

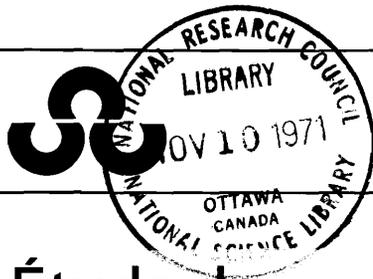
13

See

G1

C 213 51

# 13



# Étude de documentation pour le Conseil des sciences du Canada

1971

Étude spéciale  
n° 13

Les sciences  
de la Terre  
au service  
du pays

par Roger A. Blais, Charles H. Smith  
J.E. Blanchard, J.T. Cawley,  
D.R. Derry, Y.O. Fortier,  
G.G.L. Henderson, J.R. Mackay,  
J.S. Scott, H.O. Seigel,  
R.B. Toombs, H.D.B. Wilson

ANALYZED

**Les sciences  
de la Terre au  
service du pays**

©Droits de la Couronne réservés

En vente chez l'Imprimeur de la Reine  
à Ottawa, et dans les librairies du Gou-  
vernement fédéral:

Halifax

1735, rue Barrington

Montréal

Édifice Æterna-Vie,

1182 ouest, rue Sainte-Catherine

Ottawa

Édifice Daly, angle Mackenzie et Rideau

Toronto

221, rue Yonge

Winnipeg

Édifice Mall Center, 499, avenue Portage

Vancouver

657, rue Granville

ou chez votre libraire.

Prix: \$4.50

N° de catalogue: SS21-1/13F

Prix sujet à changement sans avis préala-  
ble

Imprimeur de la Reine pour le Canada  
Ottawa, 1970

Maquette par Gottschalk + Ash Ltd.

## Sommaire

Les sciences de la Terre servent le Canada de façons multiples et les services qu'elles rendent aux secteurs de pointe de l'économie sont essentiels.

Seront envisagées dans cette étude les principales activités scientifiques ayant trait à l'étude de la géosphère: géologie, géophysique, géochimie, géographie physique, géotechnique, hydrogéologie, pédologie et disciplines associées. Seront également considérés les aspects importants de la recherche et du développement, de la collecte des données et de la documentation géoscientifiques.

L'étude, la première du genre en matière géoscientifique, décrit les traits essentiels des activités en sciences de la Terre dans l'industrie minière et l'industrie de la construction, dans les organismes et centres de recherches fédéraux et provinciaux, ainsi qu'au sein des universités. On y propose de larges améliorations pour la décennie à venir.

Voici les principales conclusions de notre Groupe d'études:

Les sciences de la Terre revêtent au pays une importance qui dépasse de beaucoup celle de la mise en valeur des ressources minérales, bien que ceci soit la principale activité des 6 000 géoscientifiques œuvrant au Canada. Elles contribuent à d'autres activités aussi essentielles que le développement économique régional et septentrional, l'amélioration des techniques du bâtiment et des fondations, l'urbanisme, la mise en valeur des richesses hydriques, la gestion des ressources renouvelables comme les terres arables et les forêts, l'utilisation polyvalente des terrains et le contrôle de la pollution.

Pour l'année 1968 le bilan des activités géoscientifiques au pays s'établit comme suit:

Recherche	30 millions de \$
Développement technique	6 "
Interprétation des données	30 "
Collecte des données	217 "
Sondages d'exploration	172 "
Information scientifique	13 "
	468 millions de \$

Si l'on exclut les dépenses engagées par l'industrie dans les sondages d'exploration, on constate que la participation financière des différents secteurs à ces activités a été la suivante: industrie, 80 pour cent; secteur fédéral, 12 pour cent; secteurs provinciaux, 6 pour cent; universités, 2 pour cent.

Malgré le rôle important que les sciences de la Terre jouent dans le développement économique du pays, les Canadiens n'ont en général qu'une connaissance fort rudimentaire des phénomènes de la nature et du terrain sur lequel ils vivent. L'intérêt croissant porté à notre environnement, les pressions de plus en plus fortes en faveur de la préservation du paysage et de la dépollution, la nécessité de l'urbanisme et d'une meilleure utilisation des terrains, et enfin l'importance de la mise en valeur des richesses naturelles montrent bien l'importance de ces sciences pour le Canada.

On doit donner à nos élèves des écoles secondaires des cours de sciences de la Terre qui leur permettent de découvrir les grands principes scientifiques grâce à la connaissance du milieu physique dans lequel ils vivent. Ainsi l'étude des phénomènes atmosphériques, des lacs et des rivières, des océans, des montagnes, des roches et des minéraux aiguillonnera leur curiosité et leur montrera que la science est non seulement intéressante mais utile. Nous estimons donc que:

*Les ministères de l'éducation publique devraient encourager et favoriser l'enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires.*

Depuis plusieurs années, il existe au Canada une pénurie de spécialistes dans le domaine géoscientifique. En 1968, sur tous les postes vacants qui s'offraient à eux, 35 pour cent seulement ont été occupés par des diplômés de nos universités, des géoscientifiques venant de l'étranger comblant en grande partie les besoins restants. Parmi les étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles en géologie, géophysique et géographie physique, plus de 40 pour cent sont de nationalité étrangère. Les universités doivent remédier à cette situation et tout en favorisant la formation à la recherche doivent accroître le nombre de ces diplômés, surtout au premier cycle.

Malgré l'important phénomène actuel de renouvellement que l'on constate en géologie—phénomène comparable à celui de la physique au cours des années 1890—et en dépit de l'importance de la géologie et de la géophysique pour le développement économique du pays et la correction des disparités régionales, les installations d'enseignement et de recherche universitaires en sciences de la Terre sont clairement insuffisantes. Nous concluons que:

*L'État et les universités devraient prendre toutes dispositions visant à améliorer les installations universitaires consacrées aux sciences de la Terre.*

On devrait, avec l'aide de l'État et de l'industrie, créer dans certaines universités des centres d'études géoscientifiques spécialisées. Ces centres d'excellence concentreraient leurs efforts sur les grands problèmes du pays, notamment sur ses particularités géologiques. Nous estimons que:

*Les domaines suivants (par ordre alphabétique) se prêtent bien à des études géoscientifiques spécialisées et conviennent tout particulièrement à l'établissement de centres d'excellence au Canada: études sur la Cordillère canadienne, études océanographiques, études sur le Précambrien, recherches sur la prospection scientifique des substances minérales, études sur le Quaternaire, et recherches sur les terrains nordiques. Si l'on considère les particularités géologiques de notre pays, on constate que les dis-*

*ciplines suivantes conviennent bien aux besoins de la recherche canadienne; l'étude des cratères météoritiques, le géomagnétisme, la géologie des gîtes minéraux, la glaciologie et la tectonique.*

Les géoscientifiques canadiens ont parfois tendance à se réfugier dans leur tour d'ivoire. On doit viser à mieux coordonner leurs activités et à créer de meilleures communications entre les géologues et autres spécialistes de l'industrie, de l'État et des universités. On devrait considérer les activités géoscientifiques comme un domaine de collaboration fédérale-provinciale, le coordonner en conséquence, et éviter les tiraillements découlant de la diversité des juridictions. En conséquence, nous concluons que:

*On devrait répartir comme suit les grandes tâches consultatives d'orientation de la recherche géoscientifique canadienne, et jusqu'à un certain point son financement:*

a) *les comités consultatifs nationaux* (tel le Comité consultatif national de la recherche minière recommandé dans la présente étude), financés par l'État, de nature pluridisciplinaire, représentant tous les grands secteurs de l'économie, qui conseilleraient les organismes publics et l'industrie au sujet des grands programmes de recherche thématique;

b) *les comités de la recherche*, créés par les sociétés savantes et spécialisées, qui coordonneraient l'activité scientifique dans les disciplines pertinentes, donneraient leur avis sur les futurs programmes de recherche et accompliraient des fonctions connexes;

c) *les comités du Conseil national de recherches*, qui continueraient à s'occuper des subventions à la recherche universitaire.

L'industrie minière est de loin le secteur le plus actif au Canada pour les sciences de la Terre et c'est celui qui groupe le plus grand nombre de géoscientifiques. La croissance ininterrompue de cette industrie est indispensable au développement économique et social de notre pays et l'on doit poursuivre et encourager vivement la prospection scientifique. Les recherches des secteurs pu-

blic, privé et universitaire sur les nouvelles méthodes d'exploration minière et pétrolière et les nouveaux instruments permettant d'accroître leur efficacité méritent particulièrement d'être encouragées. Aussi concluons-nous que :

*Le gouvernement canadien devrait prendre des mesures pour encourager l'industrie minière à entreprendre un plus grand nombre de travaux de recherche géoscientifique ou à favoriser leur extension dans le cadre canadien. L'industrie devrait collaborer pleinement avec les organismes de l'État et les universités à la création de l'Institut canadien des données géoscientifiques, à celle de carothèques régionales, à la recherche en matière de prospection scientifique et de technologie des forages, ainsi qu'à la création de bourses de recherches combinées à des congés d'étude pour les chercheurs de l'industrie. Avant 1975, les universités devraient doubler leurs efforts de recherche dans le domaine de la géologie économique et les tripler pour les études de prospection géophysique et géochimique.*

On devrait augmenter beaucoup les recherches géoscientifiques dans les domaines qui présentent un intérêt majeur pour les grands ouvrages du génie, l'urbanisme, l'utilisation polyvalente des terrains, l'exploitation rationnelle des richesses naturelles, la dépollution et les facteurs géochimiques qui influencent la qualité des aliments et la santé. C'est pourquoi nous estimons que :

*On doit encourager, au moyen de mesures fiscales, la recherche et le développement géotechniques dans le secteur du bâtiment et des travaux de fondations. Une coordination adéquate des administrations municipales, provinciales et fédérales s'impose afin que les sciences de la Terre servent efficacement aux fins d'urbanisme et d'aménagement régional. On devrait accélérer les travaux de cartographie et de recherche géoscientifique portant sur les matériaux superficiels et les formes du relief pour répondre aux exigences d'une meilleure utilisation des terres et permettre une exploitation judicieuse des ressources renouvelables. Dans ce domaine en particu-*

*lier il importe de fonder l'enseignement, la formation professionnelle, les travaux de cartographie et de recherche sur des méthodes pluridisciplinaires.*

Dans le domaine de la recherche géoscientifique fondamentale, les travaux canadiens sont à peine suffisants pour répondre aux besoins des programmes nationaux ainsi qu'à la formation des chercheurs. Il ne saurait donc être question de les diminuer quoiqu'il faille viser à augmenter leur efficacité. Ainsi faut-il étoffer les effectifs actuels et encourager la recherche sur les problèmes particuliers au Canada, tels que ceux du Bouclier précambrien, des terrains nordiques, de la géologie du Quaternaire et ainsi de suite. Ce faisant, le Canada pourrait occuper rapidement et à peu de frais une position de plus grand prestige parmi les cercles scientifiques internationaux, tout en acquérant des connaissances dont le pays pourrait bénéficier immédiatement. C'est pourquoi nous estimons que :

*Au cours de la prochaine décennie, on devrait entreprendre un programme complet de recherches pluridisciplinaires sur l'origine et l'évolution du Bouclier canadien.*

Finalement, nous avons élaboré dans ce rapport les lignes directrices du rôle que les sciences de la Terre et les techniques de mise en valeur des richesses naturelles pourraient jouer dans les programmes canadiens d'aide aux pays du Tiers-Monde. Plusieurs des conclusions que nous avons formulées au chapitre VIII ont une grande portée, non seulement pour l'Agence canadienne de développement international, mais aussi pour les milieux des géoscientifiques canadiens. Nous concluons que :

*Les travaux de mise en valeur des richesses naturelles et leur ossature, les sciences de la Terre, devraient constituer un élément important des programmes canadiens d'aide aux pays en voie de développement. On pourrait raisonnablement allouer à ces travaux géoscientifiques des crédits atteignant 30 millions de dollars vers 1975, et finançant l'œuvre de 200 scientifiques et de 60 techniciens par an. Le Mi-*

*nistère de l'Énergie, des Mines et des Ressources devrait concurremment créer une Direction de l'aide outre-mer, qui serait financée par l'Agence canadienne de développement international et fournirait un personnel de cadres pour ces travaux.*

Le Groupe d'études des Sciences de la Terre.

## Recommandations

*La liste suivante groupe les recommandations qui apparaissent dans le texte du rapport selon les grands thèmes ou fonctions qu'elles concernent. Ces groupes sont à leur tour rassemblés sous les rubriques des secteurs pertinents.*

### Communications et coordination

*Les gouvernements fédéral et provinciaux*  
Il faudrait que les activités géoscientifiques constituent clairement un domaine de collaboration et de coordination fédérales-provinciales afin de répondre aux besoins du pays, sans que la planification et la conduite des travaux souffrent du partage des compétences (II.7, p. 94).

Le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources devrait convoquer une conférence nationale qui réunirait des représentants de tous les organismes fédéraux et provinciaux qui dressent des cartes géoscientifiques, ainsi que des représentants des industries qui utilisent ces cartes, afin de: a) faire le point des connaissances actuelles et évaluer le rythme auquel progresse la compilation des cartes géoscientifiques indispensables au développement économique du pays, b) réviser les normes qui régissent actuellement le relevé des données, leur compilation (légendes, etc.) et leur publication, c) déterminer les besoins fédéraux et provinciaux futurs de données géologiques, géophysiques, géochimiques, topographiques et les échelles des cartes, d) élaborer un programme détaillé de collaboration fédérale-provinciale en vue de l'achèvement et de la publication d'une série nationale de cartes au 1/250 000<sup>e</sup>, ainsi qu'à plus grande échelle, au besoin; énoncer un programme de financement fondé sur le principe du partage des frais (VII.3, p. 300).

Le Conseil canadien des ministres des ressources devrait créer un Comité géoscientifique spécial de l'information sur les terrains et le charger de recommander les mesures et les mécanismes nécessaires pour établir et maintenir les communi-

ications voulues entre utilisateurs et créateurs de l'information géoscientifique sur les terrains, et en particulier entre les divers organismes fédéraux et provinciaux intéressés (VI.10, p. 288).

La mise en valeur et l'exploitation des richesses naturelles nécessitent qu'un haut degré de compétence géotechnique soit maintenu au Canada, notamment en ce qui concerne la connaissance des propriétés mécaniques et l'étude du comportement des divers genres de terrains et des matériaux meubles soumis aux variations atmosphériques et aux contraintes des ouvrages (V.1, p. 248).

#### *Le gouvernement fédéral*

Le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources devrait créer un comité consultatif national de la recherche minière afin de coordonner un programme national en ce domaine (II.9, p. 99).

Le Conseil national de recherches et le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources devraient examiner en profondeur les rôles des comités associés et des comités consultatifs en vue de préciser leurs missions thématiques et de transférer progressivement les charges de coordination de la recherche disciplinaire aux sociétés spécialisées compétentes (II.10, p. 100).

Les plans du Service national d'information scientifique et technique devront viser à intégrer les données géoscientifiques au réseau documentaire national. C'est pourquoi les sciences de la Terre doivent être représentées au sein du secrétariat et du conseil d'administration de tout organisme de gestion du réseau documentaire national, et les données géoscientifiques doivent figurer dans les revues des recherches, bibliographies, index et autres moyens d'information du Service (II.15, p. 128).

Le Gouvernement du Canada devrait créer un comité permanent interministériel des sciences de la Terre, dont les membres proviendraient des ministères et des organismes utilisateurs (II.2, p. 91).

Le gouvernement du Canada devrait charger un groupe de travail d'étudier la

répartition des fonds et des effectifs qu'il consacre à l'inventaire national des formations meubles superficielles et d'élaborer un plan permettant de regrouper, de coordonner et d'accroître l'activité de ses organismes dans le domaine pédologique afin de satisfaire aux besoins toujours plus grands en matière d'urbanisation, d'exploitation des eaux souterraines, de génie civil et de construction, d'élimination des eaux résiduelles et de dépollution, sans négliger les besoins de l'agriculture (VII.4, p. 305).

Il est indispensable que le Canada entretienne des relations avec les organismes américains chargés des programmes de lancement des satellites d'inventaire et de prospection, de façon à acquérir la technologie et les données sur les ressources qui peuvent servir au Canada. Le gouvernement fédéral devrait assurer la coordination nationale et internationale nécessaire et un financement suffisant des recherches pour que le pays en tire le maximum d'avantages. Il faut que ces relations permettent une participation aussi complète que possible de l'industrie, des universités et des organismes provinciaux et leur accès aux données (VII.5, p. 306).

Il faudrait centraliser au Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources la recherche géoscientifique et les services étayant l'expansion régionale et celle du Nord canadien (II.3, p. 92).

Les travaux géoscientifiques réalisés par le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources exigent une meilleure concertation. On pourrait la favoriser par le groupement d'un certain nombre de travaux géoscientifiques sur les richesses épuisables relevant actuellement de quatre sous-ministres adjoints, sous l'égide du sous-ministre adjoint aux géosciences (II.4, p. 93).

En vue d'accélérer la diffusion des résultats de ses travaux, la Commission géologique du Canada devrait avoir l'entière responsabilité de ses publications (II.5, p. 93).

Dans le domaine d'activité géotechnique canadienne, il existe des organismes efficaces qui facilitent les échanges d'in-

formations et coordonnent les efforts de recherche géotechnique. Il apparaît indispensable de continuer à soutenir financièrement ces comités, et d'y avoir une représentation nationale, afin de maintenir l'efficacité de leur action dans le domaine des échanges et de la coordination des efforts de recherche (V.5, p. 261).

#### *Les gouvernements provinciaux*

On devrait étudier les possibilités de création de comités de coordination géoscientifiques provinciaux comprenant des représentants haut placés des ministères et organismes utilisateurs, ainsi que de tous les autres groupes exécutant de la recherche géoscientifique dans le cadre provincial, afin de fournir une tribune pour la discussion et la coordination des activités géoscientifiques au niveau provincial et pour évaluer la pertinence des programmes actuels en fonction des objectifs provinciaux et nationaux (II.13, p. 111).

#### *L'industrie*

L'industrie minérale devrait collaborer pleinement avec l'État et les universités à l'établissement du Réseau canadien d'informatique géoscientifique et contribuer à la formation de l'Institut canadien des données géoscientifiques (IV.14, p. 230).

#### *Les universités*

Chaque université canadienne devrait préciser les conditions auxquelles elle accepterait d'harmoniser ses programmes d'enseignement et de recherche avec les travaux des organismes publics, des conseils de recherche et de l'industrie. Elle préciserait les obligations et privilèges accompagnant les nominations temporaires, l'utilisation des installations et des fonds, la direction des travaux des étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles soit à l'université, soit dans un établissement correspondant. Les organismes publics ou industriels situés dans le voisinage des complexes universitaires devraient entamer des pourparlers sur l'utilisation conjointe de l'équipement et du personnel de la façon la plus avan-

tageuse pour le pays (II.8, p. 98).

Il faudrait favoriser la formation de groupes géoscientifiques universitaires comprenant des géologues, des géophysiciens, des géochimistes, des géographes, etc., ainsi que la formation de groupes pédo-scientifiques réunissant l'éventail aussi complet que possible des disciplines indispensables à la connaissance et à l'utilisation rationnelle des sols (III.8, p. 162).

#### *Les sociétés savantes et les associations professionnelles*

Les sociétés savantes devraient jouer un plus grand rôle pour familiariser le public avec les sciences de la Terre. Les organismes publics, l'industrie, les universités et les musées devraient collaborer activement pour présenter le géorama au grand public et pour rendre ce dernier conscient de l'importance des activités géoscientifiques pour réaliser les objectifs du pays (III.4, p. 146).

On devrait créer un Conseil des sociétés géoscientifiques canadiennes qui fournirait des avis à l'État et qui s'occuperait des tâches matérielles permettant l'épanouissement des professions géoscientifiques au Canada. Les dirigeants de ces sociétés devraient réunir leurs membres importants afin d'étudier les possibilités de coordination et de collaboration, ainsi que l'élaboration de plans à longue portée (II.14, p. 124).

Les sociétés savantes et les associations professionnelles s'intéressant au domaine de la géotechnique devraient s'efforcer de mieux renseigner les autorités gouvernementales et d'éduquer le grand public sur la rentabilité des travaux de construction, afin d'éviter une mauvaise utilisation du sol, des dépenses inutiles et des risques d'accidents (V.6, p. 262).

### **L'enseignement et la formation**

#### *Les gouvernements provinciaux*

Les ministères provinciaux de l'éducation devraient encourager et faciliter l'enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires afin que les élèves se

rendent compte des rapports de ces sciences avec le monde matériel environnant et qu'ils apprennent les principes fondamentaux des sciences (physique, chimie et autres disciplines) en se référant au milieu où vit l'homme. Les universités devraient contribuer à ce progrès en aidant à la formation des maîtres et à la préparation des moyens audio-visuels et des manuels requis pour un enseignement moderne et dynamique de ces sciences (III.5, p. 151).

Pour éviter l'éparpillement des efforts et pour favoriser l'excellence des recherches et de la formation géoscientifiques, les ministères provinciaux et les universités ne devraient autoriser la mise en œuvre de nouveaux programmes d'enseignement géoscientifique supérieur que lorsqu'il existerait une demande évidente de géoscientifiques de certaines spécialisations. Il ne faudrait mettre en œuvre ces programmes que lorsque l'université aurait formé deux bacheliers au moins par professeur pendant quatre années consécutives, et que l'administration provinciale et l'université se seraient engagées à former un corps enseignant comprenant dix professeurs de géosciences au minimum et à fournir des installations adéquates d'enseignement et de recherche (III.10, p. 174).

#### *Les universités*

Les universités canadiennes ne forment pas des effectifs suffisants dans la plupart des domaines des sciences de la Terre; elles n'offrent pas non plus l'éventail des spécialisations dont le pays a besoin. Elles devraient s'efforcer de remédier à cette situation, et en particulier elles pourraient loger les départements de sciences de la Terre dans des locaux plus appropriés, encourager un plus grand nombre d'étudiants à opter pour une carrière géoscientifique, adapter les programmes d'enseignement de façon à mieux subvenir aux besoins du pays, et promouvoir l'enseignement d'un cours moderne de sciences de la Terre au niveau secondaire (III.6, p. 156).

La formation du 1<sup>er</sup> cycle en sciences

de la Terre devrait être générale et fondée sur les sciences fondamentales, les grandes synthèses géologiques, les théories modernes d'évolution du globe, les statistiques et la technologie des ordinateurs. On devrait accorder plus d'attention aux besoins nationaux en spécialistes des divers domaines; le contenu du programme devrait aussi être amélioré grâce à de meilleures communications et à une plus grande collaboration entre départements ainsi qu'entre professeurs. Il faudrait enfin offrir des programmes d'études supérieures «sans thèse» de façon à former un nombre suffisant de spécialistes dans les secteurs d'avant-garde de l'économie et dans les domaines interdisciplinaires où notre pays pourrait faire de rapides progrès (*III.7, p. 162*).

La formation supérieure des divers spécialistes de la géotechnique devrait être assurée dans nos universités grâce à l'étroite collaboration des départements de génie civil, de géologie et des autres sciences de la Terre, au moyen de programmes de cours et de recherches conjoints, et de subventions spéciales à la recherche pluridisciplinaire (*V.4, p. 257*).

Les universités canadiennes devraient favoriser les programmes d'enseignement supérieur donnant une formation géoscientifique spécialisée dans les domaines propres à l'hydrogéologie et dispensant des connaissances étendues sur les sciences hydrologiques, l'aménagement du milieu ambiant et l'exploitation rationnelle des ressources en eau (*VI.4, p. 283*).

### *L'industrie*

L'industrie devrait offrir des possibilités de formation géoscientifique aux étudiantes comme aux étudiants et offrir un plus grand nombre de postes géoscientifiques aux femmes (*III.9, p. 162*).

### **Développement économique**

#### *Les gouvernements fédéral et provinciaux*

Des carothèques régionales financées et administrées par l'État devraient être créées pour augmenter l'efficacité de la prospection scientifique au Canada et

pour promouvoir la recherche géoscientifique appliquée à des problèmes canadiens (*IV.13, p. 228*).

Le rythme de réalisation des cartes au 1/50 000<sup>e</sup> devrait s'accélérer de façon que l'on achève avant 1975 les cartes de toutes les provinces et des zones choisies des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon. Les délais d'élaboration et les conditions du financement conjoint du levé topographique complet des zones urbaines, au 1/25 000<sup>e</sup>, devraient être fixés après consultation entre le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux (*VIII.1, p. 324*).

Le rythme actuel de compilation des cartes géologiques du Canada au 1/250 000<sup>e</sup> devrait être accéléré de façon que tout le territoire canadien soit représenté selon des normes uniformes d'information et de précision d'ici 1980. L'ordre de succession et le rythme d'exécution des levés au 1/250 000<sup>e</sup> et des levés supplémentaires au 1/63 360<sup>e</sup> dans les zones à fort potentiel économique des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon devraient être fixés conjointement par le Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien et le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources; les levés devraient être effectués par la Commission géologique du Canada. De même, des accords de collaboration avec les organismes provinciaux devraient viser l'élaboration de plans décennaux pour la cartographie systématique de la géologie des provinces (*VII.2, p. 298*).

Les organismes provinciaux doivent concentrer leurs efforts en vue de fournir une cartographie géologique détaillée (représentation cartographique au 1/50 000<sup>e</sup> ou à une plus grande échelle) des régions urbaines et de leurs zones d'expansion, notamment en ce qui concerne les matériaux superficiels, les formes du relief et les conditions hydrogéologiques. Le gouvernement fédéral, par le truchement de ses organismes techniques, devrait encourager des programmes des organismes provinciaux et contribuer à l'étude des régions pilotes, tout en assurant la compilation et l'analyse des don-

nées géotechniques d'intérêt national. (V.3, p. 253).

Le Comité consultatif national de la recherche sur les richesses minérales que l'on se propose de former serait chargé d'élaborer un programme national de reconnaissance et d'exploitation, de veiller à sa mise en œuvre et de formuler les principes directeurs de la gestion des richesses minérales des plateaux continentaux canadiens» (VII.6, p. 310).

Les organismes publics concernés, tant provinciaux que fédéraux, devraient accorder la priorité aux inventaires généraux des terrains et aux recherches sur le même sujet, de même façon qu'on fixe l'ordre de priorité des travaux de cartographie topographique (VI.8, p. 286).

#### *Les gouvernements provinciaux*

Le niveau actuel d'activité géoscientifique des ministères provinciaux est insuffisant pour répondre aux besoins régionaux et il faudrait l'accroître en fonction des revenus actuels et possibles que chaque province tire de l'industrie minière (II.12, p. 108).

