues (érosion par les)	66	Wilson (M.-E.): Métamorphisme de contact.....	83-86
Valeur (estimation de la).....	291	Windegokan (série).....	175
Vancouver (île)	157	Windermere (série)	201
Veines:	30, 37, 45	Windsor (série)	142
Par W.-F. James	71-78	Winnipeg (Manitoba)	193
Classification.....	78	Wood (mont)	193
<i>Voir aussi</i> Filons		Wright (J.-F.): Minéraux des pegmatites	87-91
Vent (érosion par le).....	66	Wright (mine)	39
Vertes (montagnes)	186	Young (G.-A.): Géologie du Canada	1-29
Vésuvianite.....	110	Yukon.....	68-70, 249
Victoria (île)	184	Glaciation.....	51, 64, 115
Vinsulla (C.-B.)	199	Plateau.....	197
Vivres, voir Provisions		Yukon (rivière)	51
Voirie (matériaux)	167	Zinc.....	38, 42, 179, 191, 201
Volcaniques (roches).....	11, 12, 19, 82	Zircon.....	110
Wabana (Terre-Neuve)	vii, 154	"Zones argileuses"	53, 58, 59
Wad.....	156	Zones fissurées, voir Fractures (zones de)	
Wagner (inlet)	185	Zymoetz (rivière)	60
Walker (J.-F.): Développement des propriétés.....	285-294		
Wallbridge (mine)	152		
Washington (mont)	186		