Les organismes canadiens de cartographie géologique, en particulier ceux des provinces, devraient multiplier les travaux géologiques nécessaires à l'aménagement du territoire et à l'utilisation rationnelle des terres. Ces travaux devraient porter tant sur la roche de fond que sur les matériaux meubles et les traits physiographiques du terrain (VI.6, p. 285).

#### *Les administrations municipales*

Les grandes agglomérations urbaines devraient avoir à leur emploi au moins un ingénieur spécialisé en géotechnique, qui se chargerait, entre autres, de rassembler, de cataloguer et de diffuser toutes les données géoscientifiques intéressant les préposés à la conception des grands ouvrages et à la planification urbaine (V.2, p. 252).

#### *L'industrie*

Pour plusieurs minéraux canadiens importants, y compris l'uranium, l'indice

de durée des réserves «mesurées» et «indiquées» en 1967 est trop faible pour la demande et la production prévues au Canada jusqu'en 1985; il faut donc poursuivre avec vigueur les programmes de prospection scientifique dans notre pays (IV.8, p. 206).

En supposant que les nouveaux régimes fiscaux ne nuisent pas aux progrès normaux de l'industrie minière et au rythme de l'exploration, il est prévu qu'en 1985: a) la valeur brute de la production minière canadienne atteindra entre 10 et 12 milliards de dollars par année contre 4.7 milliards en 1968; b) les dépenses d'exploitation pourraient atteindre un milliard de dollars par année contre 400 millions environ en 1968; et c) les effectifs géoscientifiques d'exploration minière au Canada pourraient dépasser 8 000 spécialistes contre 4 000 en 1968 (IV.7, p. 206).

#### **La recherche**

##### *Les gouvernements fédéral et provinciaux*

Les spécialistes élaborant les politiques scientifiques et les organismes d'aide à la recherche au Canada devraient reconnaître qu'il faut encourager la recherche et le développement en prospection scientifique afin de favoriser le développement économique; ils devraient accepter le fait que fréquemment et nécessairement ces travaux de recherche et de développement se font sur le terrain (IV.4, p. 201).

On devrait accorder plus d'importance à l'étude de la dynamique des terrains et des dangers d'origine géologique, grâce à la combinaison des concepts fondamentaux de la sédimentologie, de l'hydrologie, de la géomorphologie et de la mécanique des sols et des roches (VI.9, p. 287).

L'utilisation croissante des couches aquifères pour l'approvisionnement en eau, et du sous-sol pour l'évacuation des rejets liquides ou semi-liquides, exige que l'on applique efficacement les concepts et les techniques de l'hydrogéologie; on doit aussi assurer la coordination administrative des activités relatives à l'aménagement du milieu ambiant et à

l'exploitation rationnelle des ressources en eau. Chaque palier de gouvernement doit être convaincu de la nécessité d'une telle action coordonnée (VI.5, p. 283).

On devrait fonder l'exploitation rationnelle des ressources en eau sur une bonne connaissance des terrains en plus des données hydrologiques proprement dites, ce qui exige un apport important des sciences de la Terre (VI.3, p. 280).

Les nouveaux programmes géotechniques qui relèvent des différentes directions des organismes fédéraux et provinciaux devraient viser à développer particulièrement les connaissances dans les domaines de la géologie urbaine, la géologie de l'ingénieur, la mécanique des roches, l'hydrogéologie, l'étude des tourbes et du pergélisol, afin de favoriser le développement économique du pays, d'approfondir les connaissances et d'accroître les effectifs de géotechniciens canadiens dans ces domaines (VI.11, p. 268).

Lors du choix des priorités pour les relevés pédologiques et les relevés géologiques des formations superficielles, il faudra accorder une importance accrue aux terrains forestiers et en particulier à l'inventaire de ces territoires (V.2, p. 252).

Le domaine de la pédologie canadienne devrait être élargi, tant en ce qui concerne la recherche que l'enseignement universitaire. En plus de son rôle traditionnel vis-à-vis de l'agriculture, la pédologie devrait servir la foresterie, l'hydrogéologie, la mécanique des sols, la prospection minière et l'aménagement rationnel du territoire (VI.1, p. 275).

#### *Le gouvernement fédéral*

L'urgence d'une meilleure information sur les effectifs scientifiques canadiens devrait inciter le gouvernement à charger l'un de ses services de compiler un registre national de l'emploi des scientifiques, qui serait tenu à jour grâce à des contrats avec les sociétés savantes et spécialisées pertinentes (II.1, p. 52).

L'intérêt de notre pays requiert que le gouvernement canadien reconsidère l'ampleur actuelle de ses dotations aux travaux géoscientifiques fédéraux. À la

lumière de cette réévaluation, il devrait cerner des objectifs, établir un budget et élaborer des projets réalistes capables de répondre aux besoins suivants: l'expansion économique du pays; le développement des industries minérales et de la construction, et du secteur agricole; le soutien de l'expansion régionale et du Nord canadien; la culture et les loisirs des Canadiens; la sauvegarde du milieu naturel, et le soutien de l'aide à l'étranger (II.6, p. 93).

Pour encourager l'industrie minérale à établir des installations de recherche au Canada et à accroître leur niveau de recherche en prospection scientifique, il faudrait songer à accorder des exemptions d'impôt qui seraient calculées sur le budget annuel des recherches effectuées au Canada (IV.9, p. 216).

En vue d'accélérer la formation de spécialistes canadiens des terrains du Nord et des phénomènes du pergélisol, et d'étendre rapidement nos connaissances sur ces sujets, il conviendrait d'accroître les subventions de recherches universitaires, afin d'encourager les géoscientifiques et ingénieurs à se spécialiser dans les domaines indiqués. Suite à une recommandation présentée dans le Chapitre III, l'une de nos priorités nationales devrait être d'aménager au plus tôt un centre d'études spécialisées sur les terrains du Nord (VI.7, p. 286).

On devrait adjoindre des géoscientifiques des secteurs industriel ou public au Comité de sélection des candidatures aux subventions géoscientifiques du Conseil national de recherches; ce Comité devrait se montrer plus judicieux dans l'évaluation des demandes de subvention (II.11, p. 100).

#### *L'industrie*

En 1985, le montant des dépenses de recherche scientifique et développement en géotechnique devrait atteindre 2 pour cent du total des frais de génie des travaux de construction que la géotechnique concerne. Cet objectif devrait être de l'ordre de 15 millions de dollars, soit environ quatre fois le montant actuel des frais de

R & D en géotechnique (*V.7, p. 267*).

On devrait fonder des centres de spécialisation en recherche sur la prospection scientifique, l'un dans l'Est et l'autre dans l'Ouest du pays, avec la collaboration étroite de l'industrie, du gouvernement et de quelques universités (*IV.10, p. 219*).

L'industrie minière devrait accorder un soutien plus ample à la recherche sur l'utilité des diverses combinaisons des méthodes géologiques, géophysiques et géochimiques appliquées à différentes conditions géologiques et différents sols canadiens (*IV.1, p. 200*).

Pour tirer plein avantage des données scientifiques que l'on pourrait recueillir dans les mines en exploitation où les gisements sont exposés dans leurs trois dimensions, les sociétés minières devraient assigner à un géologue de recherche dans chaque mine principale ou district minier la tâche de rassembler et d'analyser systématiquement toutes les données géologiques s'y rapportant et qui autrement seraient irrémédiablement perdues (*IV.2, p. 201*).

L'industrie et les organismes publics devraient instituer des congés d'étude pour que leurs scientifiques puissent faire des stages de recherches géoscientifiques dans les universités. L'industrie minière devrait tirer parti du programme PIER du Conseil national de recherches et demander des bourses en recherche industrielle (*IV.6, p. 201*).

#### *Les universités*

Le Canada devrait s'occuper de créer les centres de spécialisation géoscientifique suivants (par ordre alphabétique): études sur la Cordillère, études sur le Précambrien, études sur le Quaternaire, études sur les terrains nordiques, géologie des terrains sédimentaires, recherche en exploration minière, et sciences de la mer (*III.11, p. 180*).

Les domaines suivants conviennent exceptionnellement à la recherche canadienne (dans l'ordre alphabétique): l'étude du moskeg, l'étude du pergélisol, la géologie des gîtes minéraux, la géologie

du Quaternaire, le géomagnétisme, la glaciologie (neige et glace comprises), la prospection géophysique, la recherche sur le Précambrien et la tectonique du globe. (*III.3, p. 143*).

#### *Le gouvernement fédéral*

Le Bureau fédéral de la statistique devrait clarifier les définitions qu'il donne des activités scientifiques afin de confirmer que les travaux géoscientifiques qui sont effectués sur le terrain en vue de découvrir de nouveaux principes scientifiques et de nouvelles applications de ces principes, doivent être considérés comme étant de la recherche. On doit également envisager de classer sous la rubrique «recherche et développement» les travaux d'interprétation des levés géoscientifiques servant à l'exploration minière et pétrolière (*I.1, p. 36*).

Il faudrait entreprendre, au cours de la prochaine décennie, un programme pluridisciplinaire complet de recherches sur l'origine et sur l'évolution du Bouclier canadien, notamment en ce qui concerne la géodynamique des protocontinents et la sédimentation, le volcanisme, le magmatisme, le métamorphisme et l'orogénèse en temps précambriens. Ce programme, dont la direction devrait être confiée à la Commission géologique du Canada, devrait être entrepris avec l'active collaboration des organismes provinciaux, de l'industrie et des universités. Une recension globale des résultats de ce programme devrait être publiée en 1980 (*III.1, p. 137*).

L'acquisition de nouvelles connaissances sur la nature et l'évolution des principaux traits des provinces géologiques canadiennes, ainsi que la corrélation entre ces provinces et d'autres régions contiguës du globe, devrait demeurer un objectif primordial de la recherche géoscientifique des universités et des organismes publics canadiens (*III.2, p. 139*).

Un programme national de recherche et de développement pour améliorer la technologie canadienne des forages d'exploration devrait être établi conjointement par le Conseil national de recher-

ches et les firmes canadiennes de forage, avec la collaboration de l'industrie minière (*IV.11, p. 225*).

Un programme national de recherche devrait être établi par le Conseil national de recherches pour mettre au point de meilleurs instruments et améliorer les méthodes de relevés des sondages (*IV.12, p. 225*).

Le gouvernement canadien devrait prendre des mesures pour encourager l'industrie minière à entreprendre ou à patronner un plus grand nombre de travaux de recherche dans le pays (*IV.3, p. 201*).

En 1985, le montant des dépenses de recherche scientifique et développement en géotechnique devrait atteindre 2 pour cent du total des frais de génie des travaux de construction que la géotechnique concerne. Cet objectif devrait être de l'ordre de 15 millions de dollars, soit environ quatre fois le montant actuel des frais de R & D en géotechnique (*V.7, p. 267*).

L'aide à la recherche géotechnique dans les universités, accordée par les organismes fédéraux, se trouve à un niveau minimal, et son accroissement annuel provenant de l'augmentation des crédits des organismes subventionnaires ne permet que de maintenir une activité minimale. En plus de continuer à financer les programmes universitaires actuels, les organismes subventionnaires fédéraux devraient accroître leur aide pour le lancement de nouveaux programmes de recherche en géologie urbaine, géologie de l'ingénieur, mécanique des roches, hydrogéologie, étude des tourbes et du pergélisol (*V.10, p. 268*).

Les universités canadiennes devraient accroître leurs travaux de recherche en prospection scientifique et d'ici 1975 doubler leurs recherches en géologie économique et tripler celles qui concernent la prospection géophysique et géochimique (*IV.5, p. 201*).

Le corps enseignant des départements universitaires de génie civil, géologie et géographie doit être de plus en plus conscient des avantages de la recherche scientifique en géologie urbaine, géologie de

l'ingénieur, mécanique des roches, hydrogéologie, étude des tourbes et du pergélisol, car ces domaines se rattachent intimement au développement du pays (*V.9, p. 268*).

### **Aide à l'étranger**

L'aide géoscientifique canadienne aux pays en voie de développement devrait être accrue et se chiffrer à 30 millions de dollars dès 1975, finançant l'œuvre de 200 scientifiques et de 60 techniciens par an (à l'exception de la main-d'œuvre des entrepreneurs) (*VIII.3, p. 328*).

La mise en valeur des richesses naturelles, assortie d'un programme de formation professionnelle et technique outre-mer, devrait occuper une place de choix dans les programmes canadiens d'aide extérieure. Afin d'assurer une réserve convenable de spécialistes pour de tels travaux à l'étranger, l'ACDI devrait préciser ses besoins en matière d'effectifs géoscientifiques pour une période de cinq années. Cela permettrait la formation et le recrutement rationnels de Canadiens dans le cadre des programmes d'aide bilatérale et multilatérale financés par le Canada (*VIII.2, p. 326*).

Dans le domaine des richesses naturelles, l'aide technique canadienne aux pays en voie de développement devrait faire partie d'un effort concerté fondé sur une formule globale de mise en valeur des ressources naturelles et sur un ordre de priorité bien établi. Les programmes individuels devraient être soutenus et étagés. Leur rendement devrait être évalué pendant et après l'exécution des travaux. (*VIII.4, p. 331*).

L'ACDI devrait collaborer plus étroitement avec d'autres organismes publics pour l'établissement des politiques, la définition des objectifs, la planification et la surveillance de l'exécution des programmes d'aide géoscientifique à l'intention des pays étrangers. Le poste actuel de coordonnateur de l'aide géoscientifique à l'étranger devrait être élevé au rang des hautes fonctions, et rattaché à l'ACDI au niveau du Comité de développement international (*VII.6, p. 336*).

Le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources devrait établir une Direction géoscientifique d'outre-mer, dotée d'un personnel permanent de cadres possédant la compétence géoscientifique et technique, l'aptitude, les qualités personnelles et l'intérêt pour leur tâche, exigés par les travaux à l'étranger. L'activité de cette Direction devrait être financée par l'Agence canadienne de développement international (*VIII.7, p. 336*).

Les principes fondamentaux régissant les programmes canadiens d'enseignement et de formation géoscientifiques à l'étranger devraient s'énoncer comme suit: a) tous les programmes de formation devraient être orientés vers les besoins les plus pressants de ces pays; b) les programmes de formation devraient être concentrés dans les pays bénéficiaires ou dans les Instituts géoscientifiques régionaux subventionnés par les Nations Unies, plutôt qu'au Canada; c) la formation dispensée au Canada devrait être spécialement et exclusivement orientée vers la consolidation des établissements homologues dans les pays en voie de développement; d) la formation au Canada devrait être réservée aux étudiants réellement doués, aux personnes qui doivent entretenir des rapports nombreux avec leurs compatriotes, et aux instructeurs techniques. (*VIII.8, p. 342*).

L'ACDI devrait immédiatement mettre au point un programme de «jumelage» de quelques départements de sciences de la Terre d'universités canadiennes avec leurs homologues des pays en voie de développement, et fournir également une aide financière pour tous les étudiants et boursiers en recherches post-doctorales de ces pays. Le choix proprement dit de ces étudiants et de ces boursiers devrait être fait surtout par les universités en cause (*VIII.9, p. 342*).

Le gouvernement canadien devrait encourager financièrement des sociétés minières et pétrolières dans des mains canadiennes à entreprendre des programmes commerciaux d'exploration minérale dans les pays que le Canada accepte d'aider. Dans chaque cas il faudrait que ces

programmes d'exploration contribuent notablement à atteindre les objectifs d'assistance (*VIII.1, p. 324*).

L'Agence canadienne de développement international devrait élaborer une politique encourageant la publication des principales conclusions scientifiques des programmes d'aide canadiens, de préférence dans les revues spécialisées du pays bénéficiaire, avec mention spéciale de l'aide canadienne; ces données devraient être également publiées au Canada, où elles seraient classées à l'ACDI et à la Direction des services d'outre-mer du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (voir la conclusion VIII.7). Les frais de publication devraient être compris dans le budget d'assistance (*VIII.5, p. 334*).

# Table des matières

Sommaire	5
Recommandations	9
<b>I. Nature et structure de l'étude</b>	<b>29</b>
I.1 Avant-propos	30
I.2 Buts de l'étude	31
I.3 Envergure de l'étude	31
I.4 Définition des activités en sciences de la Terre	32
I.5 Déroulement de l'étude	36
I.6 Structure du rapport	38
<b>II. Traits généraux</b>	<b>39</b>
II.1 Sommaire	40
II.2 Le niveau national d'activité	40
II.3 L'industrie minière	52
II.4 L'industrie de la construction	71
II.5 Les organismes fédéraux	76
II.6 Les organismes provinciaux	100
II.7 Les universités	111
II.8 Les sociétés et les associations géoscientifiques	121
II.9 Les bibliothèques géoscientifiques	125
<b>III. Développement scientifique et culturel</b>	<b>131</b>
III.1 Aperçu	132
III.2 Les sciences de la géosphère diffèrent-elles beaucoup des autres sciences de la nature?	133
III.3 Le géorama canadien	136
III.4 Historique du développement des sciences de la Terre au Canada	139
III.5 Étude générale du niveau actuel d'activité géoscientifique au Canada	141
III.6 Les sciences de la Terre aux yeux du public	145
III.7 L'enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires du Canada	146
III.8 Rôle des universités pour l'enseignement et la formation géoscientifiques	153
III.9 Rôle des universités dans la recherche géoscientifique	162
III.10 La future orientation de la recherche géoscientifique et la formation des étudiants diplômés dans les universités	170
III.11 La recherche fondamentale dans l'industrie et les organismes publics	172
III.12 La création de centres d'études géoscientifiques spécialisées	173
<b>IV. La mise en valeur des richesses minérales</b>	<b>181</b>
IV.1 Considérations générales	182
IV.2 Perspective	183
IV.3 L'importance des sciences de la Terre pour l'industrie minière	186
IV.4 Prospective de la production minière canadienne	203
IV.5 Les moyens d'accroître l'efficacité de l'exploration minière au Canada	214
IV.6 Le rôle géoscientifique des divers secteurs pour l'essor minier et pétrolier	230

<b>V. La géotechnique et le milieu ambiant</b>	237
V.1 Aperçu	238
V.2 Définition de la géotechnique et des activités qui s'y rattachent	238
V.3 Importance de la géotechnique au Canada	239
V.4 La géotechnique et l'exploitation des richesses naturelles	242
V.5 La géotechnique et les transports	248
V.6 Le rôle de la géotechnique en planification urbaine et urbanisme	253
V.7 Les activités géotechniques actuelles	259
V.8 La géotechnique dans l'avenir	262
<b>VI. Les richesses renouvelables et l'aménagement rationnel du territoire</b>	271
VI.1 Considérations générales	272
VI.2 Introduction	272
VI.3 Rapports entre les sciences de la Terre, l'aménagement du territoire et les richesses renouvelables	272
VI.4 Agriculture	272
VI.5 Sols forestiers	276
VI.6 Ressources en eau	279
VI.7 Aménagement du territoire	285
VI.8 Communication et utilisation des données géoscientifiques sur les terrains	287
VI.9 Biogéochimie, santé et bien-être	288
<b>VII. Les levés géoscientifiques dans le pays</b>	291
VII.1 Vue d'ensemble	292
VII.2 Levés topographiques	293
VII.3 Levés hydrographiques	294
VII.4 Levés géologiques	294
VII.5 Levés géophysiques	305
VII.6 Satellites d'inventaire et de prospection	306
VII.7 Levés géoscientifiques du plateau continental	306
<b>VIII. Aide technique aux pays en voie de développement</b>	313
VIII.1 Synopsis	314
VIII.2 Remarques générales sur la politique canadienne d'aide extérieure	315
VIII.3 Structure générale des programmes canadiens d'aide internationale	316
VIII.4 Ampleur des programmes canadiens d'aide internationale	316
VIII.5 Le rôle de la science et de la technologie dans l'aide au Tiers-Monde	317
VIII.6 Activité géoscientifique dans le cadre des programmes bilatéraux canadiens	319
VIII.7 Participation géoscientifique canadienne aux programmes d'aide multilatérale	320
VIII.8 Activité des organismes bénévoles canadiens à l'étranger dans le domaine des sciences de la Terre	321
VIII.9 Activité géoscientifique à l'étranger de sociétés minières canadiennes	321
VIII.10 Capacité du Canada en matière d'aide géoscientifique à l'étranger	324
VIII.11 Proposition d'une formule d'aide géoscientifique canadienne à l'étranger	327
VIII.12 Principes fondamentaux déterminant le rôle futur des sciences de la Terre au sein des programmes canadiens d'aide à l'étranger	328
VIII.13 Enseignement et formation dans le domaine des sciences de la Terre et les techniques connexes	338

<b>Appendice</b>	343
1. Remerciements	344
2. Le Comité des sciences de la Terre du Conseil des sciences du Canada	345
3. Organismes et personnes ayant présenté des mémoires	346
4. Liste des disciplines géoscientifiques	348
5. Description des activités des ministères et autres organismes du gouvernement fédéral dans le domaine géoscientifique	349
6. Remarques de l'industrie minière et pétrolière au sujet des questions énoncées par le Groupe d'étude	369
7. Sommaire des dossiers techniques de l'Imperial Oil Limitée fournissant un exemple du traitement informatique des données sur les puits de pétrole canadiens	376
8. Activités partiellement ou entièrement géoscientifiques ou géotechniques de l'Agence canadienne de développement international dans le cadre de l'aide financière aux pays en voie de développement	379
9. Liste des programmes géoscientifiques du Programme de développement international des Nations Unies pour lesquels travaille un personnel canadien	384
10. Sociétés minières canadiennes qui se livrent à la prospection et à la mise en valeur minière dans les pays en voie de développement	388
11. Programmes d'aide géoscientifique à l'étranger accordée par quelques pays industrialisés	391
Publications du Conseil des sciences du Canada	392

## Tableaux

I.1	Liste des activités scientifiques	33
I.2	Compte-rendu des questionnaires	37
II.1	Répartition pour 1968 des dépenses pour travaux géoscientifiques par secteurs de réalisation	41
II.2	Répartition pour 1968 du total des dépenses pour la R & D géoscientifique par secteurs de réalisation	41
II.3	Répartition pour 1968 du total des dépenses de collecte des données géoscientifiques par secteurs de réalisation	43
II.4	Répartition pour 1968 du total des dépenses d'information géoscientifique par secteurs de réalisation	43
II.5	Répartition en 1968 des effectifs de géoscientifiques diplômés par secteurs et par disciplines principales	47
II.6	Répartition en 1968 des effectifs de géoscientifiques diplômés par secteurs et par diplômes	47
II.7	Évaluation pour 1968 du nombre d'années de spécialiste consacrées à la recherche géoscientifique, selon les divers secteurs	49
II.8	Origine des géologues et des ingénieurs miniers canadiens en 1968	49
II.9	Prospective des besoins en géoscientifiques de 1968 à 1972	51
II.10	Rapport entre les dépenses pour travaux géoscientifiques et la taille de la firme ayant répondu (1968)	54
II.11	Valeur de la production minérale selon les produits, pour certaines années de 1930 à 1968	58
II.12	Les dix produits minéraux les plus importants extraits au Canada en 1968	58
II.13	Valeur de la production minérale par province et territoire	59
II.14	Pourcentage de la contribution à la production du secteur primaire selon les industries, pour certaines années entre 1951 et 1967	62
II.15	Soldes de la balance commerciale des principaux secteurs de l'économie en 1964 et en 1968	62
II.16	Répartition pour 1968 des dépenses de travaux géoscientifiques de l'industrie minérale selon le genre d'activité scientifique	65
II.17	Accroissement des dépenses de travaux géoscientifiques effectués par les sociétés minières et pétrolières canadiennes de 1964 à 1968	67
II.18	Effectifs géoscientifiques travaillant dans l'industrie minérale en 1968	69
II.19	Accroissement des effectifs de géoscientifiques travaillant pour les sociétés minières et pétrolières canadiennes de 1964 à 1968	70
II.20	Répartition pour 1968 des frais de travaux géotechniques, selon les secteurs d'activité	74
II.21	Répartition pour 1968-1969 des dépenses de travaux géotechniques des organismes fédéraux pour la construction et le transport	74
II.22	Effectifs géotechniques du Canada en 1968	75
II.23	Financement fédéral des travaux géoscientifiques au cours de l'exercice 1968-1969	78
II.24	Répartition en 1968-1969 des effectifs géoscientifiques dans les organismes fédéraux	79
II.25	Répartition, selon les divers secteurs de réalisation, du financement fédéral des travaux géoscientifiques au cours de l'exercice 1968-1969	81

II.26	Recettes fiscales de l'État provenant de l'industrie minière	82
II.27	Subventions accordées en 1968-1969 à la recherche géoscientifique dans les universités	86
II.28	Répartition pour 1968-1969 des travaux géoscientifiques intra-muros des organismes fédéraux, selon les genres d'activité	89
II.29	Comités nationaux s'occupant des sciences de la Terre	96
II.30	Importance de l'industrie minière pour l'économie des provinces en 1968	102
II.31	Dépenses pour 1968 des ministères provinciaux des Mines selon les genres de travaux géoscientifiques	107
II.32	Personnel géoscientifique des ministères provinciaux des Mines en 1969	108
II.32A	Publications géoscientifiques des organismes publics provinciaux	109
II.33	Frais de travaux géoscientifiques des Conseils provinciaux des recherches selon les genres d'activité en 1968	110
II.34	Effectifs géoscientifiques des Conseils provinciaux des recherches en 1968	110
II.35	Départements géoscientifiques des universités canadiennes en 1968	112
II.36	Effectifs d'étudiants en géologie et en géophysique des universités canadiennes de 1959 à 1968	113
II.37	Tendances de l'emploi des diplômés canadiens en géologie et en géophysique de 1966 à 1968	113
II.38	Diplômés des départements géoscientifiques des universités canadiennes en 1968	116
II.39	Répartition, pour l'année universitaire 1968-1969, des départements de géologie, selon les provinces	117
II.40	Répartition pour 1968-1969 des départements de physique et de géophysique enseignant la géophysique, selon les provinces	118
II.41	Statistiques concernant l'enseignement et la recherche universitaires en géographie physique au cours de 1968-1969, selon les diverses provinces	120
II.42	Principales sociétés et associations géoscientifiques canadiennes	122
II.43	Fonds géoscientifiques dans les bibliothèques canadiennes en 1969	127
III.1	Pertinence des domaines géoscientifiques pour le milieu physique canadien	143
III.2	Prospective pour 1972 à 1975 des besoins annuels du Canada en nouveaux diplômés ès géosciences	157
III.3	Répartition du temps consacré à la recherche et à la direction des études supérieures	166
III.4	Publications du corps enseignant des départements universitaires de géologie au cours de 1963-1967	167
III.5	Répartition selon les sujets de la recherche géoscientifique dans les universités canadiennes durant l'exercice 1968-1969	168
IV.1	Production cumulative de divers minéraux au Canada de 1950 à 1967, en fonction des réserves mesurées et indiquées en 1967, et production anticipée pour 1968-1985	204
IV.2	Probabilité de succès en prospection scientifique	215
V.1	Répartition par secteur des spécialistes de la géotechnique pour l'année 1968	256
V.2	Répartition des membres de la section canadienne de la Société internationale de mécanique des sols et des travaux de fondations pour l'exercice se terminant en juin 1968	257
V.3	Panorama des travaux récents de recherche géotechnique	258

V.4	Les grandes priorités géotechniques	264
VI.1	Contribution des sciences de la Terre aux études sur les ressources en eau	280
VII.1	Pourcentage du territoire canadien pour lequel il existait en 1968 des cartes topographiques, géologiques, géophysiques et pédologiques	295
VII.2	Superficies pour lesquelles on dispose de cartes topographiques au 1/63 360 <sup>e</sup> , dans divers pays et régions, 1967	297
VII.3	Progrès accomplis actuellement par les organismes publics chargé de la compilation des cartes géologiques de la roche de fond, 1968	300
VIII.1	Fonds affectés par le gouvernement canadien à tous les secteurs de l'aide aux pays en voie de développement, 1965-1970	317
VIII.2	Dépenses du Canada pour les programmes géoscientifiques d'aide bilatérale aux pays en voie de développement, de 1952 à 1969	320
VIII.3	Budget modèle d'aide géoscientifique à l'étranger en 1975	328
VIII.4	Besoins en main-d'œuvre pour l'aide géoscientifique à 20 pays	328

## Tableaux en appendice

5.1	Classification des activités géoscientifiques de l'ACDI au cours de l'année 1968-1969	350
5.2	Fonds affectés à la recherche géoscientifique par le Conseil de recherches pour la Défense durant l'exercice 1968-1969	351
5.3	Répartition selon les tâches du personnel de cadres de la Commission géologique du Canada	357
5.4	Total des fonds affectés à la recherche géoscientifique par le ministère fédéral de l'Énergie, des Mines et des Ressources durant l'exercice 1968-1969	359
7.1	Sommaire des dossiers techniques de l'Imperial Oil Limitée fournissant un exemple du traitement des données sur les puits de pétrole canadiens	376
8.1	Activités partiellement ou entièrement géoscientifiques ou géotechniques de l'Agence canadienne de développement international dans le cadre de l'aide financière aux pays en voie de développement, période 1953-1969	379
8.2	Les conseillers géoscientifiques canadiens dans les domaines de la technique et de l'enseignement, période 1953-1969	381
8.3	Stages géoscientifiques organisés au Canada par l'ACDI à la date du 30 septembre 1968	382
8.4	Nombre de personnes formées au Canada en 1968 grâce au service de coopération technique, selon leurs organismes d'origine	383
9.1	Liste des programmes géoscientifiques du Programme de développement international des Nations Unies pour lesquels travaille un personnel canadien, période 1959-1969	384
9.2	Géoscientifiques et géotechniciens canadiens participant aux travaux géoscientifiques du Programme de développement international des Nations Unies, période 1959-1969	387
10.1	Sociétés minières canadiennes qui se livrent à la prospection et à la mise en valeur minière dans les pays en voie de développement	388

## Figures

II.1	Répartition pour 1968 des dépenses consacrées aux travaux géoscientifiques par province ou région	44
II.2	Répartition par professions des effectifs géoscientifiques entre les divers secteurs, 1968	45
II.3	Répartition par grades universitaires des effectifs géoscientifiques diplômés entre les divers secteurs, en 1968	46
II.4	Croissance de la production minérale canadienne selon les produits, de 1945 à 1968	56
II.5	Croissance de l'industrie minérale canadienne par comparaison avec les courbes de la production industrielle et de la production manufacturière de 1935 à 1968	57
II.6	Valeur des principaux produits minéraux extraits en 1968 dans chaque province et territoire	60
II.7	Répartition des exportations de produits canadiens selon les catégories, de 1950 à 1968	63
II.8	Accroissement des dépenses de travaux géoscientifiques accomplis par l'industrie minérale, de 1964 à 1968	66
II.9	Accroissement au cours de 1964 à 1968 des effectifs géoscientifiques de l'industrie minérale	72
II.10	Croissance du chiffre d'affaires de l'industrie canadienne de la construction de 1952 à 1969	73

II.11	Accroissement des effectifs géotechniques dans l'industrie et le secteur fédéral de 1963 à 1968	77
II.12	Travaux géoscientifiques accomplis par les organismes fédéraux en 1969	80
II.13	Répartition des dépenses fédérales pour travaux géoscientifiques intramuros en comparaison des autres secteurs, 1968-1969	84
II.14	Total des revenus et des déboursés directs des gouvernements provinciaux dans le domaine minéral, de 1959 à 1968	103
II.15	Répartition, selon les provinces, des revenus tirés de l'industrie minérale et des frais de travaux géoscientifiques en 1968	104
II.16A	Organigramme typique d'un ministère provincial	105
II.16B	Organigramme typique d'un ministère provincial des richesses naturelles	106
II.17	Diplômés en géologie et en géophysique des universités canadiennes de 1948 à 1969	114
III.1	Provinces géologiques du Canada	138
IV.1	Accroissement de la valeur de la production minérale au Canada de 1950 à 1968, et accroissement correspondant des dépenses en exploration minérale	187
IV.2	Dépenses annuelles d'exploration des sociétés minières (produits métallifères seulement) et des sociétés pétrolières et gazières de 1950 à 1980	188
IV.3	Stratégie d'utilisation des méthodes scientifiques les plus fréquentes pour l'exploitation minière de grandes régions du pays	194
IV.4	Nuages de corrélation bilogarithmique des dépenses annuelles d'exploration de 88 sociétés minières et pétrolières canadiennes, en fonction de la valeur de leur production minérale en 1968	212
IV.5	Tracé de probabilité logarithmique des dépenses d'exploration de 123 sociétés minières et pétrolières en 1968, y compris 31 sociétés non productrices	213
V.1	Éboulement d'argile sensible à Nicolet, Québec, 1956	243
V.2	Le barrage W.A.C. Bennett-Vue de la culée de la rive droite, novembre 1968	244
V.3	Aspects géotechniques importants du sol canadien	245
V.4	Zones sismiques du Canada (1969)	246
V.5	Répartition du trafic interurbain en tonnes-mille à l'actif des différents modes de transport, 1928-1964	249
V.6	Répartition de la population en 1961	251
V.7	Répartition des contributions faites à la Revue canadienne de géotechnique, selon les spécialités, les matériaux et les phénomènes géologiques, durant les années 1963 à 1969	259
VII.1	Répartition des cartes topographiques au 1/50 000 <sup>e</sup> qui couvrent 37 p. 100 de la superficie du Canada	296
VII.2	Étendue de la cartographie géologique au Canada	299
VII.3	Répartition des cartes géologiques des formations superficielles au Canada	302
VII.4	Répartition de la cartographie des sols au Canada	303
VII.5	Superficie du territoire canadien ayant fait l'objet de levés magnétométriques	307
VII.6	Progrès accomplis dans l'établissement des cartes gravimétriques du Canada	308
VIII.1	Carte du monde indiquant la répartition du budget canadien d'aide à l'étranger pour 1969-1970, soit 228 millions de dollars en aide directe à 72 pays	318

## Figures en appendice

5.1	Organigramme du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources	353
5.2	Organigramme de la Commission géologique du Canada	355
5.3	Graphique montrant l'importance respective des subventions de l'État accordées aux universités dans le domaine des sciences de la Terre ainsi que dans les domaines des sciences naturelles et du génie, durant les années 1958 à 1969	367

# Chapitre I

## Nature et structure de l'étude

«Les traités déplaisent aux gens astucieux, et soulèvent l'admiration des naïfs; quant aux sages, ils s'en servent.»

Francis Bacon, 1608

## I.1 Avant-propos

De tout temps l'instinct de la découverte a animé l'homme. Alors que le présent rapport était en gestation, l'astronaute Neil Armstrong devint le premier homme à fouler le sol lunaire. Ce triomphe de la science et de la technologie illustre bien le désir avide de l'homme d'explorer et de comprendre l'univers, ainsi que sa soif de connaissances.

Les sciences qui traitent de la géosphère ou partie solide de la Terre, objet de la présente étude spéciale, embrassent une large gamme d'activités visant à l'exploration de notre planète et à une meilleure utilisation du milieu dans lequel nous vivons. Comme Charles Kingsley l'a souligné il y a près d'un siècle, si nous ne voulons pas vivre sur cette Terre en ermites, nous devons apprendre à tirer le meilleur parti de notre milieu physique, tant pour assurer les progrès de notre technologie de l'abondance que l'aménagement du milieu pour notre confort et notre sécurité.

Le présent rapport indique combien les activités géoscientifiques influencent de nombreux et importants aspects de notre vie nationale. Dans le contexte d'une économie en expansion et d'un besoin sans cesse accru des sciences de la Terre pour développer le pays, nous proposons une série d'objectifs majeurs en vue d'accroître l'efficacité des activités géoscientifiques au Canada.

Notre pays offre des possibilités inégalées d'étudier de nombreux traits de la géosphère, par exemple la sédimentation et le volcanisme du Précambrien, les formations quaternaires, etc. Uniquement du point de vue scientifique, c'est pour nous une obligation, ainsi qu'un devoir envers la science mondiale, d'appliquer

notre compétence à l'étude des phénomènes terrestres, surtout de ceux qui sont propres au Canada.

Intrinsèquement, les sciences de la Terre présentent plus d'intérêt pour notre pays que toute autre discipline scientifique. Ce rapport propose qu'elles soient intégrées à notre culture nationale et largement enseignées dans nos écoles secondaires et nos universités. À vrai dire, comment pouvons-nous, à défaut de ces connaissances, jouir intelligemment des beautés de la nature et comprendre les forces qui les ont créées? Ne vaudrait-il pas mieux que les Canadiens apprécient davantage le milieu physique où ils évoluent?

L'industrie minière et pétrolière contribue largement à la richesse de notre pays et à notre commerce extérieur. L'exploitation des richesses minérales est également un facteur important du développement régional, notamment celui du Nord canadien. Elle nous permet de mieux affirmer nos droits à la souveraineté dans l'Arctique et de revendiquer le million et demi de milles carrés que constituent les étendues de la plate-forme continentale. L'essor soutenu de cette industrie exige que l'on renouvelle sans cesse les richesses minérales, grâce aux investissements de capitaux de risque, l'amélioration de la technologie et l'utilisation fructueuse des sciences de la Terre pour découvrir les gisements enfouis dans l'écorce terrestre.

Des facteurs tels que la répartition, les propriétés et la stabilité des sols, du pergélisol, des tourbières, des eaux souterraines et de différents types de roches affectent souvent les ouvrages du génie. Aussi les sciences de la Terre ont-elles des applications importantes dans le secteur de la construction, notamment en ce qui concerne les techniques de fondations. Elles sont utilisées également dans les domaines des transports et de la rénovation urbaine. La recherche géoscientifique sur le moskeg (fondrières à sphaignes) et le pergélisol s'impose afin que les prix de construction dans le Nord canadien puissent être abaissés au niveau de ceux qui

prévalent dans le sud, permettant ainsi à la population et à l'industrie de s'implanter dans le nord. D'autre part, nous nous devons d'améliorer nos connaissances de la mécanique terrestre et des phénomènes géomorphologiques, afin de pouvoir prédire le moment, le lieu et l'ampleur des tremblements de terre, des glissements de terrains, des inondations et autres catastrophes naturelles.

Les sciences de la Terre sont également fort utiles dans le domaine des richesses renouvelables. Les matériaux qui forment la surface de la Terre et les processus géologiques qui les ont engendrés conditionnent l'existence de ressources telles que les terres arables, les forêts et les eaux souterraines. L'utilisation rationnelle de ces richesses dépendra de plus en plus des activités géoscientifiques.

En ce qui concerne l'aide aux pays en voie de développement, le Canada pourrait grandement aider les jeunes nations en mettant en œuvre sa compétence géoscientifique pour le développement des richesses naturelles des pays du Tiers monde. Comme l'explique le chapitre VIII, un des premiers buts de l'aide canadienne doit être de fournir cette expertise à une échelle beaucoup plus grande que par le passé.

## 1.2 Buts de l'étude

Cette étude a pour *but général* de passer complètement en revue les activités scientifiques au Canada portant sur la géosphère, de juger si elles sont suffisantes, et de soumettre des recommandations quant aux activités futures afin que celles-ci contribuent le plus efficacement au développement économique et social du Canada.

Il importe de souligner que la présente étude ne traite que de la géosphère, en dessous de son aire de contact avec l'air et l'eau. Non seulement comprend-elle la recherche et le développement géoscientifiques, mais elle englobe également des secteurs connexes tels que la collecte des données scientifiques, l'informatique scientifique et divers aspects de la forma-

tion professionnelle.

Plus précisément, les *buts spécifiques* de l'étude sont les suivants;

1. Analyser la structure des activités géoscientifiques canadiennes se rapportant à la géosphère et comparer s'il y a lieu ces activités à celles d'autres pays.

2. Évaluer toutes les activités géoscientifiques de l'industrie, des organismes de l'État, des universités et autres organismes.

3. Analyser les sommes dépensées en activités géoscientifiques, en considérant leurs sources, leur répartition et leur rentabilité.

4. Étudier le nombre, la répartition et les qualifications du personnel engagé en sciences de la Terre.

5. Étudier divers aspects de la formation des scientifiques et techniciens qui travaillent dans ces domaines en tenant compte de l'influence de la recherche à l'étranger, ainsi que de l'offre et de la demande.

6. Inventorier les modes d'échange d'informations et leur efficacité, en considérant les publications, les réunions, les séminaires, les cours de recyclage et les activités des sociétés savantes et des groupements professionnels.

7. Suggérer les principaux objectifs que l'on doit fixer aux différentes disciplines géoscientifiques dans le contexte de l'ensemble du pays et de ses provinces géologiques, tout en définissant l'importance relative de ces objectifs et en indiquant les moyens de les atteindre.

8. Définir la compétence du Canada dans le domaine des sciences de la Terre en prévision de l'aide aux pays en voie de développement, y compris les programmes de formation, les échanges de scientifiques et l'utilisation de cette compétence pour mettre en valeur les richesses naturelles de ces pays.

## 1.3 Envergure de l'étude

De portée très vaste, cette étude couvre des sujets aussi divers que l'organisation, les effectifs, les dépenses, les échanges d'informations, le développement scien-

tifique, les aspects culturels, le développement économique, le développement régional, ainsi que d'autres applications pratiques grâce auxquelles les sciences de la Terre influent sur le bien-être économique et social des Canadiens. L'étude embrasse en tout environ 40 champs d'activité scientifique (voir annexe n° 4).

L'étude englobe les travaux d'exploration des industries minière et pétrolière (valeur de la production minérale en 1968: 4.7 milliards de dollars), les aspects géotechniques du secteur de la construction (valeur des travaux en 1968: 12.2 milliards de dollars), ainsi que l'utilisation du sol et de la terre arable en exploitation forestière et en agriculture. Elle tient compte des multiples activités géoscientifiques des organismes fédéraux, notamment du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, ainsi que celles des administrations provinciales chargées des richesses naturelles, des conseils provinciaux de recherches et des sociétés d'utilité publique, telles les régies provinciales d'énergie hydroélectrique. Quelque 35 universités canadiennes ont apporté leur concours, grâce à leurs départements des sciences géologiques, de géophysique, de géographie physique, de pédologie (à l'exclusion des études ayant trait à la fertilité), de génie minier (mécanique des roches seulement) et de génie civil (mécanique des sols et des roches seulement).

On a exclu de la présente étude les sciences de la Terre concernant l'hydrosphère et l'atmosphère, car ces dernières ont déjà été traitées dans des études spéciales au Conseil des sciences, soit: *Upper Atmosphere and Space Programs in Canada* (étude n° 1), *Physics in Canada: Survey and Outlook* (étude n° 2), La recherche dans le domaine de l'eau au Canada (étude n° 5), et La chimie et le génie chimique au Canada: étude sur la recherche et le développement technique (étude n° 9). *On n'a pas inclus l'important domaine des technologies de la neige et de la glace qui mérite, à lui seul, une étude spéciale.*

Le présent rapport ne couvre l'industrie minérale que jusqu'à la phase de la mise en valeur des mines et des gise-

ments pétroliers. Il expose les différents aspects de l'exploration minière et pétrolière, y compris les sondages, les levés, ainsi que les recherches sur le terrain et en laboratoire se rapportant à la géologie, la géophysique et la géochimie; toutefois, la question des frais de piquetage, d'achats de terrain et de forages d'exploitation n'est pas traitée. *En raison de ces limitations apportées au sujet, nous prions instamment le Conseil des sciences d'apporter un complément au présent rapport en instituant une autre étude spéciale des autres aspects essentiels de la science et de la technologie des substances minérales au Canada.*

## I.4 Définition des activités en sciences de la Terre

*Les sciences de la Terre qui traitent de la géosphère* comprennent la géologie, la géophysique, la géochimie, la géographie physique, la géotechnique (application des sciences de la Terre au génie civil) et des disciplines telles que la mécanique des sols, la mécanique des roches, la géologie du pétrole, l'hydrogéologie, la pédologie, etc. (voir annexe n° 4).

La présente étude ne traite pas seulement de la recherche et du développement (R & D) mais de la collecte des données et des services qui procurent l'information scientifique. Elle couvre tant les travaux exécutés sur le terrain que les études faites en laboratoire. Étant donné le rôle important que l'industrie joue dans ce domaine et considérant le fait que le Bureau fédéral de la statistique (BFS), dans ses études sur la R & D industrielle, exclut généralement l'élément de R & D de la prospection pour les substances minérales et des levés géoscientifiques<sup>1</sup> effectués sur le terrain à des fins d'exploration, nous avons modifié certaines des définitions que le BFS donne des activités scientifiques en question. Ces modifications concernent surtout notre interprétation des mots «développement technique» (à ne pas confondre en anglais avec la mise en valeur des mines et gisements de pétrole, qui est exprimée

également par le mot «development») et notre conviction que *les levés sur le terrain peuvent être effectués à des fins de recherche*, c'est-à-dire en vue de faire progresser les connaissances scientifiques. La recherche et le développement géoscientifiques constituent un élément essentiel des activités de prospection pour les substances minérales (voir la section IV.3) et on les entreprend surtout sur le terrain (voir tableau II.16). La Terre constitue le sujet d'étude du géologue et son laboratoire naturel est le terrain.

À partir des définitions utilisées couramment par le Bureau fédéral de la statistique et l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), et après des entretiens avec les chercheurs du secteur privé, de l'État et des universités, nous avons pu classer les activités scientifiques se rapportant aux sciences de la Terre en différentes catégories (voir tableau I.1) et nous avons établi les définitions subséquentes. Tout au long de notre étude, nous avons utilisé ces définitions dont des exemples particuliers furent au préalable insérés dans nos questionnaires.

**Tableau n° I.1 - Liste des activités scientifiques**

Nature de l'activité	Bureau et laboratoire	Terrain (prospection)
A) Recherche fondamentale	X	X
B) Recherche appliquée	X	X
C) Développement technique	X	X
D) Interprétation des données scientifiques	X	
E) Collecte des données scientifiques	X	X
F) Information scientifique	X	

Voici les définitions:

*A) La recherche fondamentale est effectuée en vue du progrès des connaissances scientifiques, sans que l'on se fixe un but pratique. La curiosité scientifique et l'intérêt porté à la Nature guident le chercheur. Cette recherche fait progresser la science et produit des résultats ayant une importance fondamentale générale.*

Exemples:

1. Calcul de l'amortissement dans un matériau élastique stratifié des forces élastiques créées par une source d'énergie ponctuelle variant avec le temps.

2. Étude de l'origine et de l'histoire géologique des complexes de carbonatites du Canada.

3. Étude de la structure des «pingos» dans les Territoires du Nord-Ouest.

4. Séparation des facteurs de potentiel thermodynamique d'un mélange de terre et d'eau.

*B) La recherche appliquée vise à agrandir le champ des connaissances en vue d'atteindre un but pratique. Elle cherche à servir l'humanité en appliquant les résultats des recherches scientifiques à un problème, une technique ou un produit. Les motifs qui la dirigent la distinguent de la recherche fondamentale.*

Exemples:

1. La cartographie géologique détaillée et autres recherches connexes effectuées en laboratoire pour déterminer les facteurs de minéralisation et découvrir de nouvelles méthodes de prospection minière.

2. Les études pétrographiques de roches carbonatées du Dévonien en vue d'établir des relations entre leurs caractéristiques et le milieu sédimentaire d'accumulation pétrolière.

3. La mise au point d'une nouvelle technique visant à détecter les variations accidentelles localisées du champ magnétique terrestre, dans le but d'améliorer la prospection géophysique.

<sup>1</sup>La distinction que le BRS fait à ce sujet est assez ambiguë; elle s'énonce ainsi: «La R & D dans le domaine scientifique *exclut* les levés géologiques et géophysiques, la cartographie, la prospection et autres activités dont ne résultent pas des progrès scientifiques ou technologiques». On ne voit pas clairement si l'on exclut les levés du fait de leur *nature même* ou si l'on considère seulement ceux d'entre eux dont ne résultent pas des progrès scientifiques ou technologiques. Quand on entreprend un levé, comment apprécier en quelques mois s'il ne résultera ou non un progrès scientifique ou technologique? La «recherche» en physique ou en chimie, que l'on effectue en laboratoire, n'amène pas toujours des progrès scientifiques, et cependant on la qualifie de recherche, car on a l'*intention* de découvrir de nouveaux principes scientifiques. On doit appliquer la même interprétation aux activités géoscientifiques, qu'elles soient exécutées en laboratoire ou sur le terrain, soit en vue de la prospection minière, soit à d'autres fins. Dans la façon dont on considère ces activités, on doit se servir de critères comparables à ceux que l'on utilise dans les autres domaines des sciences physiques.

4. Les études sur les rapports entre les propriétés des sols et la compaction, ayant pour but d'améliorer les devis des barrages de terre.

*C) Le développement technique est l'utilisation des connaissances scientifiques pour la mise au point expérimentale d'un nouveau dispositif, produit ou procédé. Il peut comprendre la mise au point de prototypes d'instruments scientifiques et une suite complète d'essais de ces instruments sur le terrain.*

Exemples:

1. La mise au point d'un dispositif électromagnétique aéroporté de mesure des trois vecteurs du champ magnétique, ainsi que l'expérimentation de cet appareil au cours de vols spéciaux.

2. L'expérimentation sur le terrain, avant les levés systématiques, des conditions sismiques, aéromagnétiques et gravimétriques, en vue de déterminer les paramètres indispensables aux levés de terrain et de guider les travaux d'exploration.

3. Les études géochimiques sur le terrain pour déterminer les meilleures méthodes d'échantillonnage.

4. La mise au point d'un nouveau type d'extensomètre pour la mesure des contraintes dans le roc des chantiers.

*D) L'interprétation des données scientifiques comprend, comme son nom l'indique, l'interprétation des données concernant la géologie, la géophysique, la géochimie et les sondages, ainsi que les frais connexes d'informatique, afin de satisfaire les exigences opérationnelles de l'industrie.*

Exemples:

1. L'interprétation en prospection pétrolière de cartes et de coupes d'isopaches, de lithofaciès et de gradients de pression.

2. L'interprétation de levés géophysiques pour déterminer le meilleur emplacement des sondages de reconnaissance.

3. Le traitement informatique de grandes quantités de données géoscientifiques, en vue de définir la forme et les autres caractères physiques des structures

enfouies susceptibles de contenir des gisements rentables,

Quand de nouvelles techniques ou de nouveaux procédés sont mis au point, l'activité scientifique devient recherche. Par ailleurs, la compilation même des données est à ranger sous la rubrique de la collecte des données scientifiques.

*On doit souligner que dans cette étude, le «développement technique» englobe l'interprétation des données géoscientifiques.* Voici les raisons essentielles qui font que l'on s'est écarté des critères qu'adopte normalement le Bureau fédéral de la statistique:

a) L'interprétation des études géologiques, géophysiques et géochimiques relatives à la prospection minière ou pétrolière constitue une activité scientifique compliquée, qui s'exerce selon des méthodes peu ou non habituelles. En général, cette activité exige une expérience et des connaissances scientifiques considérables. Contrairement aux études topographiques et bathymétriques, les études géoscientifiques tiennent compte de variables d'ordre naturel qui présentent de nombreux caractères de discontinuité et qui sont modifiées par nombre de facteurs très complexes. En outre, on connaît imparfaitement ces variables et il est difficile de les mesurer avec précision. Comme on le dit à la section IV.3, il n'y a pas deux gisements de minerai ou de pétrole qui sont exactement semblables. Aussi, quand on essaye de démêler les caractères cachés des matériaux de la croûte terrestre et de reconstituer leur histoire, il faut mettre au service de l'interprétation des données les meilleures connaissances dont on dispose afin d'apprécier les probabilités de gisements rentables avec le maximum d'exactitude.

b) L'interprétation de ces levés constitue l'activité primordiale des sociétés d'exploration minière. Sur les 32 millions de dollars dépensés en 1968 par les sociétés minières et pétrolières en «développement technique», on estime que 30 millions ont été consacrés à l'interprétation des données scientifiques (tableau II.2) contre 7 millions en recherche fon-

damentale et appliquée (tableau II.2) et 343 millions en collecte de données scientifiques (tableau II.3). Si l'on range l'interprétation des données sous la rubrique «recherche et développement technique», on constate que les frais de R & D géoscientifique des sociétés minières et pétrolières canadiennes ont atteint 10 pour cent de leurs dépenses totales afférentes aux sciences de la Terre en 1968. Cette proportion constitue une évaluation raisonnable, car l'essor de l'industrie minière et pétrolière dépend beaucoup de telles activités géoscientifiques.

c) Finalement, l'interprétation des données scientifiques conduit directement aux innovations dans l'industrie minière, c'est-à-dire à la découverte de gisements rentables grâce à l'exploitation des connaissances scientifiques.

*E) La collecte des données scientifiques consiste dans le rassemblement systématique des observations topographiques, hydrographiques, géologiques, géophysiques et géochimiques, et elle tient compte des frais de sondage et des mesures usuelles en laboratoire. La collecte des données, notamment celles recueillies sur le terrain, présente un intérêt essentiel car la science ne saurait exister sans ces données.*

Exemples des activités visées:

1. Le sondage au diamant pour découvrir et délimiter les gîtes métallifères.
2. Les levés géophysiques aéroportés ou au sol en vue de guider la prospection.
3. Le traitement électronique usuel des données géoscientifiques, par exemple les données sismiques.
4. Les essais usuels sur la porosité et la perméabilité des sols et des roches.

*F) L'information scientifique comprend toutes les activités ayant trait à la diffusion des données scientifiques et technologiques relatives à la géosphère, telles que les frais de publication, de dessin, les bibliothèques géoscientifiques, les expositions, l'achat de programmes d'informatique et de diagraphies de puits pétroliers, ainsi que la participation à des congrès scientifiques.*

Ces questions de définitions ne sont

pas seulement un problème de sémantique. Les «services scientifiques» tels que la cartographie géologique, les levés géophysiques, la cartographie de l'utilisation des terrains, etc., revêtent une importance singulière pour le développement des richesses naturelles, comme le reconnaissent tous les géologues ainsi que le Conseil des sciences du Canada.<sup>1</sup> Si les définitions telles qu'elles sont formulées excluent d'importants secteurs de l'industrie du bilan national de la recherche et du développement scientifiques, cela revient à grossir injustement l'aide fournie par les organismes publics et les universités et à enlever toute valeur réelle à ce bilan. Nous estimons que les définitions de la recherche et du développement devraient englober les activités qui sont effectuées sur le terrain dans un but de recherche et en vue de découvrir de nouveaux principes scientifiques qui permettront, entre autres choses, de mieux guider l'exploration minière et pétrolière.

On pense généralement dans les milieux géoscientifiques canadiens qu'il est injustifié, à la fois pour des raisons théoriques et pratiques, d'exclure, comme c'est le cas à présent, les recherches qui sont faites sur le terrain. Tout bien pensé, nous estimons qu'il importe peu que la R & D soit effectuée sur le terrain ou au laboratoire.

Nous fondant sur ces arguments, et à la lumière des résultats de la présente étude, nous estimons que:

<sup>1</sup> Les soi-disant services scientifiques comprennent les levés de terrain et la collecte des données scientifiques, les bibliothèques et les services d'information techniques et scientifiques, les musées, etc. «En raison de la grandeur du Canada, des particularités de sa géographie et de l'importance de la mise en valeur de ses ressources naturelles pour son économie, ces services scientifiques sont plus importants pour le pays qu'ils ne le sont pour de nombreuses autres nations. Les définitions habituelles de la recherche et du développement excluent ces activités. Le Canada aurait tort de maintenir cette attitude et de continuer à ignorer l'importance de ces services». Rapport n° 4 du Conseil des sciences du Canada, p. 7-8, octobre 1968. «Vers une politique nationale des sciences au Canada»

---

### *Conclusion I.1*

*Le Bureau fédéral de la statistique devrait clarifier les définitions qu'il donne des activités scientifiques afin de confirmer que les travaux géoscientifiques qui sont effectués sur le terrain en vue de découvrir de nouveaux principes scientifiques et de nouvelles applications de ces principes, doivent être considérés comme étant de la recherche. On doit également envisager de classer sous la rubrique «recherche et développement» les travaux d'interprétation des levés géoscientifiques servant à l'exploration minière et pétrolière.*

---

## I.5 Déroulement de l'étude

On a commencé la présente étude en septembre 1968, après que le Conseil des sciences eût approuvé, le 25 juin 1968, l'esquisse d'un projet détaillé, dû au professeur Blais. Ce dernier, en qualité de directeur du Groupe d'études, ainsi que M. C. H. Smith, agent de liaison, obtinrent de leurs employeurs respectifs un congé spécial de 16 mois, afin qu'ils puissent se consacrer entièrement à cette entreprise. Les autres membres du Groupe d'études, dont la liste figure à l'Annexe n° 2, ont collaboré à temps partiel à la réalisation de l'étude et à la rédaction du présent rapport.

Au cours de l'été 1968, le Conseil des sciences nomma un Comité des sciences de la Terre, sous la présidence de M. W. H. Gauvin, en vue d'analyser le rapport du Groupe d'études et de faire les recommandations au sujet de sa publication; le Comité a élaboré un rapport séparé<sup>1</sup> présentant les recommandations du Conseil au sujet des mesures à prendre. D'autres recommandations du Conseil, relatives au financement de l'activité géoscientifique, seront contenues dans une série ultérieure d'études synoptiques se rapportant aux industries du secteur primaire.

### **Réunions du Groupe d'études**

Seize jours, en tout, ont été consacrés à six réunions officielles tenues de septembre 1968 à novembre 1969. Le Conseil

des sciences a étudié le rapport complet lors de sa réunion du 15 janvier 1970 et le Groupe d'études termina ses discussions le 29 janvier 1970.

### **Réunions du Comité des sciences de la Terre**

De septembre 1968 à mai 1969, le Comité du Conseil des sciences s'est réuni trois fois pour prendre connaissance des travaux en cours et discuter des rapports présentés par le directeur du Groupe d'études et l'agent de liaison. En outre, le Comité s'est réuni quatre fois entre novembre 1969 et janvier 1970 pour rédiger son rapport pour le Conseil des sciences.

### **Réunions dans tout le Canada**

Entre octobre 1968 et avril 1969, le Groupe d'études s'est livré à une évaluation de l'activité géoscientifique, à l'échelle nationale, et certains de ses membres ont parcouru jusqu'à 12 000 milles pour ce faire. En tout 128 réunions officielles ont été organisées: 53 dans 35 universités, 44 avec des représentants de 46 organismes publics, 14 avec des personnes du secteur privé. Dix-sept autres réunions ont eu lieu, qui ont notamment permis des entretiens avec des représentants du Conseil du Trésor, du Ministère des Finances et de l'Agence canadienne de développement international.

Au total, 1 509 personnes ont assisté à ces réunions: 364 professeurs, 417 étudiants diplômés ou du 1<sup>er</sup> cycle, 482 géologues et géophysiciens de l'État, 109 membres du secteur privé et 137 autres personnes.

En moyenne, quatre membres du Groupe d'études participaient à chacune de ces 128 réunions. Tous les membres du Comité consultatif du Conseil des sciences ont participé à une ou plusieurs réunions où était représenté au moins un des groupes précités, ce qui leur a permis d'examiner de plus près l'étude et de mieux apprécier les opinions exprimées dans divers milieux géoscientifiques.

<sup>1</sup> *Les sciences de la Terre au service du pays-Recommandations. Rapport n° 7 du Conseil des sciences. Ottawa, Imprimeur de la Reine, 1970.*

De plus, les membres du Comité consultatif ont reçu des exemplaires de toutes les analyses, documentation et mémoires, etc., et ont été tenus constamment au courant de la marche des opérations.

Ces réunions ont été très fructueuses car en plus de susciter l'intérêt général envers l'étude, elles ont permis de recueillir les opinions précieuses des hommes de science et des ingénieurs de différents secteurs. Nos rencontres avec des étudiants de géologie, de géophysique et de géographie physique dans de nombreuses universités canadiennes ont été également très enrichissantes.

### Questionnaires

Dans toute enquête, les questionnaires font figure de «bête noire». Mais, comme nous n'avions pas d'autres moyens d'obtenir rapidement, et à partir de sources fiables, les renseignements d'ordre quantitatif et qualitatif indispensables pour atteindre les objectifs de notre étude (voir section I.2), nous avons élaboré quatre questionnaires distincts destinés respectivement à l'industrie minière (et avec quelques variantes aux consultants géoscientifiques et géotechniques), à l'industrie de la construction, aux départements

universitaires et aux organismes de l'État. Dans les quatre questionnaires, nous avons posé des questions similaires, sauf quelques variantes appropriées à chaque secteur. Des exemplaires de ces questionnaires sont conservés au Conseil des sciences du Canada.

Les réponses aux questionnaires fournies par le secteur privé ont été codées et analysées de façon à ce qu'aucun membre du Groupe d'études, à l'exception de l'agent de liaison et de son adjoint, ne puisse identifier les sociétés ou les personnes ayant répondu. On a rassemblé les réponses aux différentes questions dans des recueils volumineux, dont la synthèse a largement contribué à étayer le présent rapport. Ces recueils de données, avec les réponses codées qu'ils contiennent, figurent au dossier des sciences de la Terre qu'on peut consulter en s'adressant au Conseil des sciences du Canada. Le tableau suivant donne le compte-rendu des questionnaires.

### Études de documentation

Principalement grâce au Comité consultatif national pour la recherche en sciences géologiques, au Comité associé de géodésie et de géophysique, au Comité

**Tableau 1.2—Compte-rendu des questionnaires**

Organismes ayant répondu	Total des envois	Réponses complètes	Représentativité (en pourcentage)
Sociétés minières	175	86	70 <sup>a</sup>
Sociétés pétrolières et gazières	100	43	70 <sup>a</sup>
Consultants scientifiques	310	48	40 <sup>b</sup>
Groupes géotechniques	93	37	70 <sup>b</sup>
Organismes fédéraux	28	28	100
Organismes provinciaux	14	14	100
Conseils provinciaux des recherches	7	7	100
Départements universitaires:	78	64	82
Géologie	31	31	100
Géophysique <sup>c</sup>	7	7	100
Pédologie	4 <sup>c</sup>	2	†
Géographie <sup>d</sup>	27	17	70
Génies civil et minier	9 <sup>c</sup>	7	†
<b>Totaux</b>	<b>805</b>	<b>327</b>	<b>64</b>

<sup>a</sup> Évaluation basée sur les pourcentages de questions ayant reçu une réponse complète et de celles laissées en blanc, ainsi que d'autres données statistiques, y compris le montant déclaré de la production minière pour 1968 (2,7 milliards de dollars) pour les firmes minières et pétrolières ayant répondu.

<sup>b</sup> Évaluation basée sur l'activité géoscientifique interne de ces firmes.

<sup>c</sup> Ce chiffre comprend les divisions de géophysique des départements de physique.

<sup>d</sup> Géographie physique seulement.

<sup>e</sup> Envois incomplets.

<sup>f</sup> Non calculé.

associé des recherches sur le Quatenaire, au Comité associé de la recherche géotechnique et à la Division de géotechnique de l'Institut des Ingénieurs du Canada, et avec l'aide bénévole d'un certain nombre de scientifiques des secteurs universitaire, public et privé, nous avons eu l'avantage d'obtenir 40 études de documentation embrassant la plupart des disciplines en sciences de la Terre (voir annexe n° 4). La plupart de ces études ont été rédigées et présentées avant la fin de l'année 1968. Chacune a été diffusée à quelque 50 à 110 spécialistes des secteurs privé, public et universitaire, afin qu'ils puissent la critiquer. Afin de permettre de mieux apprécier les problèmes fondamentaux concernant la géologie au Canada et de fixer, en conséquence, certains objectifs majeurs, on a rédigé, par ailleurs, 10 études de documentation sur les provinces géologiques du Canada et 3 autres sur des sujets spéciaux.

Bref, ces études de documentation ont été revues par 2 560 personnes, sans compter les membres du Groupe d'études et du Comité du Conseil des sciences. Nous avons cherché à obtenir un échantillonnage vraiment représentatif des opinions et, en moyenne, chaque étude a été évaluée par 22 personnes. Il est à noter que certaines critiques ont été très vives et que la plupart des réponses ont fourni des conseils valables ainsi qu'un supplément d'information. Afin d'encourager la libre expression des opinions, nous avons distribué tous ces documents en conservant l'anonymat de leurs auteurs.

La Commission géologique du Canada a publié séparément plusieurs de ces études, sous l'égide du Comité consultatif national pour la recherche en sciences géologiques.<sup>1</sup> D'autre part, l'Institut canadien des mines et de la métallurgie a publié les études sur les provinces géologiques du Canada.<sup>2</sup> Ces deux séries d'études constituent une documentation précieuse sur les sciences de la Terre au Canada et nous en avons tiré un grand parti. D'ailleurs, nous avons adopté plusieurs des recommandations soumises par ces spécialistes.

## Mémoires

Nous avons reçu 27 mémoires en réponse aux invitations transmises aux sociétés géoscientifiques canadiennes et autres groupes (voir l'annexe n° 3). Grâce à ces mémoires, nous avons pu mieux apprécier la contribution des sciences de la Terre au développement du pays.<sup>3</sup>

## I.6 Structure du rapport

Comme le montre la Table des matières, le rapport est articulé en fonction de grands objectifs nationaux. Au lieu d'examiner le caractère intrinsèque des diverses disciplines, nous avons essayé plutôt de montrer en quoi les sciences de la Terre sont utiles au pays. Grâce à ce point de vue général, nous montrons comment ces sciences pourront à l'avenir apporter une meilleure contribution que par le passé à des grands objectifs, tels le progrès économique, l'éducation et le développement personnel.

Quatre raisons principales justifient cette attitude: a) on trouvera dans la documentation mentionnée ci-dessus des exposés bien fondés des différentes disciplines des sciences de la Terre; b) notre étude concernait directement les besoins du pays; c) ce mode d'analyse permet de mieux élaborer les politiques scientifiques nationales; d) l'examen des objectifs du pays sera valable plus longtemps qu'une étude individuelle des disciplines concernées.

Pour faciliter ce mode de présentation, nous avons cru bon d'introduire quelques répétitions dans le texte et de fournir de nombreuses références aux différentes sections des chapitres.

Enfin, en plus des points saillants décrits au début de ce rapport, nous avons résumé le sujet au début de chaque chapitre.

<sup>1</sup>Smith, C. H., éditeur. «*Background Papers on Earth Sciences in Canada*», Commission géologique du Canada, rapport spécial 69-56, 1970.

<sup>2</sup>«*Geological Regions in Canada-Appraisal and Outlook*», une série de dix études de documentation publiées dans les numéros de janvier et février 1970 du Bulletin de l'Institut Canadien des mines et de la métallurgie.

<sup>3</sup>Les lecteurs que ces mémoires intéressent particulièrement peuvent les consulter au Conseil des sciences du Canada, ou prendre contact avec les auteurs.

# Chapitre II

## Traits généraux

«Les institutions ont toujours tendance à graviter. À l'instar des horloges, il faut de temps à autre, les nettoyer, les remonter et les régler.»

Henry Ward Beecher dans *Life Thoughts*.

## II.1 Sommaire

Les sciences de la Terre exercent sur notre vie nationale une influence qui dépasse de beaucoup l'étendue de leurs rapports avec l'industrie minérale, connus de tout le monde. Le présent rapport, de par son agencement même, indique les affinités qui existent entre ces sciences et les industries primaires (exploitation minière et pétrolière, agriculture et ressources renouvelables), l'aménagement du territoire, la construction et, ce qui est tout aussi important, la vie scientifique et culturelle et les activités récréatives des Canadiens. Cette étude, la première en son genre au Canada, repose sur un inventaire détaillé des activités géoscientifiques au pays.

Dans le premier chapitre, où nous avons indiqué la portée de notre étude, nous avons prévenu le lecteur que nous donnons à l'expression «recherche et développement» une signification quelque peu différente de celle qui est utilisée par le Bureau fédéral de la statistique (BFS). Ceux qui voudraient comparer nos statistiques aux résultats fournis par d'autres enquêtes, où les travaux sur le terrain ne sont pas comptés dans la recherche et le développement, pourront quant même utiliser nos données car dans la plupart des cas nous les avons divisées en travaux de laboratoire et en travaux sur le terrain. Le premier chapitre mentionne également que notre étude ne se confine pas exclusivement à la recherche et au développement mais qu'elle embrasse le cycle complet de l'activité géoscientifique. À cet égard, elle se distingue des rapports antérieurs du Conseil des sciences et des dernières enquêtes industrielles du Bureau fédéral de la statistique. La collecte des données scientifiques est une tâche

importante et coûteuse qu'on ne peut laisser de côté lorsqu'on établit les lignes directrices et l'orientation des sciences de la Terre. Il faut avertir le lecteur qu'il ne doit pas comparer directement les déboursés considérables qu'impose la collecte des données scientifiques de ce genre (surtout à l'industrie) que nous présentons dans ces pages, aux frais de recherche et de développement qu'il trouvera dans d'autres études.

Le présent chapitre recueille des données touchant les niveaux actuels et projetés de dépenses en sciences de la Terre, l'utilisation de la main-d'œuvre par l'industrie, les secteurs publics et les universités, de même que l'information sur la mise en œuvre d'autres moyens de coordonner leurs travaux. Ce chapitre constitue donc le point de départ de l'examen des objectifs et des niveaux d'activité à venir.

## II.2 Le niveau national d'activité

### Les déboursés

Au cours de 1968, les dépenses nationales attribuables aux sciences de la Terre ont atteint 468 millions de dollars (tableau II.1) dont 87 pour cent ressortissent aux industries pétrolière et minière ainsi qu'à l'industrie de la construction.<sup>1</sup> L'industrie pétrolière est de beaucoup la plus impliquée puisqu'elle a fourni 64 pour cent de ce montant. Huit sociétés pétrolières ont assumé à elles seules 28 pour cent des dépenses nationales de travaux géoscientifiques.

Les déboursés du pays pour la *recherche et le développement* géoscientifiques atteignaient 66 millions de dollars (14 pour cent du total, voir le tableau II.2). Les universités, les conseils de recherche et les consultants miniers et pétroliers consacraient à la recherche et au développement plus de 50 pour cent de leurs

<sup>1</sup>Si nous écartons les dépenses particulières à la construction à l'agriculture, à l'aide extérieure, aux activités culturelles et récréatives, etc., les dépenses de travaux géoscientifiques entrepris pour l'industrie minérale atteignaient environ 9 pour cent de la valeur totale de la production minière en 1968

**Tableau II.1—Répartition pour 1968 des dépenses pour travaux géoscientifiques par secteurs canadiens de réalisation**

Secteurs de réalisation	Dépenses totales de R & D, de collecte des données et d'information géoscientifiques	
	milliers de \$	% du total partiel
<i>Industries</i>		
—pétrolière	299 364 <sup>a</sup>	73
—minière	87 836	22
Consultants	4 443	1
—de construction	717	0
Consultants	17 237	4
<b>Total partiel</b>	<b>409 597</b>	<b>100</b>
<b>% du total</b>	<b>(87%)</b>	
<i>Secteurs publics</i>		
fédéral	34 440	67
provinciaux	15 389	30
Conseils des recherches (provinciaux)	1 769	3
<b>Total partiel</b>	<b>51 598</b>	<b>100</b>
<b>% du total</b>	<b>(11%)</b>	
<i>Universités</i>	7 116	
<b>% du total</b>	<b>(2%)</b>	
<b>Total</b>	<b>468 311</b>	<b>(100%)</b>

<sup>a</sup> Les trois derniers chiffres n'ont probablement pas d'importance. On les donne cependant dans tous les tableaux en raison du détail comptable des dépenses réparties en de nombreuses catégories et dont les données provenaient de bien des sources différentes. Les chiffres sont arrondis dans le texte.

**Tableau II.2—Répartition pour 1968 du total des dépenses pour la R & D<sup>a</sup> géoscientifique, par secteurs de réalisation**

Secteurs de réalisation	Dépenses de R & D								% du total des dépenses en sciences de la Terre
	Total		Recherche fondamentale		Recherche appliquée		Développement géoscientifique		
	milliers de \$	%	milliers de \$	%	milliers de \$	%	milliers de \$	%	
<i>Industries</i>									
—pétrolière	32 165	77	1 801	91	3 794	59	26 570	79	11
—minière	7 091	17	131	7	1 692	26	5 268	16	8
Consultants	2 281	5	47	2	540	9	1 694	5	51
—de construction	—	—	—	—	—	—	—	—	< 1
Consultants	459	1	—	—	400	6	59	< 0.2	3
<b>totaux partiels</b>	<b>41 996</b>	<b>100</b>	<b>1 979</b>	<b>100</b>	<b>6 426</b>	<b>100</b>	<b>33 591</b>	<b>100</b>	
<b>% du total partiel</b>	<b>(100%)</b>		<b>(5%)</b>		<b>(15%)</b>		<b>(80%)</b>		
<i>Secteurs publics<sup>b</sup></i>									
—fédéral	13 388	77	3 782	89	7 317	67	2 289	100	39
—provinciaux	2 924	17	134	3	2 773	26	17	< 0.1	19
Conseils des recherches (provinciaux)	1 156	6	352	8	790	7	14	< 0.1	65
<b>totaux partiels</b>	<b>17 468</b>	<b>100</b>	<b>4 268</b>	<b>100</b>	<b>10 880</b>	<b>100</b>	<b>2 320</b>	<b>100</b>	
<b>% du total partiel</b>	<b>(100%)</b>		<b>(25%)</b>		<b>(62%)</b>		<b>(13%)</b>		
<i>Universités<sup>c</sup></i>	6 616	—	4 565	—	1 720	—	331	—	93
<b>% du total partiel</b>	<b>(100%)</b>		<b>(69%)</b>		<b>(26%)</b>		<b>(5%)</b>		
<b>Totaux</b>	<b>66 080</b>	<b>100</b>	<b>10 812</b>	<b>100</b>	<b>19 026</b>	<b>100</b>	<b>36 242</b>	<b>100</b>	<b>14</b>
<b>% du total partiel</b>	<b>(100%)</b>		<b>(16%)</b>		<b>(29%)</b>		<b>(55%)</b>		

<sup>a</sup> Voir au 1<sup>er</sup> Chapitre les définitions et des exemples de R et D. Aux fins de notre étude, l'interprétation des données géoscientifiques et le coût des travaux sur ordinateurs sont rangés sous la rubrique *développement*, même s'ils ont servi à satisfaire aux besoins opérationnels de l'exploration minière et pétrolière.

<sup>b</sup> Cette rubrique comprend les travaux géoscientifiques des organismes publics concernant toutes les catégories du secteur industriel mentionné ci-dessus, de même que la défense, l'aide extérieure, etc. C'est pourquoi il ne faut pas comparer les déboursés des secteurs publics et ceux de l'industrie, tels qu'ils apparaissent dans ce tableau.

<sup>c</sup> D'après le coût de fonctionnement indiqué par les départements de sciences de la Terre, en tenant compte du pourcentage de temps consacré à l'enseignement (env. 50 p. cent).

crédits réservés aux travaux géoscientifiques, tandis que les entrepreneurs et les consultants en construction accordaient moins de 3 pour cent à ce poste. Toutefois c'est l'industrie pétrolière qui dépensait le plus en R & D (soit 50 pour cent du total national pour les sciences de la Terre); cette situation est largement due au coût de l'interprétation des données géologiques et géophysiques de l'infrastructure, coût que nous incluons sous la rubrique «développement» dans notre rapport.

La nécessité de faire de nombreux relevés préliminaires coûteux donne une importance particulière à la *collecte des données* géoscientifiques (tableau II.3). La grandeur du Canada, ainsi que l'éloignement de bien des régions, exigent le recours fréquent aux avions, aux navires et éventuellement aux satellites, afin de recueillir les données nécessaires à la prospection scientifique, à la recherche et à l'aménagement rationnel du territoire. Les sondages en profondeur entraînent des dépenses considérables (soit 44% du coût de la collecte des données). L'industrie attribue près de 90 pour cent de ses crédits pour les sciences de la Terre à la collecte des données scientifiques, soit 389 millions de dollars en 1968 (83 pour cent du montant national des dépenses pour les sciences de la Terre).

Les dépenses d'information géoscientifique (tableau II.4) ont atteint 13 millions de dollars (ou 3 pour cent du total). Les organismes publics lui consacrent une part relativement élevée de leurs crédits (de 10 à 19 pour cent) étant donné l'importance de leur fonction d'établissement des cartes et d'élaboration des autres moyens d'information du public.

La figure II.1 donne la répartition par régions des dépenses de travaux géoscientifiques en 1968. Il n'a pas été possible de ventiler convenablement toutes les dépenses par régions. Ainsi, nous n'avons pas inclus les frais d'études géotechniques relatifs à la construction, les dépenses de travaux pédologiques ni certains déboursés de l'État pour le programme ARDA et d'autres programmes régionaux.

Toutefois la carte indique assez bien la répartition régionale des dépenses, tout aussi bien qu'entre les provinces et les territoires.

De toutes les provinces, c'est l'Alberta qui dépense le plus pour les travaux géoscientifiques, soit 178 millions de dollars en 1968. La prospection minière représente le poste le plus important des dépenses géoscientifiques du Nouveau-Brunswick, du Québec, de l'Ontario et du Manitoba, alors que l'exploration pétrolière occupe la première place en Saskatchewan, en Alberta et dans le Nord canadien. En Nouvelle-Écosse, ce sont les départements universitaires qui absorbent la plus grosse part des crédits aux sciences de la Terre. En bien des cas, les universités déboursent pour la recherche et l'enseignement en ce domaine un montant égal ou supérieur à celui que consacrent aux mêmes fins les ministères provinciaux des Mines. En Ontario et au Québec, les dépenses des ministères des Mines pour les sciences de la Terre sont inférieures à celles que consacrent les autres ministères aux travaux géotechniques.

## Les effectifs

*Envergure de la collectivité géoscientifique*  
Nous estimons qu'il y a quelque 6 000 spécialistes s'adonnant à des travaux géoscientifiques au Canada (tableau II.5) dont 72 pour cent travaillent dans l'industrie, 11 pour cent dans le secteur fédéral, 10 pour cent dans les universités, 5 pour cent dans les ministères provinciaux et 1 pour cent dans les conseils des recherches provinciaux. Ce nombre équivaut à peu près à celui des géoscientifiques à l'emploi des organismes fédéraux des États-Unis (5 636 en 1967).<sup>1</sup>

Parmi ces spécialistes, on compte 58 pour cent de géologues, 18 pour cent d'ingénieurs, 14 pour cent de géophysiciens et 10 pour cent de diplômés en d'autres sciences naturelles. Cette réparti-

<sup>1</sup> *Solid-earth science*, rapport présenté en juillet 1967 par un Groupe spécial de travail au Conseil fédéral des sciences et de la technologie des É.-U.

**Tableau II.3—Répartition pour 1968 du total des dépenses de collecte des données<sup>a</sup> géoscientifiques par secteurs de réalisation**

Secteurs de réalisation	Dépenses de collecte des données géoscientifiques		% du total des dépenses en sciences de la Terre
	milliers de \$	% du total partiel	%
<i>Industries<sup>b</sup></i>			
—pétrolière	263 266 <sup>c</sup>	73	88
—minière	79 952 <sup>d</sup>	22	91
Consultants	1 885	< 0.5	43
—de la construction	697	< 0.5	97
Consultants	16 538	5	96
<b>total partiel</b>	<b>362 338</b>	<b>100</b>	
<b>% du total</b>	<b>(93 %)</b>		
<i>Secteurs publics</i>			
—fédéral	15 438	58	45
—provinciaux	10 785	40	72
Conseil des recherches (prov.)	522	2	30
<b>total partiel</b>	<b>26 745</b>	<b>100</b>	
<b>% du total</b>	<b>(7 %)</b>		
<i>Universités</i>	—	—	—
<b>Total</b>	<b>389 083</b>	<b>—</b>	<b>83</b>

<sup>a</sup> La collecte des données comprend le relevé systématique et continu des observations topographiques, hydrographiques, géologiques, géographiques et géochimiques, aussi bien que le coût des sondages d'exploration et du travail courant de laboratoire. Les frais de rassemblement des données concernant spécialement un programme de recherche ou de développement géoscientifique sont inclus dans les dépenses de R et D.

<sup>b</sup> Dépenses encourues au Canada seulement (y compris le plateau continental).

<sup>c</sup> Comprend 140 millions de dollars consacrés aux sondages d'exploration.

<sup>d</sup> Comprend 33 millions de dollars consacrés aux sondages d'exploration.

**Tableau II.4—Répartition pour 1968 du total des dépenses d'information<sup>a</sup> géoscientifique par secteurs de réalisation**

Secteurs de réalisation	Montants		% du total des dépenses pour les sciences de la Terre
	milliers de \$	% du total partiel	%
<i>Industries</i>			
—pétrolière	3 933	75	1
—minière	793	15	1
Consultants	277	6	6
—de la construction	20 <sup>b</sup>	< 0.5	3
Consultants	240 <sup>b</sup>	4	1
<b>total partiel</b>	<b>5 263</b>	<b>100</b>	
<b>% du total</b>	<b>(40 %)</b>		
<i>Secteurs publics</i>			
—fédéral	5 614	79	19
—provinciaux	1 680	20	10
Conseils des recherches (prov.)	91 <sup>b</sup>	1	5
<b>total partiel</b>	<b>7 385</b>	<b>100</b>	
<b>% du total</b>	<b>(56 %)</b>		
<i>Universités</i>	500 <sup>b</sup>	—	7
<b>% du total</b>	<b>(4 %)</b>		
<b>Total</b>	<b>13 148</b>	<b>—</b>	<b>3</b>
	<b>(100 %)</b>		

<sup>a</sup> L'information scientifique comprend les tâches de diffusion des données géoscientifiques et géotechniques et entraîne des dépenses de publication, de dessin, d'achat de programmes informatiques et de livres, d'expositions scientifiques et de participation aux réunions des sociétés savantes.

<sup>b</sup> Chiffre approximatif.



Figure II.2—Répartition par professions des effectifs géoscientifiques entre les divers secteurs, en 1968.

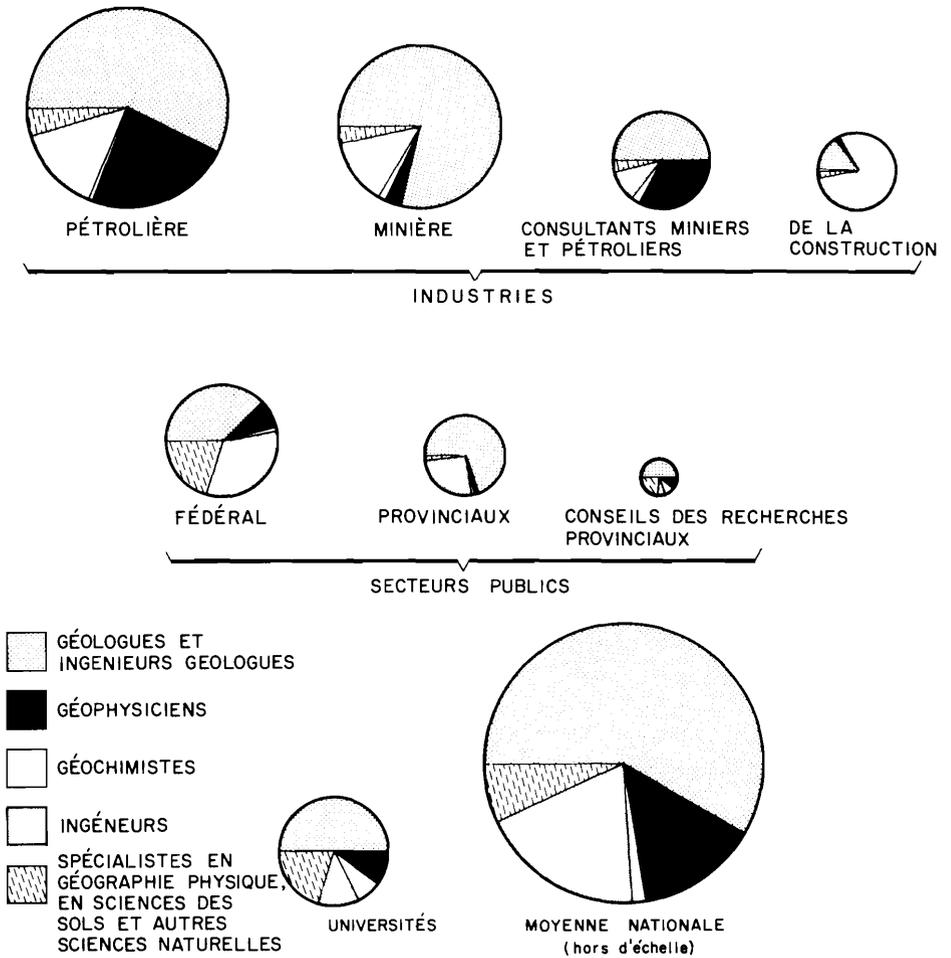
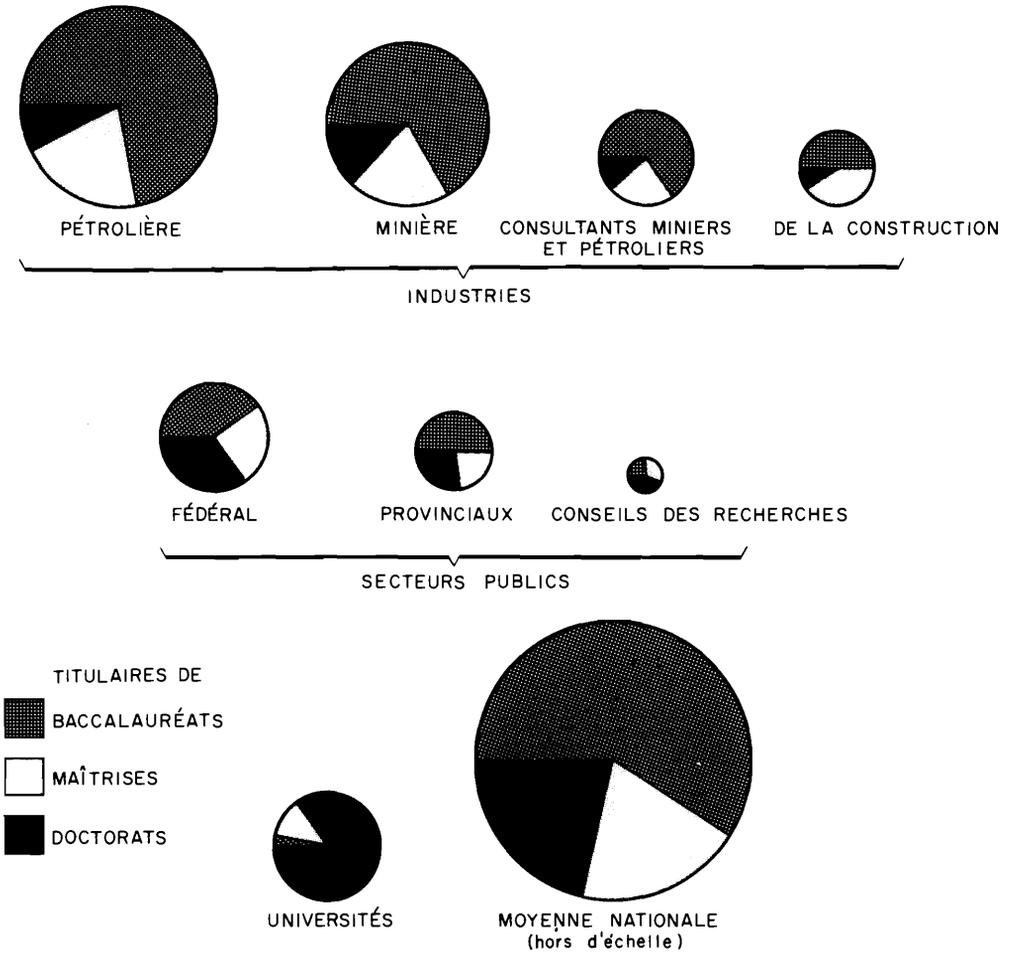


Figure II.3—Répartition par grades universitaires des effectifs géoscientifiques diplômés entre les divers secteurs, en 1968.



**Tableau II.5—Répartition en 1968 des effectifs de géoscientifiques diplômés\* par secteurs et par disciplines principales**

Secteurs	Total		Discipline						
	Nombre	%	Géologie	Géophysique	Géochimie	Géographie physique	Pédologie	Génie	Autres sciences physiques
<i>Industries</i>									
—pétrolière <sup>b</sup>	2 111	50	1 243	491	5	—	—	296	76
—minièr <sup>b</sup>	1 401	33	1 091	52	16	—	—	191	51
Consultants <sup>a</sup>	457	11	231	152	11	—	—	47	16
—de la construction <sup>d</sup>	250	6	34	2	—	5	—	209	—
<b>totaux partiels</b>	<b>4 219</b>	<b>100</b>	<b>2 599</b>	<b>697</b>	<b>32</b>	<b>5</b>	<b>—</b>	<b>743</b>	<b>143</b>
<i>Secteurs publics</i>									
—fédéral	666	65	251	52	9	30	38	205	81
—provinciaux <sup>e</sup>	303	29	209	3	1	1	1	84	4
Conseils des recherches (prov.)	63	6	33	6	5	1	7	4	7
<b>totaux partiels</b>	<b>1 032</b>	<b>100</b>	<b>493</b>	<b>61</b>	<b>15</b>	<b>32</b>	<b>46</b>	<b>293</b>	<b>92</b>
<i>Universités<sup>f</sup></i>	593	—	297	64	40	97	25 <sup>g</sup>	70	—
<b>Totaux</b>	<b>5 844</b>	<b>—</b>	<b>3 389</b>	<b>822</b>	<b>87</b>	<b>134</b>	<b>71<sup>b</sup></b>	<b>1 106</b>	<b>235</b>

\* Spécialistes effectuant des travaux géoscientifiques et ayant reçu leur formation dans les disciplines indiquées.

<sup>b</sup> Nous avons multiplié le chiffre recueilli par 1.428 pour tenir compte des 30 % estimés de réponses non renvoyées par l'industrie.

<sup>c</sup> Nous avons multiplié le chiffre recueilli par 2.5 pour tenir compte des 60 % de réponses non renvoyées par les consultants miniers et pétroliers.

<sup>d</sup> Il s'agit surtout des bureaux d'études de l'industrie de la construction.

<sup>e</sup> Comprend les ministères des Mines, les départements de la Voirie et les compagnies d'énergie électrique.

<sup>f</sup> Comprend les associés de recherche et les boursiers post-doctoraux.

<sup>g</sup> Chiffre approximatif.

<sup>h</sup> Non compris les ministères provinciaux de l'Agriculture et des Forêts.

**Tableau II.6—Répartition en 1968 des effectifs de géoscientifiques diplômés par secteurs et par diplômes**

Secteurs	Diplômes obtenus			Total
	Baccalauréat	Maîtrise	Doctorat	
<i>Industries</i>				
—pétrolière	1 556	425	130	2 111
—minièr <sup>e</sup>	937	286	178	1 401
Consultants	297	105	55	457
—de la construction	125	100	25	250
<b>totaux partiels</b>	<b>2 915</b>	<b>916</b>	<b>388</b>	<b>4 219</b>
<i>Secteurs publics</i>				
—fédéral	273	157	236	666
—provinciaux	150	64	89	303
Conseils des recherches (prov.)	16	19	28	63
<b>totaux partiels</b>	<b>439</b>	<b>240</b>	<b>353</b>	<b>1 032</b>
<i>Universités</i>	23	70	500	593
<b>Totaux</b>	<b>3 377</b>	<b>1 226</b>	<b>1 241</b>	<b>5 844</b>
	<b>Nombre</b>			
	<b>%</b>	<b>(59%)</b>	<b>(20%)<sup>a</sup></b>	<b>(21%)<sup>a</sup></b>
				<b>(100%)</b>

<sup>a</sup> Par contre, la proportion des spécialistes travaillant à la R et D dans toute l'industrie canadienne et possédant au moins une maîtrise était de 24.2 pour cent en 1965 (J.L. Orr, *Données statistiques sur la R et D industrielle au Canada*, Ministère de l'Industrie, Ottawa, 17 mars 1967). Le chiffre de 41 pour cent mentionné ci-dessus s'applique aux géoscientifiques effectuant tous genres de travaux scientifiques et non pas seulement de la R et D; ceci démontre que les spécialistes s'occupant de la collecte des données géoscientifiques ont besoin d'une formation approfondie.

tion reflète assez bien la situation qui existe dans l'industrie, principal employeur de ces spécialistes; les organismes provinciaux offrent une image différente parce qu'ils s'intéressent davantage à la géologie (figure II.2). Les ministères provinciaux des Mines ne comptent en tout que 3 géophysiciens.

Pour ce qui est de la formation universitaire, 41 pour cent des géoscientifiques canadiens possèdent une maîtrise ou un diplôme supérieur et 21 pour cent sont titulaires d'un doctorat (à peu près la même proportion se retrouvait aux États-Unis en 1966). Comme on peut s'y attendre, les universités emploient plutôt les titulaires de doctorat et l'industrie, ceux qui ont un baccalauréat (figure II.2). Nous manquons de renseignements sur le nombre des géoscientifiques travaillant à la recherche dans l'industrie; nous nous sommes basés sur certaines hypothèses qui nous ont permis de calculer que l'équivalent à plein temps de 935 scientifiques et ingénieurs consacrent tout leur temps à la recherche géoscientifique (tableau II.7). Ce nombre représente 16 pour cent des effectifs nationaux en sciences de la Terre. Une telle proportion se compare avantageusement à celle des autres domaines, car en 1965 la proportion de spécialistes en recherche dans tous les domaines des sciences et du génie était de 14.3 pour cent.<sup>1</sup> Sur la foi des données statistiques de 1965, présentées par le Conseil des sciences, nous estimons que les effectifs diplômés s'occupant de recherche et de développement géoscientifiques atteignent environ 5 pour cent du total des effectifs de R & D. Comme indiqué au tableau II.7, nous estimons que plus de 50 pour cent des géoscientifiques engagés en recherche s'occupent de problèmes de géologie économique et de prospection géophysique.

#### *Sources des effectifs géoscientifiques*

Avant 1967, les universités canadiennes constituaient la source principale d'effectifs géoscientifiques pour le pays. Toutefois, c'est actuellement l'immigration qui fournit l'apport le plus considérable (ta-

bleau II.8). Le nombre des géologues immigrants au Canada est en effet passé de 58 en 1962 à 336 en 1968. De ce dernier groupe, 146 venaient de pays européens (52 de Grande-Bretagne) et 98 des États-Unis. Le plus grand nombre d'entre eux (129) avaient indiqué qu'ils se rendaient en Alberta et le deuxième groupe en importance (91) se dirigeait vers l'Ontario. La situation est sensiblement la même du côté des ingénieurs miniers: en 1968 il en est entré 174 au Canada à titre d'immigrants (au lieu des 45 de 1962); 92 venaient de l'Europe (dont 55 de Grande-Bretagne) et 42 des États-Unis.

Au cours de l'année 1968 (tableau II.38), les universités canadiennes accordaient des diplômes à 503 étudiants en géologie, géophysique, géographie physique et génie minier, dont 315, croyons-nous, sont entrés sur le marché du travail. Le nombre de géologues et d'ingénieurs miniers formés au Canada était de beaucoup inférieur au nombre des immigrants de formation semblable (tableau II.8).

*Nous estimons qu'en 1968 les universités canadiennes n'ont formé que 35 pour cent des géologues et 27 pour cent des ingénieurs miniers requis par l'industrie, les secteurs publics et les universités.*

Si nous voulions tracer un tableau complet de l'évolution des effectifs géoscientifiques canadiens, il nous faudrait obtenir des renseignements sur les décès, les mises à la retraite, l'émigration et le retour de Canadiens formés à l'étranger. En général, nous n'avons pas ces données. Le *U.S. Institute of International Education* signale que 206 Canadiens étudiaient les sciences de la Terre aux États-Unis à tous les niveaux en 1967-1968 (102 en géographie, 85 en géologie, et le reste en géophysique, géochimie et sciences connexes); nous en déduisons que les universités américaines forment chaque année une vingtaine de diplômés canadiens en géologie.

<sup>1</sup>Jackson, R.W., Henderson, D.W., Leung, B., «Études de base relatives à la politique scientifique» Conseil des sciences du Canada, Étude spéciale n° 6, p. 47, 1969.

**Tableau II.7—Évaluation pour 1968 du nombre d'années de spécialiste consacrées à la recherche géoscientifique, selon les divers secteurs**

Secteurs	Nombre de spécialistes effectuant de la recherche géoscientifique	Années d'équivalent à plein temps
<i>Industries</i>		
—pétrolière	211 <sup>a</sup>	211
—minière	140 <sup>a</sup>	140
Consultants	46 <sup>a</sup>	46
—de la construction	23	23 <sup>b</sup>
<b>totaux partiels</b>	<b>420</b>	<b>420</b>
<i>Secteurs publics</i>		
—fédéral	600	240 <sup>c</sup>
—provinciaux	270	108 <sup>d</sup>
Conseils des recherches provinciaux	60	40 <sup>e</sup>
Musées	13	7
<b>totaux partiels</b>	<b>943</b>	<b>395</b>
<i>Universités<sup>f</sup></i>	300	120 <sup>g</sup>
<b>Totaux</b>	<b>1 663</b>	<b>935</b>

<sup>a</sup> On estime que les effectifs de R et D atteignent 10 % des effectifs géoscientifiques de l'industrie car le financement de la R et D atteint 10 % du financement de toutes les activités géoscientifiques, et le nombre titulaires de doctorats est de 9.2 % des effectifs diplômés de l'industrie minière.

<sup>b</sup> Chiffre tel que recueilli, s'appliquant surtout aux bureaux d'études.

<sup>c</sup> Chiffre estimé, tenant compte que 10 pour cent du personnel total (663) est occupé à des tâches administratives et 40 pour cent du reste effectuée de la R et D (par opposition aux autres travaux scientifiques).

<sup>d</sup> Chiffre estimé de la même façon que celui du secteur public fédéral.

<sup>e</sup> On estime que les deux tiers du nombre d'années de spécialiste sont consacrés à la R et D. Le rapport des déboursés de R et D au total des dépenses est de 65 pour cent.

<sup>f</sup> Chiffre estimé en tenant compte que 300 professeurs des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles consacrent 40 pour cent de leur temps à des travaux de recherche.

<sup>g</sup> Le rapport Bonneau (p. 45) du CNRC donne un chiffre de 165 années de géoscientifique pour tous les départements des sciences de la Terre (y compris la météorologie et l'océanographie).

**Tableau II.8—Origine des géologues et des ingénieurs miniers canadiens en 1968**

Origine	Nombre	
	Géologues	Ingénieurs miniers
1. Immigration <sup>a</sup>	336	174
2. Universités canadiennes <sup>b</sup>		
Baccalauréat	121	42
Maîtrise	36	20
Doctorat	36	193
3. Universités américaines (citoyens canadiens) <sup>c</sup>	20	—
4. Autres universités étrangères (citoyens canadiens) <sup>d</sup>	10	—
<b>Totaux des additions possibles à la population active<sup>e</sup></b>	<b>559</b>	<b>239</b>

<sup>a</sup> Statistique de l'immigration publiée par le Ministère fédéral de la Main-d'œuvre et de l'Immigration.

<sup>b</sup> Notre enquête a révélé que, pendant les années 1966-1968, 45 pour cent des titulaires de baccalauréats, 40 pour cent de ceux qui avaient une maîtrise et 5 pour cent des titulaires de doctorats continuaient leurs études. Il a fallu réduire d'autant le nombre total des diplômés de 1968 afin de calculer les effectifs qui se sont joints à la population active. Toutefois nous n'avons fait aucune correction du nombre des étrangers diplômés, ce qui pourrait réduire de 40 pour cent le total des détenteurs de maîtrises et de doctorats.

<sup>c</sup> Chiffre estimé. Le *U.S. Institute of International Education* rapporte que 85 Canadiens étudiaient la géologie aux États-Unis, à tous les niveaux, en 1967-1968.

<sup>d</sup> Chiffre estimé.

<sup>e</sup> Nous n'avons pas tenu compte de la réduction des effectifs résultant de l'émigration.

### *Spécialités géoscientifiques où les effectifs sont en croissance*

Les perspectives de l'offre et de la demande de spécialistes sont souvent inexactes et d'application illusoire. Cette constatation est particulièrement valable pour les sciences de la Terre où: a) des spécialistes des disciplines connexes, c'est-à-dire la physique, la chimie et les mathématiques peuvent se joindre aux effectifs géoscientifiques, b) les scientifiques peuvent également quitter leur emploi pour occuper un poste de direction ou d'enseignement hors de leur profession et c) les scientifiques peuvent exercer leur profession dans toute une gamme de fonctions concernant les mines, l'extraction pétrolière, la construction, les tâches des organismes publics et des universités. De même, lorsqu'il s'agit de préciser le nombre de géoscientifiques à former, il y a lieu de tenir compte non seulement des besoins immédiats des employeurs, mais aussi des effectifs nécessaires à la diffusion des connaissances sur le milieu qui nous entoure.

Au cours des années 1964 à 1968, c'est dans l'industrie minière et parmi le personnel universitaire que se sont surtout multipliés les emplois géoscientifiques. L'augmentation dans l'industrie minière a été de 226 postes par an, en moyenne (compte non tenu du roulement dû aux retraites, etc.). Dans l'industrie de la construction, il y a eu une augmentation annuelle de 80 postes au cours de la même période. *Dans le secteur universitaire, cet accroissement annuel a été de 30 postes, soit à peu près le nombre de doctorats décernés en sciences de la Terre.* Le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources a augmenté son personnel géoscientifique de 15 personnes par an, particulièrement dans les directions des eaux intérieures, des sciences de la mer et des observatoires fédéraux; par contre, la Commission géologique du Canada n'a engagé qu'un seul spécialiste supplémentaire au cours de cette période quinquennale.

*Les perspectives d'emploi varient d'un secteur géoscientifique à l'autre, mais elles sont en général fort prometteuses. Soixan-*

te-neuf pour cent des 120 sociétés minières et pétrolières qui ont répondu au questionnaire ont indiqué que leurs opérations allaient probablement s'étendre, alors que 26 pour cent s'attendent à une certaine stagnation. Cependant, certaines sociétés ont indiqué que ces perspectives dépendent étroitement de la future politique fiscale de l'État. Le Rapport Bonneau<sup>1</sup> donne quelques indications sur l'augmentation de personnel prévue par les universités: le nombre de professeurs de sciences de la Terre devrait s'accroître de 220 personnes au cours des années 1968-1972. C'est une prévision optimiste; une augmentation de l'ordre de 150 professeurs paraît plus réaliste. Les ministères provinciaux des Mines surtout les plus importants d'entre eux, prévoient s'adjoindre 80 géologues au cours des cinq prochaines années. Dans le secteur fédéral, le recrutement des géoscientifiques est actuellement paralysé; on ne peut donc prévoir qu'un nombre restreint de vacances dues au roulement. En tenant compte de tous ces facteurs, nous estimons qu'il y aura une offre d'emplois annuelle pour environ 505 diplômés en sciences de la Terre jusqu'en 1972 (tableau II.9).

Si nous calculons que seulement 70 pour cent des étudiants s'inscrivant au 1<sup>er</sup> cycle obtiendront leur baccalauréat,<sup>2</sup> nous pouvons prévoir que 350 étudiants obtiendront leur baccalauréat en géologie en 1971. Parmi eux, 193 (55 pour cent) rejoindront directement la population active (d'après les tendances de l'emploi au cours de 1966-1968). Le nombre de maîtrises et de doctorats décernés dépend moins des conditions d'embauche actuelles que du nombre d'étudiants étrangers s'inscrivant aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles des universités canadiennes (44 pour cent du corps étudiant diplômé). Avec un peu d'optimisme, nous estimons que nos départements de géologie octroieront près de

<sup>1</sup> *Prospective des effectifs et du financement de la recherche, 1968-1972.* Rapport du comité de prévision du Conseil national des recherches, février 1969.

<sup>2</sup> Selon les statistiques de l'Institut de géologie des États-Unis.

**Tableau II.9—Prospective des besoins en géoscientifiques, de 1968 à 1972**

Secteurs	Accroissement annuel (des effectifs de diplômés)		
	nombre de postes autorisés	roulement <sup>a</sup>	total
<i>Industries</i>			
—pétrolière et minière	226 <sup>b</sup>	105	331
consultants	30	14	34
—de la construction, y compris les consultants	20	8	28
<b>totaux partiels</b>	<b>276</b>	<b>127</b>	<b>383</b>
<i>Secteurs publics</i>			
—fédéral	20	20	40
—provinciaux	20	9	29
Conseils des recherches (prov.)	3	2	5
<b>totaux partiels</b>	<b>43</b>	<b>31</b>	<b>74</b>
<i>Universités</i>	30	18	48
<b>Totaux</b>	<b>339</b>	<b>176</b>	<b>515</b>

<sup>a</sup> Compte tenu d'un roulement annuel de 3 pour cent pour retraites et décès.

<sup>b</sup> D'après les tendances de l'emploi au cours des années 1964 à 1968.

cent maîtrises et cinquante doctorats en 1971.

À la lumière des considérations précédentes, on peut affirmer que la pénurie de géologues canadiens persistera après 1972 (année terminale de notre prospective). Les taux de croissance après 1972 envisagés par la seule industrie minière exigeront un nombre considérable de géoscientifiques (voir le Chapitre IV) et nous n'entrevoions pas de retour à un équilibre de l'offre et de la demande sans un accroissement important du nombre d'étudiants en géologie dans les universités canadiennes. De plus, nous ne tenons pas compte ici du nombre des diplômés en géologie nécessaires à l'enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires du Canada (voir le Chapitre III) ni de l'accroissement de la participation des géoscientifiques aux programmes d'aide extérieure (voir le Chapitre VIII, Section 14). La situation est beaucoup plus grave dans le cas du génie minier, bien que nous manquions des données statistiques correspondantes sur les effectifs. Nous croyons qu'il en est de même pour la prospection géophysique quoique, dans ce dernier cas, des diplômés d'autres spécialités en physique viennent combler les besoins grandissants.

*Nous sommes d'avis qu'il faut accroître dès que possible le nombre de diplômés ca-*

*nadiens formés en géologie, en géophysique et en génie minier. Nombre d'universités pourraient y parvenir sans étendre leurs installations.*

#### *L'emploi d'été des étudiants*

Le fort embauchage saisonnier d'étudiants en sciences de la Terre par l'industrie, les organismes publics et, de plus en plus, par les universités, est une coutume canadienne peu suivie dans d'autres pays. Dès avant 1914, la Commission géologique du Canada décida d'engager des étudiants et de contribuer à leur formation pendant l'été; cette méthode a joué un rôle extrêmement favorable pour la formation des effectifs géoscientifiques canadiens. Elle est avantageuse tant pour les employeurs que pour les étudiants; on pourrait l'étendre considérablement et lui donner pour objectif d'instiller l'amour de leur pays chez les jeunes étudiants à mesure qu'ils explorent ses diverses régions. Nous estimons qu'au cours de l'été 1968 plus de 2 570 étudiants ont travaillé à des programmes géoscientifiques canadiens (chiffre à comparer aux 1 760 étudiants en géologie de tous les niveaux inscrits dans les universités canadiennes en 1968).

Au cours de ces cinq dernières années, l'accroissement annuel moyen des places offertes l'été aux étudiants a atteint 5.5

pour cent, et tous les indices montrent que cette tendance va continuer. Malheureusement ces offres d'emplois sont très sensibles aux fluctuations économiques. Les dernières années 1950 ont connu la récession et le nombre d'emplois offerts a diminué. *Nous considérons toute réduction des emplois d'été pour les étudiants comme une mesure à courte vue, nuisible à leur formation et à leur moral.* Il est très important que les employeurs s'avisent de leurs obligations et participent au processus de formation en employant des étudiants en plus grand nombre pour remplir certains postes d'été.

#### *Un registre national de l'emploi*

Au cours de cette étude, on nous a souvent signalé l'inconfort des nombreux questionnaires divers que les services publics envoient en vue de recueillir des données sur les effectifs, les dépenses, les opinions, les conditions, etc. Nous partageons ces idées, bien que les inexactitudes produites par les systèmes actuels d'information géoscientifique nous aient contraints à préparer et envoyer des questionnaires supplémentaires.

Nous avons recueilli beaucoup de données nouvelles sur les effectifs, et avons découvert certains déséquilibres qui méritent d'être considérés au point de vue des lignes de conduite géoscientifique. *Cependant, nous sommes préoccupés par l'absence d'un mécanisme permettant de reprendre et d'approfondir notre enquête sur les effectifs au cours des prochaines années.*

Nous avons admiré le travail de l'*United States National Register of Scientific and Technical Personnel*, dont l'enquête biennale fournit des renseignements statistiques sur le recrutement, l'utilisation et la compétence des scientifiques américains. Ce registre est tenu à jour en vertu d'un contrat passé avec les organismes scientifiques intéressés. L'*American Geological Institute* et l'*American Meteorological Society* mènent une enquête conjointe sur les domaines des sciences de l'atmosphère, de la Terre, de la mer et de l'espace. Les données relatives à l'em-

ploi sont d'une valeur inestimable pour ceux qui s'occupent de l'élaboration des lignes de conduite, de l'enseignement, du recrutement et d'autres problèmes touchant les sciences de la Terre. Comme les effectifs géoscientifiques ne constituent qu'une faible partie de la collectivité des spécialistes et que des problèmes semblables existent dans d'autres secteurs scientifiques<sup>1</sup>, nous estimons que la compilation d'un registre des géoscientifiques dépend de l'existence d'un registre national de l'emploi des scientifiques. C'est pourquoi nous estimons que:

---

---

#### *Conclusion II.1*

*L'urgence d'une meilleure information sur les effectifs scientifiques canadiens devrait inciter le gouvernement à charger l'un de ses services de compiler un registre national de l'emploi des scientifiques, qui serait tenu à jour grâce à des contacts avec les sociétés savantes et spécialisées pertinentes.*

---

---

### 11.3 L'Industrie minérale

#### **Définitions**

Notre industrie minérale apparaît plus hétérogène que toute autre industrie canadienne si l'on considère le genre de travaux qu'elle entreprend, les différences de taille de chaque société et d'autres facteurs. En conséquence il faut utiliser et interpréter les statistiques industrielles ou les problèmes relatifs à l'industrie minérale en fonction de sa diversité interne et en acceptant que certains éléments n'entrent pas dans le cadre des généralisations concernant l'ensemble de cette industrie.

La classification de l'*industrie minérale* utilisée souvent dans le présent rapport se fonde sur la nature des matériaux exploités; par exemple:

a) *L'industrie minière*; cette expression s'applique non seulement aux sociétés qui se consacrent à l'extraction, mais aussi à celles qui s'occupent exclusivement de prospection scientifique. Le *Financial Post Survey of Mines* (1969) donne la liste de 2 949 sociétés minières. Ce chiffre donne une première idée du nombre de

sociétés intéressées mais n'effectuant pas nécessairement de travaux géoscientifiques. De ce nombre, 102 fournissent plus de 95 pour cent de la production canadienne de métaux et de minéraux industriels. Les 86 sociétés qui ont répondu à notre questionnaire y contribuent pour environ 63 pour cent.

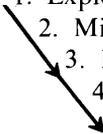
b) *L'industrie pétrolière et gazière*; cette expression s'applique non seulement aux sociétés qui se consacrent à la production mais aussi à celles qui s'occupent d'exploration, de même qu'aux experts-conseils et aux entrepreneurs qui fournissent des services géoscientifiques. Le *Financial Post Survey of Oils* (1969) donne la liste de 756 sociétés pétrolières et gazières. Une centaine d'entre elles fournissent environ 97 pour cent de la production de pétrole et de gaz naturel canadiens. Les 43 sociétés qui ont répondu à notre questionnaire y contribuent pour environ 62 pour cent. En outre, plus de 150 experts-conseils et entrepreneurs s'occupent de fournir des services géoscientifiques à l'industrie pétrolière.

c) *Les sociétés s'occupant d'extraire des matériaux de construction* (argile, ciment, chaux, sable, gravier et pierre). Leur production atteignait 444 millions de dollars en 1968. Leurs dépenses réelles en travaux géoscientifiques sont négligeables et n'ont pas été incluses dans les données de notre enquête.

La distinction fondamentale qui existe entre a) et b) apparaît encore plus clairement si l'on remarque que chaque industrie a son association professionnelle distincte, par exemple la *Canadian Petroleum Association* et l'*Independent Petroleum Association of Canada* représentent l'industrie pétrolière; la *Mining Association of Canada*, la *Prospectors and Developers Association* et plusieurs Chambres provinciales des mines défendent les intérêts de l'industrie minière. Dans un certain sens, la distinction s'étend aux sociétés scientifiques (l'*Alberta Society of Petroleum Geologists* d'une part, et les divisions de géologie et des minéraux industriels de l'Institut canadien des Mines et de la Métallurgie d'autre part) de même

qu'aux associations indépendantes de forage (la *Canadian Oil Well Drilling Association* et la *Canadian Diamond Drillers Association*). Ces distinctions commencent à s'estomper, surtout depuis l'entrée des sociétés pétrolières dans le domaine de l'exploration minière.

Une deuxième subdivision de l'industrie minière, que nous mentionnons au chapitre 1<sup>er</sup>, découle de la nature des travaux que l'industrie entreprend. Elle se présente à peu près de la façon suivante:

1. Exploration
  2. Mise en valeur
  3. Extraction
  4. Traitement
  5. Mise en marché
- 

Certaines sociétés minières ne s'occupent que de la première opération tandis que d'autres embrassent la gamme complète des phases 1 à 5. La contribution des sciences de la Terre à l'industrie minière se borne surtout à la 1<sup>ère</sup> phase, à l'exception des levés géologiques des chantiers d'exploitation et des études de mise en œuvre et d'exploitation des couches-réservoirs, ainsi que de certaines recherches minéralogiques et pétrographiques sur la concentration et à la récupération des minerais. La valeur brute des minerais métalliques et non métalliques, des matériaux de construction et des combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz) a atteint 4.7 milliards de dollars en 1968. C'est un total composite, établi d'après la valeur de certains produits après la 3<sup>e</sup> phase ci-dessus (par exemple le minerai de fer et le pétrole) et après la 4<sup>e</sup> phase dans le cas d'autres produits (par exemple le cuivre et le nickel). Étant donné que notre étude n'embrasse pas la totalité des travaux scientifiques de l'industrie minière et vu l'importance de tous les aspects de l'industrie pour l'économie nationale, nous croyons qu'il serait justifié de mener une étude spéciale de l'activité scientifique concernant l'extraction et le traitement des richesses minérales.

Une troisième classification de l'industrie minière se fonde sur les dimensions des sociétés. Le tableau II.10 montre la relation entre la taille des sociétés minières

Tableau II.10-Rapport entre les dépenses pour travaux géoscientifiques\* et la taille de la firme ayant répondu (1968)

Domaines	Valeur moyenne brute de la production individuelle des firmes	Nombre de sociétés ayant répondu	Total des dépenses mentionnées	Moyenne des dépenses par firme selon le genre de travaux scientifiques					Moyenne des dépenses par firme selon les disciplines et les travaux géoscientifiques				
				Recherche fondamentale	Recherche appliquée	Développement technique	Collecte des données scientifiques	Information scientifique	Géologie	Géophysique	Géochimie	Sondages d'exploration	Autres dépenses similaires
en milliers de dollars													
Pétrolier	plus de 50 millions de \$	8	127 852	202	266	1 375	13 913	225	782	6 170	17	7 343	1 670
	moins de 50 millions de \$	30	78 571	0.2	38	245	2 308	29	189	949	7	1 215	258
	production nulle	3	3 188	0	50	55	931	27	133	205	0	660	65
Minier	plus de 50 millions de \$	6	25 532	5	80	282	3 864	24	838	535	23	1 926	1 096
	moins de 50 millions de \$	42	24 138	2	14	29	522	7	116	41	28	135	67
	production nulle	31	11 870	0	15	25	342	4	129	108	60	182	14
<b>Totaux des dépenses de toutes les firmes</b>		<b>120</b>	<b>271 151</b>	<b>1 739</b>	<b>4 940</b>	<b>22 171</b>	<b>239 010</b>	<b>3 291</b>	<b>25 247</b>	<b>86 582</b>	<b>3 521</b>	<b>120 041</b>	<b>35 760</b>
<b>% des dépenses totales des firmes</b>		-	<b>100</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>88</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>32</b>	<b>1</b>	<b>44</b>	<b>13</b>

\* Le total de 271 millions de dollars de dépenses mentionnées pour 120 sociétés pétrolières et minières est réparti selon la nature des travaux scientifiques et selon les diverses disciplines scientifiques.

res et pétrolières (d'après la valeur brute de leur production) et l'ampleur de leurs dépenses pour les travaux géoscientifiques. *Le tableau indique clairement que seul un petit nombre de sociétés possèdent les moyens voulus pour financer la gamme complète des travaux géoscientifiques (recherche, développement technique, collecte des données)*, de sorte que les études statistiques et les conclusions tirées de l'analyse des dépenses des grandes firmes ne s'appliquent pas nécessairement aux petites. Par exemple, le secret accordé aux données recueillies privément ou l'érection de laboratoires de recherche peut favoriser les grandes sociétés tandis que la communication des données scientifiques et des résultats de la recherche par des organismes publics ou universitaires constitue le suc nourricier des petites sociétés.

### **Organisation et croissance de l'industrie minérale**

L'envergure actuelle, les traits intrinsèques et la diversité de l'industrie minérale, ainsi que sa croissance, découlent largement de la variété géologique du sous-sol canadien, des répercussions de l'exploitation des richesses naturelles, des progrès de la commercialisation ainsi que des lignes de conduite de l'État depuis les années 1940. La valeur de la production totale a presque décuplé au cours des années 1945 à 1968 (figure II.4); celle des combustibles fossiles est devenue 14 fois plus forte, celle des minerais non métalliques plus de 10 fois et celle des métaux plus de 8 fois. En volume, la production a été multipliée par un peu moins de 6; celles des combustibles fossiles, des substances non métalliques et des métaux respectivement par 10, 5 et 4. L'accroissement de la valeur (en dollars courants) de la production minérale entre 1945 et 1968 a été huit fois plus fort que celui qui s'était produit jusqu'en 1945.

La production de 1968, soit 4.7 milliards de dollars (figure II.4), comprend 53 pour cent de métaux, 28 pour cent de combustibles fossiles et 19 pour cent de minéraux industriels. Ces pourcentages sont demeurés à peu près constants ces

dernières années, bien que vers 1945 les métaux formassent près des deux tiers de la production totale (figure II.4).

Le volume de la production minérale a quadruplé au cours des années 1950 à 1968, alors que l'activité industrielle globale n'a que triplé (figure II.5).

Un autre indice de croissance est le coût de revient du produit intérieur brut canadien. Dans le secteur minier ce coût a été multiplié par 3.5 entre 1950 et 1967, où il atteignait 90 pour cent de celui de l'agriculture, au lieu du tiers peu après 1950. Au cours de cette période, le même indice pour l'industrie minière est passé de moins du double de celui de l'industrie forestière jusqu'à son quadruple. L'indice du produit intérieur brut réel de l'industrie minière s'est accru au taux annuel de 8.7 pour cent entre les années 1946 et 1968, comparé à 1.7 pour cent pour l'agriculture, 2.3 pour cent pour l'industrie forestière et 5.5 pour cent pour l'industrie manufacturière.

Bien que l'Ontario, l'Alberta et le Québec fournissent environ les deux tiers (en valeur) de la production minérale de notre pays, les travaux de prospection et autres activités concernant l'industrie minérale sont bien répartis dans tout le Canada; de fait, la prospection scientifique est souvent très active dans certaines régions de faible production comme le Nord canadien. Cette activité générale révèle l'extension de l'exploitation des richesses minérales dans tout le pays et montre l'effort vigoureux accompli pour déterminer les possibilités minérales des diverses provinces géologiques du pays. La situation économique du Canada s'améliorerait si l'on découvrait de nouveaux gîtes de certains minerais en des endroits d'où l'accès aux marchés importants serait plus économique. Dans un pays aussi vaste que le nôtre, les frais de transport peuvent constituer un obstacle sérieux à la rentabilité de la production. Ce fut le cas du charbon jadis; c'est aujourd'hui celui du pétrole brut transporté vers les grands marchés de l'Est. La découverte de pétrole au large de la côte atlantique permettrait de mieux équilibrer géographiquement la

Figure II.4—Croissance de la production minérale canadienne selon les produits, de 1945 à 1968.

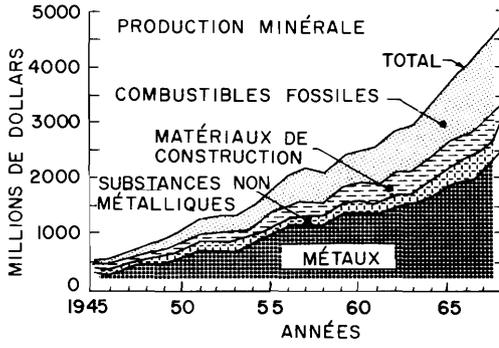
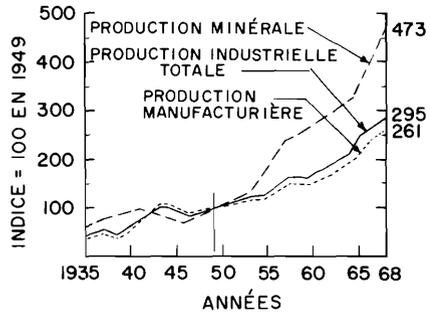


Figure II.5—Croissance de l'industrie minière canadienne par comparaison avec les courbes de la production industrielle et de la production manufacturière de 1935 à 1968.



**Tableau II.11—Valeur de la production minérale selon les produits pour certaines années de 1930 à 1968**

Années	Métaux	Substances non métalliques	Matériaux de construction	Combustibles fossiles	Total
millions de dollars					
1968	2 492.6	446.9	443.3	1 342.5	4 725.3
1960	1 406.6	197.5	322.6	565.8	2 492.5
1950	617.3	94.7	132.3	201.2	1 045.5
1940	382.4	26.1	42.5	78.8	529.8
1930	142.6	15.4	53.7	68.2	279.9

production pétrolière et favoriserait notre indépendance en ce domaine. L'étendue de cette dernière, la capacité de production et de commercialisation des substances minérales dépendront surtout de la répartition géographique des gîtes découverts et des progrès de la technique des transports.

La dissémination géographique des travaux de prospection et d'exploitation a pour corollaire la diversité des produits minéraux (tableau II.12). La production minérale canadienne embrasse quelque 60 substances minérales et, bien que dix de celles-ci constituent environ les quatre cinquièmes de la production, il n'y a guère de produits minéraux, tels le manganèse et l'étain, que le Canada ne puisse produire en quantités suffisantes pour répondre à ses besoins.

Le programme vigoureux de mise en valeur des gisements canadiens (quelque 125 nouvelles mines ont commencé à produire entre les années 1955 et 1965) a non seulement entraîné une vaste ré-

partition régionale des moyens de production dans tout le pays mais il a également multiplié les installations. Voici la répartition des usines de traitement des minéraux peu avant 1970: fonderies de cuivre et de cuivre-nickel en Ontario, au Québec et au Manitoba (pouvant traiter environ neuf millions de tonnes de minerai par année); une affinerie de nickel en Alberta; fonderies et affineries de plomb et de zinc en Colombie-Britannique, au Manitoba, au Québec et au Nouveau-Brunswick; vaste fonderie de zinc prévue dans la région de Porcupine, en Ontario. Les nombreuses autres installations prévues pour le traitement des minerais métalliques incluent des usines pouvant produire environ 12 millions de tonnes de lingots d'acier par année. On a établi en bien des endroits du pays des usines de traitement de minéraux industriels, qui elles aussi ont contribué largement à l'expansion régionale.

Les raffineries de pétrole, bien que concentrées au Québec et en Ontario,

**Tableau II.12—Les dix produits minéraux les plus importants extraits au Canada en 1968**

	Valeur de la production (millions de \$)	Pourcentage de la valeur totale
Pétrole	937.3	19.8
Cuivre	607.9	12.8
Minerai de fer	532.7	11.3
Nickel	528.2	11.2
Zinc	326.9	6.9
Gaz naturel	225.3	4.8
Amiante	185.0	3.9
Ciment	152.0	3.2
Sable et gravier	129.5	2.8
Sous-produits du gaz naturel	126.1	2.7
Tous autres produits minéraux	974.4	20.6
<b>Total</b>	<b>4 725.3</b>	<b>100.0</b>

sont suffisamment dispersées pour répondre aux besoins régionaux et pour fournir à tout le pays les quantités voulues de produits pétroliers. Les usines de dégazolinage du gaz naturel se sont multipliées dans l'Ouest canadien et les sous-produits importants, tels que le soufre et le gaz propane, satisfont amplement à la demande canadienne. Les immobilisations de capitaux et les emplois créés dans les usines de traitement constituent un facteur important de progrès économique.

### L'exploitation des substances minérales dans les provinces et les territoires

Afin de compléter la description de l'agencement régional de la production des substances minérales, qui est le point de départ des opérations de traitement, de transport et de commercialisation, nous mentionnerons brièvement l'importance de la production minérale en 1968 dans chaque province et territoire du Canada. Le tableau II.13 indique la valeur de la production par province pour certaines années entre 1950 et 1968.

La figure II.6 montre la valeur des principaux minéraux produits dans les provinces et les territoires. La production minérale de la Colombie-Britannique s'est accrue et s'est diversifiée rapidement au cours des dernières années; l'attention se concentre aujourd'hui sur les gîtes de cuivre et de molybdène dans les régions du centre et du nord-ouest de la provin-

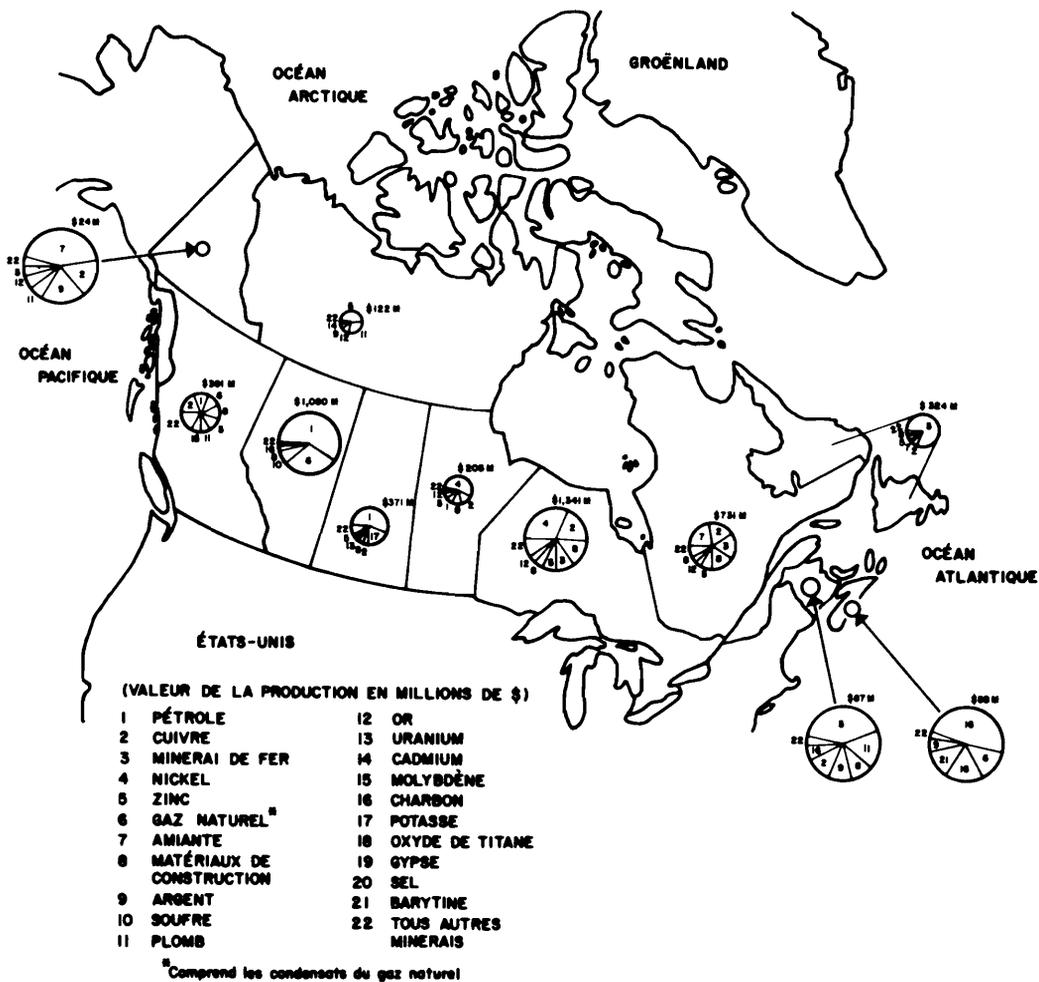
ce, et sur le charbon dans le sud-est. L'industrie pétrolière et gazière domine l'économie minérale de l'Alberta, qui produit les deux tiers du pétrole brut et les quatre cinquièmes du gaz naturel du pays. Les principaux produits minéraux de la Saskatchewan sont le pétrole brut et la potasse, mais la province produit aussi de l'uranium et d'autres métaux et matériaux de construction. Ces dernières années, l'extension rapide des réserves potassiques de la Saskatchewan a entraîné la mise en place d'usines permettant de satisfaire plus du tiers des besoins mondiaux. Les métaux les plus importants que produit le Manitoba sont le nickel et le cuivre. La zone nickélique de la mine Thompson et la région nord-ouest de la province adjacente à la frontière de la Saskatchewan sont des régions favorables aux gîtes de métaux communs.

L'Ontario produit toute une gamme de métaux et de matériaux de construction. Le nickel de la région de Sudbury est toujours le minerai le plus important; toutefois, l'exploitation d'un très vaste gisement de zinc-cuivre-plomb-argent près de Timmins, la reprise de la production de l'uranium à Elliott Lake et l'extraction de minerai de fer dans la partie nord-ouest de la province ont contribué à diversifier et à accroître la production minière. Le Québec reste le premier producteur d'amiante au Canada et il se classe deuxième pour la production du cuivre. Ces deux produits minéraux et une vaste

**Tableau II.13—Valeur de la production minérale par province et territoire (en millions de dollars)**

Provinces	1950	1955	1960	1965	1968
Ontario	367	584	983	993	1 356
Alberta	136	326	396	794	1 092
Québec	220	357	446	716	729
Colombie-Britannique	139	189	186	280	389
Saskatchewan	36	85	212	328	357
Terre-Neuve	26	68	87	207	310
Manitoba	32	62	59	183	209
Territoires du Nord-Ouest	8	26	27	77	116
Nouveau-Brunswick	13	16	17	82	88
Nouvelle-Écosse	59	67	66	71	57
Yukon	9	15	13	13	21
Île du Prince-Édouard	—	—	1	1	1
<b>Totaux</b>	<b>1 045</b>	<b>1 795</b>	<b>2 493</b>	<b>3 745</b>	<b>4 725</b>

Figure II.6—Valeur des principaux produits minéraux extraits en 1968 dans chaque province et territoire. (Le diamètre des disques est proportionnel à la production minérale de la province)



quantité de minerai de fer constituent les principaux produits miniers de la province. Comme l'Ontario, le Québec fournit un volume considérable de minéraux de construction à l'industrie du bâtiment. Le Nouveau-Brunswick produit surtout des métaux communs dont la prospection et la production gravitent autour de Bathurst. Le charbon a longtemps dominé l'économie minière de la Nouvelle-Écosse. Il n'y existe aucune mine de métaux importante, mais on y produit des quantités considérables de matériaux de construction et de minerais non métalliques comme le gypse et le sel. La production de l'Île du Prince-Édouard est limitée à de petites quantités de sable, de gravier et de pierre; elle n'apparaît pas à la figure II.6. Le minerai de fer est de loin le plus important produit minier de Terre-Neuve et du Labrador. La plate-forme continentale du littoral atlantique paraît propice aux découvertes de pétrole et de gaz, suscitant une importante activité de prospection au large des côtes.

Dans le Nord canadien, on a ranimé les travaux de prospection scientifique. Les nouvelles mines de métaux du Yukon dans la région de Ross River constituent un pôle d'attraction. Dans les Territoires du Nord-Ouest, c'est la mine de Pine Point, sur la rive sud du Grand Lac des Esclaves, qui reste le principal producteur; cependant, l'exploration pour le pétrole et le gaz s'étend. À la suite de la découverte de pétrole à la baie Prudhoe, dans le nord de l'Alaska, les travaux d'exploration se sont multipliés dans la région du delta du Mackenzie et dans les îles de l'Arctique.

### **Importance de l'industrie minière pour l'économie canadienne**

Nombre d'indices montrent l'importance de l'industrie minière pour l'économie du Canada. En 1968, la production minière équivalait à environ 7 pour cent du produit national brut alors qu'en 1945, elle n'atteignait que 4.2 pour cent. Ces chiffres ne donnent qu'une idée minimale de la contribution de l'industrie, car ils ne tiennent pas compte de l'activité ma-

nufacturière reliée à l'industrie minière, ni de son action multiplicatrice sur les transports et le secteur tertiaire. Par exemple, le groupe des industries manufacturières embrasse quatre secteurs (extraction des métaux de première fusion, usinage, élaboration des produits non métalliques et élaboration des dérivés du pétrole et du charbon) qui dépendent directement de leur approvisionnement minéral. Ces quatre secteurs industriels fournissent plus du cinquième (en valeur) de tous les produits manufacturés au Canada.

La phase primaire de l'industrie minière, y compris l'extraction minière et pétrolière, contribue pour plus d'un tiers de la valeur ajoutée en cours de production par toutes les industries primaires (exploitations agricoles, exploitation forestière, pêche, mines, puits de pétrole et de gaz, centrales électriques) et pour environ un dixième à celle de toute la production industrielle canadienne. L'importance grandissante des industries minières et pétrolières pour le secteur primaire de l'économie canadienne, telle que le concept de valeur ajoutée en cours de production l'indique, est illustrée au tableau II.14. Les tendances notées en ces dernières années indiquent que l'importance relative des industries minières et pétrolières va continuer de s'accroître.

*Le total des salaires et rémunérations payés par l'industrie minière atteint presque le double de ceux de l'industrie forestière et il dépasse de beaucoup le triple de la rémunération des travailleurs agricoles.* Les bénéfices des sociétés minières et pétrolières avant déduction des impôts, constituent environ 11 pour cent du total des bénéfices de toutes les firmes industrielles. L'augmentation brute de capital d'investissement de l'industrie minière constitue 8 pour cent du total de l'augmentation des capitaux de l'industrie canadienne. Lorsqu'on ajoute aux investissements du secteur primaire les coûts de fabrication des produits d'origine minière, de transport par oléoducs et de commercialisation des produits pétroliers et gaziers, on voit que *les investissements di-*

**Tableau II.14—Pourcentage de la contribution à la production du secteur primaire selon les industries, pour certaines années entre 1951 et 1967**

	1951	1956	1961	1966	1967
	%	%	%	%	%
Agriculture	56.3	42.3	34.4	41.1	35.1
Exploitation forestière	15.1	16.2	12.9	8.5	8.9
Pêche	2.5	2.6	2.6	2.7	2.4
Exploitation minière, pétrolière et gazière	17.7	26.4	33.6	33.3	37.8
Centrales électriques	8.4	12.5	16.5	14.4	15.8
<b>Totaux</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

*rects de l'industrie minérale atteignent 15 pour cent du total des immobilisations annuelles de l'industrie canadienne.*

Les sociétés d'exploitation minière et pétrolière et celles qui élaborent cette production, telles les fonderies, les affineries, les ateliers d'usinage des métaux, les raffineries de pétrole et les usines d'élaboration des minerais industriels, versent près de 20 pour cent de l'impôt fédéral sur le revenu. Ces sociétés alimentent en outre largement les caisses des provinces et des municipalités.

Les minerais et les métaux occupent une position dominante dans le commerce extérieur du Canada; ils constituent actuellement environ 30 pour cent de toutes les exportations de produits, au lieu de 20 pour cent en 1950 (figure II.7). L'industrie est fermement orientée vers l'exportation; près des deux tiers de sa production sont acheminés vers les marchés extérieurs. La moitié des vingt principaux produits canadiens d'exportation consistent en minerais et en produits minéraux. Le Canada occupe la cinquième place parmi les nations commerçantes du monde grâce à ses exportations abondantes et croissantes de produits de l'industrie minérale. L'importance de l'industrie extractive (y compris les sociétés pétrolières

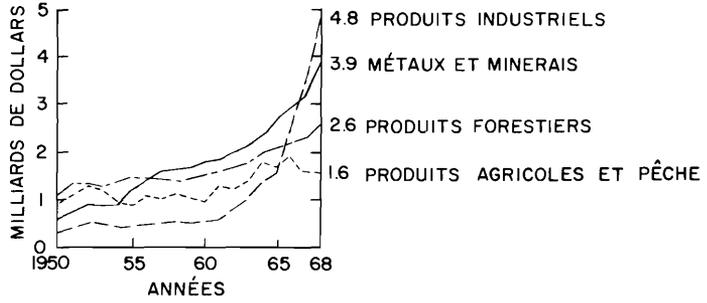
et gazières) dans le commerce canadien apparaît nettement quand on compare les soldes des balances commerciales de 1964 et de 1968 (exportations moins importations) des principaux secteurs de l'économie (voir tableau II.15); l'industrie minérale a dépassé tous les autres secteurs par le volume et le taux de croissance de ses exportations.

L'industrie minérale exerce une forte influence sur l'expansion régionale dans tout le pays. C'est probablement dans l'Ouest canadien que l'industrie pétrolière en fournit l'exemple le plus probant. Cette industrie a beaucoup amélioré la situation économique des provinces des Prairies, et parce qu'elle importe beaucoup d'outillage industriel fabriqué ailleurs au Canada, elle contribue largement à l'économie nationale. Depuis 1947, elle a consacré environ 12 milliards de dollars à la mise en exploitation des gisements pétrolifères et gazifères de l'Ouest canadien, et cet investissement a eu un effet multiplicateur sur l'économie. Les divers paliers de gouvernement ont perçu environ 3 milliards de dollars sur ce total, à titre de droits de concession minière et de redevances. La valeur brute de la production de l'industrie pétrolière depuis 1957 a atteint un montant de plus

**Tableau II.15—Soldes de la balance commerciale des principaux secteurs de l'économie en 1964 et en 1968**

Secteurs	1964	1968
	millions de \$	
Agriculture	646	356
Pêche	11	3
Exploitation forestière	24	26
Exploitation minière	777	1 345
Industrie manufacturière	-858	-879

Figure II.7—Répartition des exportations de produits canadiens selon les catégories, de 1950 à 1968. La montée rapide de la courbe des produits industriels provient de l'exportation de véhicules-moteurs et de pièces détachées.



de 10 milliards de dollars.

L'activité grandissante de l'industrie pétrolière permet le soutien d'un million de Canadiens, parmi lesquels de nombreux spécialistes diplômés et techniciens. On se rend compte de l'ampleur de ce mouvement par l'accroissement du nombre des ingénieurs, des scientifiques et des techniciens dans l'Ouest canadien, qui est passé de 6 700 en 1941 à 8 650 en 1951 puis à 19 500 en 1961. Bien que ces spécialistes travaillent dans des industries diverses, c'est l'industrie pétrolière et les travaux qu'elle nécessite qui ont suscité très largement cette augmentation.

On note également les avantages importants que les diverses régions ont tiré de l'expansion de l'industrie minière par le canal des nouvelles exploitations minières au cours des vingt dernières années. Chaque nouvelle entreprise refoule la limite des territoires non exploités, crée des emplois dans les villes, suscite l'extension des moyens de transport et la multiplication des firmes de service s'occupant de la mise en valeur et de l'exploitation des mines. L'effet multiplicateur sur l'économie en est considérable, car l'activité d'un mineur ou d'un technicien de l'extraction du pétrole provoque la création de cinq emplois ou plus dans d'autres secteurs de l'économie. Une grande mine de charbon de l'Ouest canadien atteint, estime-t-on, un facteur de multiplication de sept.<sup>1</sup> Les revenus recueillis par divers secteurs de l'économie à cause de la production minière dépassent ceux qu'engendrent toutes les autres industries primaires et même bon nombre d'industries secondaires et tertiaires. Les répercussions de l'extraction des minéraux sur l'économie sont donc plus considérables que celles de l'agriculture, de l'industrie forestière, de la pêche et de nombreuses industries manufacturières et firmes de service.

Bien qu'elle occupe une place éminente et bien établie dans l'économie canadienne, l'industrie minière rencontre un certain nombre de difficultés. Une bonne partie de l'industrie se trouve sous la mainmise étrangère: 62 pour cent des

firmes minières et des fonderies sont aux mains d'étrangers et 59 pour cent sont dirigées de l'étranger; dans l'industrie pétrolière, ces chiffres atteignent 64 et 70 pour cent respectivement. La forte participation étrangère tend à mettre de côté les programmes de recherche géoscientifique réalisables au Canada; les sociétés pétrolières concentrent leurs efforts de recherche dans de grands centres situés en dehors de notre pays, même s'il s'agit de résoudre des problèmes d'exploration au Canada. En conséquence, le Canada est privé des avantages découlant de programmes de recherche active, tels que la formation d'un cadre de chercheurs, l'application des résultats de la recherche étrangère et les bénéfices provenant des investissements de capitaux et des dépenses de recherches.

L'industrie minière souffre également d'une pénurie chronique de spécialistes et de techniciens compétents en sciences de la Terre, provenant en partie de l'éloignement des lieux de travail et des conditions de vie qui y règnent. Ce facteur restreint l'aptitude de l'industrie minière à retenir les effectifs professionnels attirés par les industries beaucoup plus spectaculaires de l'ère spatiale.

La répartition géographique des richesses minières constitue un autre problème et exige que l'expansion de l'exploitation se déroule selon certaines priorités. L'emplacement au cœur du pays de bien des installations extractives constitue un handicap, à cause des frais de transport que la recherche s'emploie à diminuer.

### **Niveau d'activité géoscientifique dans l'industrie minière**

#### *Dépenses*

Les données obtenues au cours de notre enquête sur l'industrie minière sont résumées au tableau II.16.<sup>2</sup> Les rapports du

<sup>1</sup>*The Impact of the Coal Mining Operations of Kaiser Resources Ltd. on the Canadian Economy*, rapport rédigé à l'intention de Kaiser Resources Ltd. par Hedlin-Menzies and Associates Ltd., 1969.

<sup>2</sup>Nos questionnaires comportaient un certain nombre de questions sur la nature des travaux géoscientifiques: nous résumons les réponses à l'annexe 6.

**Tableau II.16—Répartition pour 1968 des dépenses de travaux géoscientifiques de l'industrie minière<sup>a</sup> selon le genre d'activité scientifique**

Genres d'activité scientifique	Total des dépenses		Industrie pétrolière <sup>b</sup>				Industrie minière <sup>c</sup>				Cabinets d'experts-conseils <sup>d</sup>				
	milliers de dollars	%	Bureau (labo-ratoire)	Terrain (explo-ration)	Total		Bureau (labo-ratoire)	Terrain (explo-ration)	Total		Bureau (labo-ratoire)	Terrain (explo-ration)	Total		
			milliers de dollars		milliers de dollars	%	milliers de dollars	%	milliers de dollars	%	milliers de dollars	%			
Recherche fondamentale	1 979	0.5	1 801	—	1 801	0.6	125	6	131	0.1	47	—	47	1.2	
Recherche appliquée	6 026	1.5	2 709	1 085	3 794	1.3	972	720	1 692	1.9	406	134	540	12.1	
Développement technique	33 532	8.6	25 170	1 400	26 570	8.9	3 622	1 646	5 268	6.0	1 277	417	1 694	38.1	
Collecte des données															
A. Relevés et études de laboratoires	172 546	44.1	16 515	107 192	123 707	41.3	4 551	42 581	47 132	53.7	654	1 053	1 707	38.4	
B. Sondages d'exploration	172 557	44.1	—	139 559	139 559	46.6	—	32 820	32 820	37.4	—	178	178	4.0	
Information scientifique	5 003	1.2	3 933	—	3 933	1.3	793	—	793	0.9	277	—	277	6.2	
<b>Totaux</b>	<b>Montant</b>	<b>391 643</b>	<b>100.0</b>	<b>50 128</b>	<b>249 236</b>	<b>299 364</b>	<b>100.0</b>	<b>10 063</b>	<b>77 773</b>	<b>87 836</b>	<b>100.0</b>	<b>2 661</b>	<b>1 782</b>	<b>4 443</b>	<b>100.0</b>
	<b>%</b>			<b>(16.7%)</b>	<b>(83.3%)</b>	<b>(100.0%)</b>	<b>(11.5%)</b>	<b>(88.5%)</b>	<b>(100.0%)</b>		<b>(59.9%)</b>	<b>(40.1%)</b>	<b>(100.0%)</b>		

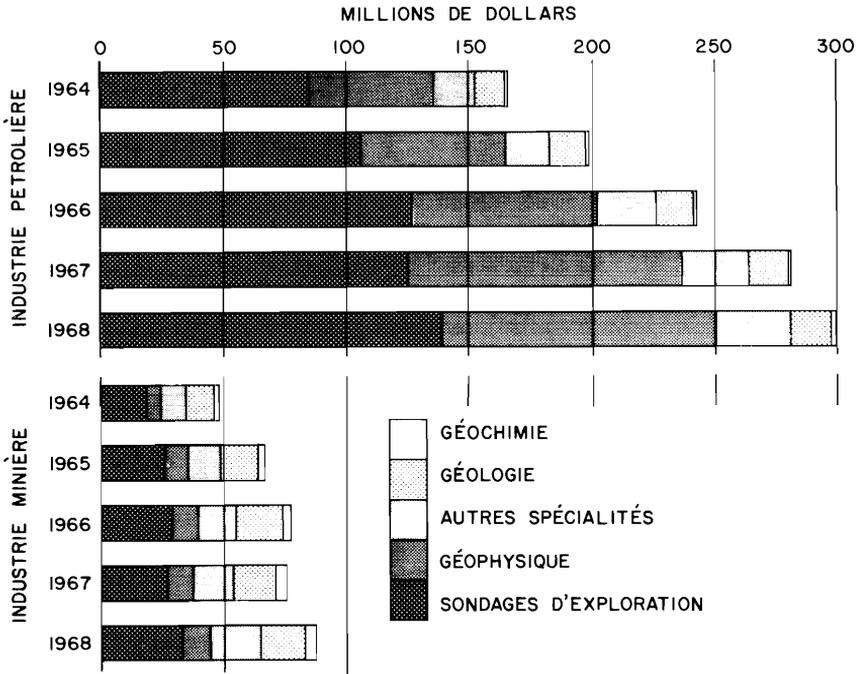
<sup>a</sup> L'industrie minière englobe les firmes minières et pétrolières.

<sup>b</sup> D'après les réponses provenant de 41 sociétés qui fournissent 62 % (en valeur, soit 800 millions de dollars) de la production pétrolière brute, nous estimons qu'on nous a signalé 70 % des dépenses de travaux géoscientifiques, soit 90 % en recherche et 69.6 % pour le reste. C'est pourquoi nous avons divisé par 90/100 les dépenses signalées pour la recherche et par 70/100 celles des autres travaux.

<sup>c</sup> D'après les réponses de 79 sociétés qui ont fourni 63 % (en valeur, ou 1.84 milliard de dollars) de la production de 1968, nous estimons qu'on nous a signalé 70 % des dépenses de travaux géoscientifiques (90 % en recherches et 69.6 % pour le reste). Comme dans le cas précédent, nous avons divisé par 90/100 les dépenses signalées pour la recherche et par 70/100 celles des autres travaux.

<sup>d</sup> Comprend les firmes de recherches géologiques et géophysiques travaillant pour les industries pétrolière et minière. Les questionnaires renvoyés par ces firmes ont été assez rares (15%). Nous estimons en gros que les réponses représentent 40 % des travaux géoscientifiques internes de ces firmes et nous avons donc multiplié par 2.5 les dépenses signalées.

Figure II.8—Accroissement des dépenses de travaux géoscientifiques accomplis par l'industrie minière, de 1964 à 1968.



Bureau fédéral de la statistique constituent le principal outil permettant de vérifier nos chiffres, bien qu'il soit impossible de faire des comparaisons précises, car le BFS a utilisé d'autres définitions des activités scientifiques et d'autres méthodes d'enquête, comme nous l'expliquons à la section I.4. En conséquence, les données statistiques sur l'industrie minérale mentionnées dans les rapports du BFS s'appliquent surtout aux travaux miniers et aux opérations métallurgiques.

Depuis 1965, le Bureau fédéral de la statistique recueille des données sur les dépenses d'exploration pétrolière; on peut se procurer des renseignements sur les années antérieures auprès de l'Association pétrolière canadienne. Les rapports du BFS indiquent les déboursés nets des industries du pétrole et du gaz, y compris a) les frais de relevés géologiques et géophysiques et b) les frais de sondages préliminaires. On n'a pas tenté de répartir les dépenses de travaux scientifiques par catégories (R & D, collecte des données, etc.). Le total pour 1968 des dépenses de relevés géologiques et géophysiques de l'industrie pétrolière a atteint 129 millions de dollars selon nos calculs, à comparer avec les 150 millions de dollars que signale le BFS.

Ce n'est que depuis 1967 que le BFS recueille des données sur les dépenses d'exploration des sociétés d'exploration et d'exploitation minières, bien que certaines données existent pour les années antérieures. Nous estimons que les dépenses de prospection minière ont atteint 76 mil-

lions de dollars en 1967 (tableau II.17), soit un montant concordant assez bien avec le total calculé par le BFS (70 millions) qui comprendrait les frais de prospection scientifique (53 millions), plus la moitié des frais d'exploration et de mise en valeur des gîtes et la moitié des frais d'administration et frais généraux causés par ces activités.

Une partie des dépenses de *recherche fondamentale et appliquée* mentionnées par les sociétés pétrolières est due aux recherches menées dans des laboratoires aux États-Unis ou en Europe. La recherche sur le terrain comporte, par exemple, des études de récifs coralliens afin d'élaborer des modèles d'exploration pétrolière, et des investigations pour découvrir et interpréter les facteurs régionaux déterminant la formation et la répartition des gîtes minéraux. Les recherches géologiques menées par les consultants concernent la mise en marche et la conduite des projets d'exploration minière. Les firmes géophysiques s'intéressent à la R & D concernant les instruments; de tels frais sont en partie acquittés par les programmes de R & D industrielle du Ministère de l'Industrie et du Commerce, par le Conseil national de recherches et le Conseil des recherches pour la Défense. La plupart des sociétés considèrent que l'État devrait élargir ses programmes d'encouragement à la recherche industrielle en vue de la stimuler (voir la section IV.5).

Les frais de *développement scientifique ou technique* comprennent non seulement

**Tableau II.17—Accroissement des dépenses de travaux géoscientifiques effectués par les sociétés minières et pétrolières canadiennes de 1964 à 1968<sup>a</sup> (en millions de dollars)**

Domaines d'activité	Sociétés pétrolières					Sociétés minières				
	1964	1965	1966	1967	1968	1964	1965	1966	1967	1968
Géologie	11.7	14.0	14.7	15.9	17.5	11.2	15.2	18.2	17.0	18.3
Géophysique	51.1	59.1	76.2	112.1	111.2	5.9	9.7	11.0	10.2	11.5
Géochimie	0.1	0.3	0.2	0.8	0.5	1.9	3.3	3.9	4.6	4.5
Sondages d'exploration	84.9	105.8	127.4	125.6	139.6	18.3	26.3	29.7	27.4	32.8
Autres dépenses pertinentes	17.1	18.9	23.5	26.8	30.6	10.3	13.0	15.1	17.1	20.8
<b>Totaux</b>	<b>164.9</b>	<b>198.1</b>	<b>242.0</b>	<b>281.2</b>	<b>299.4</b>	<b>47.6</b>	<b>67.5</b>	<b>77.9</b>	<b>76.3</b>	<b>87.9</b>
<b>Rapport frais/production<sup>b</sup></b>	<b>0.16</b>	<b>0.18</b>	<b>0.21</b>	<b>0.22</b>	<b>0.22</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.03</b>	<b>0.03</b>	<b>0.03</b>

<sup>a</sup> Dépenses de toute l'industrie minérale, selon notre estimation.

<sup>b</sup> Rapport entre les frais d'exploration et la valeur de la production.

le coût de la mise au point d'instruments géophysiques, mais aussi celui de l'*interprétation* des données géochimiques, géophysiques et géologiques. Les travaux d'interprétation nécessitent la synthèse de masses considérables de renseignements; ils utilisent l'informatique et d'autres méthodes permettant de préciser la structure d'éléments de la croûte terrestre qui peuvent contenir des gîtes minéraux rentables. Ces travaux sont considérés comme de la recherche s'ils contribuent à mettre au point des moyens et des modèles nouveaux. Cependant, lorsqu'on a recours à des méthodes normalisées en partie, ces travaux représentent la phase de développement qui conduira, espère-t-on, à une utilisation rentable des connaissances scientifiques acquises. C'est pourquoi le développement scientifique constitue une activité cardinale des firmes de prospection scientifique et il représente le travail scientifique le plus important exécuté au bureau et au laboratoire.

La *collecte des données scientifiques* est systématique et concerne tant la surface que le sous-sol. À cause de la grande étendue du Canada, ce poste renferme les dépenses les plus considérables de l'industrie minière. Celle-ci recueille surtout les données dans les régions dont on connaît ou dont on soupçonne le potentiel économique; elle utilise des méthodes géologiques, géophysiques et géochimiques pour multiplier les chances de succès des sondages. Ces derniers constituent la phase la plus coûteuse du rassemblement des données de cette industrie, qui consacre également des sommes considérables aux relevés sismiques et autres études régionales. La collecte des données est effectuée au cours d'une multitude de travaux qui varient en portée, en précision et en qualité et qui, à cause de la situation compétitive des sociétés et de la nature privée des résultats, sont fréquemment l'objet de levés répétés. Les firmes ne fournissent que le minimum d'information exigée par la loi, et le reste est soit détruit (par abandon des carottes sur la glace ou leur empilement désordonné, par ex.), soit confiné aux dossiers

de la firme ou parfois transmis à des centres d'information à l'étranger. De l'extérieur, certains aspects du rassemblement des données géoscientifiques font penser à la situation chaotique qui existerait si chaque compagnie aérienne devait recueillir ses propres données météorologiques.

Le niveau des dépenses pour travaux scientifiques acquittées par les industries pétrolières et minières s'est constamment élevé au cours des années 1964 à 1968, comme il apparaît au tableau II.17. Les dépenses annuelles de l'industrie pétrolière sont de 3 à 3.7 fois plus fortes que celles de l'industrie minière, ce qui s'explique par le coût élevé des travaux géophysiques et des puits d'exploration. Les sommes que l'industrie pétrolière consacre à l'exploration ont augmenté à un rythme plus rapide que la valeur brute de la production pétrolière et gazière (tableau II.17).

#### *Les effectifs*

Le tableau II.18 donne la répartition, selon les spécialités et les diplômes, des effectifs de géoscientifiques travaillant dans les industries minière et pétrolière. Les géologues et les géophysiciens constituent ensemble 82 pour cent du personnel employé dans ces deux industries. Toutefois, il y a 21 fois plus de géologues que de géophysiciens dans l'industrie minière et deux fois et demi plus dans l'industrie pétrolière. Les géochimistes ne constituent qu'un pour cent ou moins de la collectivité géoscientifique. Les titulaires de doctorats sont plus nombreux parmi les géoscientifiques de l'industrie minière (12 pour cent) que dans l'industrie pétrolière (6 pour cent).

Le tableau II.19 montre que les effectifs spécialisés des sociétés pétrolières et minières ont grandi au même rythme au cours des années 1964 à 1968. Compte tenu d'un roulement de 3 pour cent pour décès, retraite, ou autre cause de départ, l'accroissement moyen des effectifs géoscientifiques dans toute l'industrie minière a atteint 369 par année au cours des cinq dernières années. Étant donné le nombre

Tableau II.18—Effectifs géoscientifiques travaillant dans l'industrie minière en 1968\*

Spécialités	Diplômes			Total partiel
	B.Sc.	M.Sc. Ph.D.		
<i>Géologues et ingénieurs-géologues</i>				
Pétrole	841	291	111	1 243
Mines	680	253	158	1 091
Consultants	158	45	28	231
<b>totaux partiels</b>	<b>1 679</b>	<b>589</b>	<b>297</b>	<b>2 565</b>
<i>Géophysiciens</i>				
Pétrole	386	89	16	491
Mines	24	18	10	52
Consultants	80	54	18	152
<b>totaux partiels</b>	<b>490</b>	<b>161</b>	<b>44</b>	<b>695</b>
<i>Géochimistes</i>				
Pétrole	2	—	3	5
Mines	—	6	10	16
Consultants	5	3	3	11
<b>totaux partiels</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>16</b>	<b>32</b>
<i>Ingénieurs de mines</i>				
Pétrole	32	3	—	35
Mines	177	7	—	184
Consultants	8	1	—	9
<b>totaux partiels</b>	<b>217</b>	<b>11</b>	<b>—</b>	<b>228</b>
<i>Autres ingénieurs</i>				
Pétrole	231	30	—	261
Mines	7	—	—	7
Consultants	33	2	3	38
<b>totaux partiels</b>	<b>271</b>	<b>32</b>	<b>3</b>	<b>306</b>
<i>Physiciens</i>				
Pétrole	7	4	—	11
Mines	6	—	—	6
Consultants	—	—	3	3
<b>totaux partiels</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>20</b>
<i>Chimistes</i>				
Pétrole	—	2	—	2
Mines	13	2	—	15
Consultants	5	—	—	5
<b>totaux partiels</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>—</b>	<b>22</b>
<i>Mathématiciens</i>				
Pétrole	17	4	—	21
Mines	3	—	—	3
<b>totaux partiels</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>—</b>	<b>24</b>
<i>Autres spécialistes</i>				
Pétrole	40	2	—	42
Mines	27	—	—	27
Consultants	8	—	—	8
<b>totaux partiels</b>	<b>75</b>	<b>2</b>	<b>—</b>	<b>77</b>
<b>Totaux</b>	<b>2 790</b>	<b>816</b>	<b>363</b>	<b>3 969</b>

\* Estimation des effectifs de géoscientifiques travaillant dans l'industrie minière canadienne en 1968, fondée sur 120 questionnaires renvoyés; nous avons multiplié les chiffres obtenus par 1.4 en vue de les étendre à toute l'industrie minière.

**Tableau II.19—Accroissement des effectifs de géoscientifiques travaillant par les sociétés minières et pétrolières canadiennes de 1964 à 1968**

Diplômés titulaires de	Sociétés pétrolières					Sociétés minières					Experts-conseils				
	1964	1965	1966	1967	1968	1964	1965	1966	1967	1968	1964	1965	1966	1967	1968
<b>Baccalauréat</b>	1 221	1 274	1 364	1 446	1 556	599	659	781	853	937	98	125	168	258	297
<b>Maîtrise</b>	273	290	323	379	425	156	174	211	246	286	40	63	75	108	105
<b>Doctorat</b>	100	110	116	124	130	100	120	140	161	178	25	33	40	45	55
<b>Totaux</b>	<b>1 594</b>	<b>1 674</b>	<b>1 803</b>	<b>1 949</b>	<b>2 111</b>	<b>855</b>	<b>953</b>	<b>1 132</b>	<b>1 260</b>	<b>1 401</b>	<b>163</b>	<b>221</b>	<b>283</b>	<b>411</b>	<b>457</b>

décroissant des diplômés géoscientifiques sortant des universités canadiennes et de ceux qui joignent l'industrie (en faveur de l'enseignement, etc.) il est clair que l'apport de l'immigration a augmenté rapidement depuis 1964. Si l'industrie minière conserve jusqu'en 1980 le même taux de croissance de son activité et de ses effectifs scientifiques qu'en 1964-1968 (voir figure II.9), elle comptera cette année-là environ 6 700 géoscientifiques au lieu des 4 000 de 1968 (voir tableau II.19).

## II.4 L'industrie de la construction

### Définitions

L'industrie de la construction ne concerne pas les seuls entrepreneurs et consultants qui travaillent dans le secteur de la construction; elle intéresse également les spécialistes des services publics, des sociétés manufacturières, minières et forestières et des ministères. Les données statistiques relatives à la construction révèlent la production et le niveau d'activité de tous ces groupes, dont bon nombre ne servent pas le secteur privé ou ne s'occupent pas primordialement de construction. La gamme des travaux s'étend de la construction de grands barrages, de routes, de ponts jusqu'aux maisons unifamiliales.

Tous les ouvrages ont le sol pour assise; leur stabilité et leur résistance dépendent des matériaux superficiels. On utilise le terme «géotechnique» pour décrire les travaux géoscientifiques servant à l'industrie du bâtiment. La géotechnique s'appuie sur les principes et les techniques propres à la géologie de l'ingénieur, à la mécanique des sols et des roches, à la géomorphologie, à l'étude du moskeg, de la neige et de la glace, à l'hydrogéologie et à la géophysique. «Il est pour le moins paradoxal de constater que dans les milieux scientifiques on a depuis longtemps compris l'importance de la géologie dans les travaux d'exploration et d'exploitation minières et pétrolières, et si peu considéré jusqu'à présent les applications de la géologie aux travaux du génie civil.»<sup>1</sup>

### Activité actuelle

#### Dépenses

La valeur brute des ouvrages construits a augmenté rapidement depuis 1961 pour atteindre 13 milliards de dollars en 1969 (figure II.10). On prévoit qu'elle atteindra 20 milliards de dollars en 1980 (Legget, *op. cit.*). En outre, les entrepreneurs, les consultants et les géotechniciens canadiens participent de plus en plus aux travaux de génie que l'Agence canadienne de développement international et les Nations Unies entreprennent dans les pays en voie de développement.

L'industrie du bâtiment a connu une croissance plus rapide que l'ensemble de l'économie canadienne, comme il apparaît à l'examen de la valeur ajoutée par les diverses industries primaires et secondaires. Depuis 1961 le taux annuel d'accroissement de cette valeur ajoutée par l'industrie du bâtiment a été de 11.5 pour cent, au lieu de 9.5 pour cent dans toutes les autres industries. Entre 1935 et 1961, ce taux a été de 10 pour cent pour le bâtiment et de 8.5 pour cent pour toutes les autres industries. Ainsi l'industrie du bâtiment a contribué à accélérer la croissance économique du Canada. Sa nature d'industrie d'avenir et l'importance relative qu'elle prend dans l'économie apparaissent si l'on note qu'en 1935 la valeur des nouveaux ouvrages n'atteignait que 2.6 pour cent de la valeur brute de la production canadienne (GDP). En 1961 elle constituait 5.5 pour cent du GDP et aujourd'hui elle atteint près de 6.5 pour cent. Parmi tout le groupe des industries primaires et secondaires seule l'industrie manufacturière contribue plus largement au GDP.

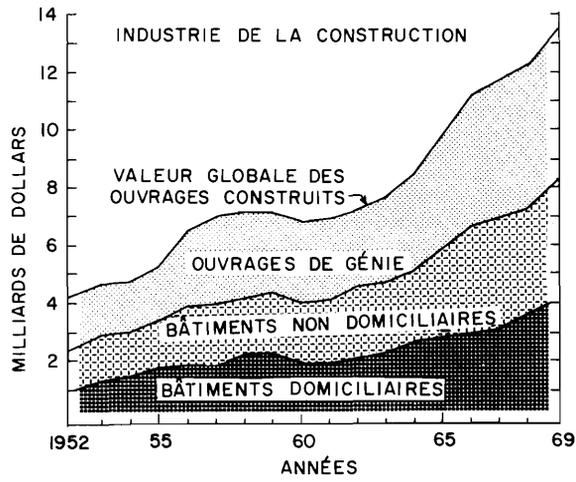
En 1968, les dépenses de R & D géotechnique ont atteint environ 4 millions de dollars ou 0.03 pour cent de la valeur des bâtiments non domiciliaires et ouvrages de génie<sup>1</sup> (tableau II.20). Les dépenses pour tous les travaux géotechniques

<sup>1</sup> Legget, R. F. *Geotechnique and National Development*, dans *The Earth Science in Canada*; Société Royale du Canada, Publication n° 11, (sous la direction de E. R. W. Neale), p. 188, 1968.

Figure II.9—Accroissement au cours de 1964 à 1968 des effectifs géoscientifiques de l'industrie minière.



Figure II.10—Croissance du chiffre d'affaires de l'industrie canadienne de la construction, de 1952 à 1969 (Constructions nouvelles et réparations)



**Tableau II.20—Répartition pour 1968 des frais de travaux géotechniques, selon les secteurs d'activité**

Secteurs d'activité	Total	R & D <sup>a</sup>	Collecte des données scientifiques			Information scientifique
			Laboratoire et bureau	Forage et échantillonnage	Autres travaux sur le terrain	
	milliers de dollars		milliers de dollars			milliers de dollars
<i>Industries<sup>b</sup></i>						
Entrepreneurs	717	—	402	139	156	20
Cabinets de consultants	17 237	459	4 984	8 590	2 964	240
<i>Secteurs publics</i>						
fédéral	3 805	548	1 425	1 000	685	147
provinciaux <sup>c</sup>	8 550	450	2 430	3 250	2 310	110
Universités <sup>d</sup>	2 250	2 200	—	—	—	50
<b>Totaux</b>	<b>32 559</b>	<b>3 657</b>	<b>9 241</b>	<b>12 979</b>	<b>6 115</b>	<b>567</b>

<sup>a</sup> Les dépenses de R et D et de collecte des données étaient généralement indiquées en pourcentage du total des frais géotechniques plutôt que sous forme de montants.

<sup>b</sup> On a multiplié par 1.56 les montants indiqués par les firmes de l'industrie, selon le rapport entre les immobilisations en capital pour toutes les constructions non domiciliaires et ouvrages de génie que signale le Bureau fédéral de la statistique et les immobilisations mentionnées dans les réponses au questionnaire.

<sup>c</sup> D'après des réponses et des estimations incomplètes. La répartition entre les divers travaux scientifiques est fondée sur les données des organismes ayant répondu aux questionnaires.

<sup>d</sup> Les dépenses des universités sont difficiles à estimer à cause de la dispersion des travaux géotechniques entre les divers départements de génie et de sciences.

**Tableau II.21—Répartition pour 1968-1969 des dépenses de travaux géotechniques des organismes fédéraux pour la construction et le transport**

Ministères	Total	Recherche fondamentale	Recherche appliquée	Développement technique	Collecte des données scientifiques	Information scientifique
1. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources: Mines et Géosciences.	100 <sup>a</sup>	—	—	20	70	10
2. Agence canadienne de développement international.	150	—	—	—	150	—
3. Conseil national de recherches: Division des recherches en bâtiment.	572	143	171	86	115	57
4. Ministère de l'Agriculture du Canada: Administration du rétablissement agricole des Prairies.	850	—	35	—	785	30
5. Ministère du Transport: Division d'ingénierie.	1 800	—	18	—	1 732	50
6. Recherches pour la Défense.	33	—	33	—	—	—
7. Ministère des Travaux publics: Laboratoires d'essais.	300	—	40	2	258	—
<b>Totaux</b>	<b>3 805</b>	<b>143</b>	<b>297</b>	<b>108</b>	<b>3 110</b>	<b>147</b>

<sup>a</sup> Nous n'indiquons ici que les coûts des travaux de génie géologique. Évidemment les travaux de cartographie topographique, géologique et géophysique du Ministère sont largement utilisés dans l'industrie de la construction et l'industrie minière.

atteignaient 33 millions, ou 0.3 pour cent de la valeur des ouvrages construits.

Des organismes universitaires, en particulier les départements de génie civil et, à un moindre degré, les départements de géologie, de génie minier et de géographie ont accompli plus de la moitié des travaux de R & D en géotechnique, grâce notamment au financement par le secteur fédéral. Cependant, les cabinets de consultants ont effectué plus de la moitié de tous les travaux géotechniques pour leurs clients du secteur privé aussi bien que public. Les dépenses de travaux géotechniques des organismes provinciaux, y compris les ministères de la Voirie, ceux des Travaux publics et les services publics, dépassent les déboursés que les ministères provinciaux des mines effectuent pour les sciences de la Terre (8.6 millions en regard de 6.8 millions de dollars).

Les organismes provinciaux accomplissent 70 pour cent des travaux géotechniques du secteur public, surtout en Ontario, au Québec et en Colombie-britannique. Comme dans le cas de l'industrie, la plupart de ces travaux sont entrepris pour des ouvrages particuliers et leurs résultats ne sont valables que localement. La recherche de nouvelles connaissances géotechniques constitue une activité beaucoup plus limitée que l'on poursuit surtout dans les universités et les organismes publics spécialisés, tels le Conseil national de recherches et la Commission géologique du Canada. En général, les organismes de l'État font bien peu d'efforts pour recueillir, résumer, interpréter et diffuser la masse de données géo-

techniques qui proviennent des grands projets de construction.

Le tableau II.21 indique le volume des travaux géotechniques du secteur fédéral en 1968. Quatre-vingt-deux pour cent de ces travaux sont entrepris pour satisfaire aux besoins d'autres programmes fédéraux (aide extérieure, rénovation des fermes, construction d'aéroports, ouvrages de défense et travaux publics) bien qu'au désir de mettre les connaissances scientifiques à la disposition du public. Seuls la Division des recherches en bâtiment du CNRC et les services du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources publient des renseignements géotechniques à l'intention de l'industrie. Les données relatives aux travaux géotechniques des organismes provinciaux et atteignant le public sont encore plus rares.

#### *Les effectifs*

Le nombre des spécialistes diplômés se consacrant à des travaux géotechniques représente environ 10 pour cent du groupe de géoscientifiques canadiens (tableau II.22). Bien que les entrepreneurs et les consultants soient groupés, ce sont surtout ces derniers ou les bureaux d'étude qui emploient le personnel géotechnique dans l'industrie. Par contraste avec d'autres secteurs d'activité, les ingénieurs y forment le groupe spécialisé le plus considérable (85 pour cent), bien que la répar-

<sup>1</sup> Les travaux géotechniques servent surtout aux constructions non domiciliaires et ouvrages de génie: nous avons donc déduit les frais de travaux géotechniques concernant la construction domiciliaire pour établir ces comparaisons.

**Tableau II.22—Effectifs géotechniques du Canada en 1968**

Secteurs	Total	Titulaires de			Spécialité		
		baccalauréat	maîtrise	doctorat	génie	géologie	autres
<i>Industrie</i>	250	125	100	25	209	34	7
<i>Secteurs publics</i>							
fédéral	123	98	18	7	117	1	5
provinciaux	105	84	16	5	80	25	—
Universités	70*	—	5	65	60	6	4
<b>Totaux</b>	<b>548</b>	<b>307</b>	<b>139</b>	<b>102</b>	<b>466</b>	<b>66</b>	<b>16</b>

\* Les étudiants diplômés non compris.

tition des diplômés ne diffère guère de celle des géoscientifiques pris globalement.

La figure II.11 montre l'accroissement des effectifs géotechniques au cours des années 1963 à 1968, calculé grâce aux réponses fournies à notre Groupe d'étude. On y découvrira la preuve de l'extension des cadres géotechniques au Canada, conséquence de l'expansion rapide de l'industrie de la construction.

## II.5 Les organismes fédéraux<sup>1</sup>

### Généralités

Les organismes fédéraux du Canada ont subventionné un grand nombre de travaux géoscientifiques depuis la création de la Commission géologique en 1842. Actuellement onze ministères ou organismes (figure II.12) dépensent 53 millions de dollars et emploient 663 spécialistes (tableaux II.23 et II.24) dans ces travaux. Le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources occupe 71 pour cent de ces effectifs; un tiers se retrouve au sein de la Commission géologique du Canada. Certains ministères, tels que le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources financent, exécutent et coordonnent des programmes géoscientifiques. D'autres, comme l'Agence canadienne de développement international, ne font qu'octroyer un financement. D'autres encore, comme le Ministère des Transports et le Ministère des Travaux publics, effectuent des recherches géoscientifiques et en utilisent les résultats pour leurs besoins propres.

De nombreuses raisons poussent le Gouvernement fédéral à appliquer les connaissances géoscientifiques pour la mise en œuvre de ses programmes nationaux (tableau II.25). L'Agence canadienne de développement international utilise 12 pour cent des dotations fédérales aux travaux géoscientifiques pour aider les pays en voie de développement. Le Conseil des recherches pour la Défense s'occupe surtout de séismologie, de géomagnétisme et de géotechnique aux fins de détection des explosions nucléaires, de re-

pérage des sous-marins et d'analyse des sols dans le Nord canadien. Le Ministère fédéral de l'Agriculture subventionne des études pédologiques en vue de l'essor agricole. Le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, qui effectue 59 pour cent des dépenses fédérales pour travaux géoscientifiques, s'occupe du développement économique à l'échelle nationale grâce à la prise de photos aériennes et à l'établissement de cartes topographiques, géologiques, géophysiques et hydrographiques; il s'efforce également de favoriser le développement économique de régions particulières (le Nord et l'Est canadien, etc.), de mener de la recherche en sciences géologiques, géophysiques et géochimiques pour faciliter la mise en valeur des richesses minérales, et de soutenir la recherche en sciences naturelles. Le Ministère de l'Industrie et du Commerce, de même que le Conseil national de recherches, encourage la R & D sur les instruments de géophysique, facteur de croissance de l'industrie secondaire (le Conseil des recherches pour la Défense le fait également, mais aux fins de Défense). Le Conseil national de recherches a pour tâche de favoriser la recherche scientifique au Canada, et il subventionne des travaux géoscientifiques effectués dans des universités canadiennes: ses scientifiques font des recherches géotechniques pour l'industrie de la construction. Le Ministère de l'Expansion économique régionale finance les travaux géoscientifiques nécessaires à l'expansion régionale. Le Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien finance également les travaux utiles au développement économique du Nord canadien. Enfin le Musée national et la Direction des Parcs nationaux présentent les sciences de la Terre au public grâce à leurs programmes à caractère culturel et récréatif.

### Le financement des travaux géoscientifiques par l'État

En 1968-1969, les dotations budgétaires

<sup>1</sup>La description des ministères et de leurs fonctions fait l'objet de l'Annexe 5.

Figure II.11--Accroissement des effectifs géotechniques dans l'industrie et le secteur fédéral de 1963 à 1968.

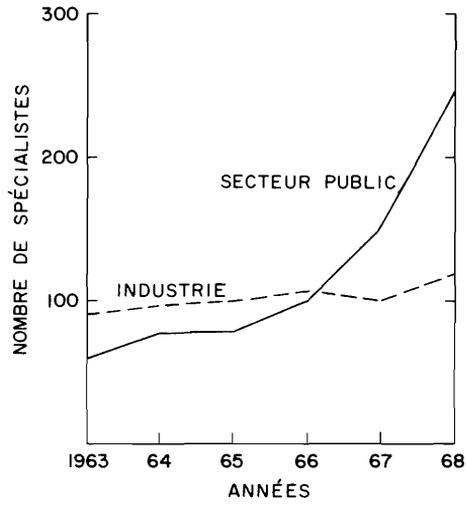


Tableau II.23—Financement fédéral des travaux géoscientifiques au cours de l'exercice 1968-1969

Ministères et divisions	Total des dépenses	Recherche fondamentale	Recherche appliquée	Développement technique	Collecte des données scientifiques	Information scientifique	Dépenses intra-muros % du total
	milliers de dollars						
1. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources <sup>b</sup>							
A. Mines et Géosciences (y compris la mise en valeur des gîtes minéraux)	24 152	3 162	4 931	1 601	10 091	4 367	93
B. Eaux (travaux géoscientifiques seulement)	6 727	643	1 063	600	3 507	914	99
<b>totaux partiels</b>	<b>30 879</b>	<b>3 805</b>	<b>5 994</b>	<b>2 201</b>	<b>13 598</b>	<b>5 281</b>	<b>94</b>
2. Agence canadienne de développement international	6 030	—	—	630	4 640	760 <sup>c</sup>	0
3. Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien							
A. Subventions de soutien et de mise en valeur des gîtes minéraux du Nord canadien	5 290	—	—	—	5 290	—	0
4. Conseil national de recherches							
A. Division des recherches en bâtiment	533	143	132	86	115	57	100
B. Revue canadienne des sciences de la Terre							
C. Subventions aux sciences de la Terre	3 171	2 146	842	183	—	—	0
D. Comités associés des sciences de la Terre	33	—	—	—	—	33	0
E. Programme d'aide à la recherche industrielle	77	—	77	—	—	—	0
<b>totaux partiels</b>	<b>3 921</b>	<b>2 289</b>	<b>1 051</b>	<b>269</b>	<b>115</b>	<b>197</b>	<b>17</b>
5. Ministère de l'Agriculture							
A. Institut des recherches sur les sols	1 181	207	532	—	395	47	100
B. Administration du rétablissement agricole des Prairies	850	—	35	—	785	30	100
C. Subventions du Ministère (recherches pédologiques)	32	9	23	—	—	—	0
<b>totaux partiels</b>	<b>2 063</b>	<b>216</b>	<b>590</b>	<b>—</b>	<b>1 180</b>	<b>77</b>	<b>98</b>
6. Ministère des Transports							
A. Division d'ingénierie	1 800	—	18	—	1 732	50	90
7. Ministère de l'Expansion économique régionale							
A. Office de développement de la région atlantique	35	—	35	—	—	—	0
B. Inventaire des terres du Canada	1 250	—	—	—	—	1 250	0
<b>totaux partiels</b>	<b>1 285</b>	<b>—</b>	<b>35</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>1 250</b>	<b>0</b>
8. Conseil des recherches pour la Défense	800	138	662	—	—	—	62
9. Musée national des sciences naturelles	139	28	27	—	42	42	100
10. Ministère de l'Industrie et du Commerce	116	—	—	116 <sup>d</sup>	—	—	0
11. Ministère des Travaux publics							
A. Laboratoires d'essais	300	—	40	2	258	—	100
<b>Totaux du financement fédéral</b>	<b>52 516</b>	<b>6 476</b>	<b>8 417</b>	<b>3 218</b>	<b>26 855</b>	<b>7 550</b>	<b>67%</b>

<sup>a</sup> Nous avons inscrit Eldorado Nucléaire Ltée sous la rubrique de l'industrie.

<sup>b</sup> Le tableau n° 5 de l'Annexe 5 donne une répartition plus détaillée.

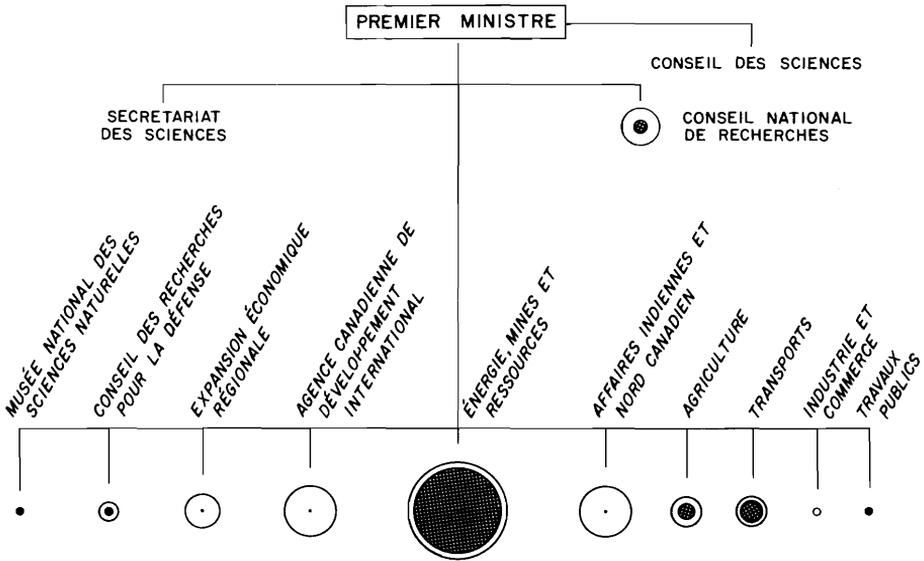
<sup>c</sup> Sommes consacrées à l'enseignement des sciences de la Terre.

<sup>d</sup> Montants versés dans le cadre du PAIT. Les versements effectués dans le cadre du programme IRDIA sont attribués aux programmes généraux de recherche des sociétés plutôt qu'à des programmes individuels; il n'est pas possible de déterminer s'ils servent à effectuer des travaux géoscientifiques. Les subventions versées dans le cadre du programme IRDIA aux sociétés exploitant des «mines, puits de pétroles et puits de gaz» ont atteint 745 000 dollars en 1968-1969.

**Tableau II.24—Répartition en 1968-1969 des effectifs géoscientifiques dans les organismes fédéraux**

Ministères et divisions	Géologie	Géo-physique	Géochimie	Géographie	Pédologie	Génie	Autres sciences naturelles	Total
<b>1. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources</b>								
<i>A. Mines et Géosciences</i>								
1. Commission géologique du Canada	163	11	7	10	—	5	15	211
2. Direction des observatoires fédéraux	9	28	—	—	—	—	24	61
3. Direction des levés et de la cartographie	—	—	—	2	—	47	—	49
4. Direction des mines	8	—	—	—	—	13	19	40
5. Étude du plateau continental polaire	3	4	—	2	—	—	2	11
<i>B. Mise en valeur des minéraux</i>								
1. Division des ressources minérales	22	—	—	1	—	13	—	36
<i>C. Eaux</i>								
1. Direction des eaux intérieures	19	1	2	7	—	3	5	37
2. Direction des sciences de la mer	13	7	—	—	—	1	1	22
<b>totaux partiels</b>	<b>237</b>	<b>51</b>	<b>9</b>	<b>22</b>	<b>—</b>	<b>82</b>	<b>66</b>	<b>467 (70%)</b>
2. Ministère des Transports	—	—	—	—	—	82	—	82
3. Ministère de l'Agriculture								
A. Institut de recherches sur les sols	4	—	—	1	37	—	8	50
B. Administration du rétablissement agricole des Prairies	—	—	—	—	—	17	—	17
4. Conseil national de recherches								
A. Division des recherches en bâtiment	—	—	—	2	1	10	2	15
5. Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien	6	—	—	—	—	6	—	12
6. Conseil des recherches pour la Défense	2	1	—	2	—	—	5	9
7. Ministère des Travaux publics	—	—	—	—	—	8	—	8
8. Musée national des sciences naturelles	2	—	—	—	—	—	1	3
9. Agence canadienne de développement international	—	—	—	—	—	—	—	—
10. Ministère de l'Expansion économique régionale								
A. Inventaire des terres du Canada	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>Totaux</b>	<b>251</b>	<b>52</b>	<b>9</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>205</b>	<b>82</b>	<b>663 (100%)</b>

Figure II.12—Travaux géoscientifiques accomplis par les organismes fédéraux en 1969. Les disques sont proportionnels au volume des dépenses et à l'envergure de l'activité interne (en noir).



**Tableau II.25—Répartition, selon les divers secteurs de réalisation, du financement fédéral des travaux géoscientifiques au cours de l'exercice 1968-1969**

Secteurs de réalisation	Dépenses			
	Total pour les travaux scientifiques		R & D	
	milliers de \$	%	milliers de \$	%
<b>1. Affaires extérieures</b>				
a) Contribution aux organismes internationaux (EMR, CNRC)	37	—	—	—
b) Aide aux pays en voie de développement (ACDI)	6 030	—	630	—
<b>totaux partiels</b>	<b>6 067</b>	<b>12</b>	<b>630</b>	<b>3</b>
<b>2. Défense</b>				
a) Conseil des recherches pour la Défense	800	2	800	—
<b>totaux partiels</b>	<b>800</b>	<b>2</b>	<b>800</b>	<b>4</b>
<b>3. Mesures économiques</b>				
<i>A. Secteur primaire</i>				
a) Agriculture (Min. Agric.)	1 213	2	771	4
b) Mines (EMR)	6 936	13	3 943	22
c) Ressources en eau (EMR)	4 027	8	2 306	13
<b>totaux partiels</b>	<b>12 176</b>	<b>23</b>	<b>7 020</b>	<b>39</b>
<i>B. Secteur secondaire</i>				
a) Aide à la recherche industrielle (CNRC)	77	—	77	—
b) Encouragement général à la R et D (Min. Ind.)	116	—	116	—
<b>totaux partiels</b>	<b>193</b>	<b>&lt;1</b>	<b>193</b>	<b>1</b>
<i>C. Transports</i>				
a) Transports aériens (Min. Transp.)	1 800	3	18	
b) Transports routiers (Min. Trav. publ.)	300	1	42	—
c) Transports maritimes (EMR)	2 600	5	—	—
<b>totaux partiels</b>	<b>4 700</b>	<b>9</b>	<b>60</b>	<b>&lt;1</b>
<i>D. Construction</i>				
a) Division des recherches en bâtiment (CNRC)	533	1	361	—
b) Commission géologique du Canada	100	—	20	—
<b>totaux partiels</b>	<b>633</b>	<b>1</b>	<b>381</b>	<b>2</b>
<i>E. Recherches générales (sciences naturelles)</i>				
a) Subventions aux universités (CNRC, etc.)	3 177	6	3 177	18
b) Étude du plateau continental polaire	1 991	4	966	5
c) Division des observatoires fédéraux (EMR)	2 678	5	1 328	7
<b>totaux partiels</b>	<b>7 846</b>	<b>15</b>	<b>5 471</b>	<b>30</b>
<i>F. Expansion régionale</i>				
a) Expansion économique du Nord canadien (AINC)	5 290	10	—	—
b) Commission géologique du Canada (30% du budget)	3 500	7	1 960	11
c) Inventaire des terres du Canada et Office pour le développement de la région atlantique	1 285	2	35	—
d) Administration du rétablissement agricole des Prairies	850	1	35	—
<b>totaux partiels</b>	<b>10 925</b>	<b>20</b>	<b>2 030</b>	<b>11</b>
<i>G. Autres mesures économiques (cartographie générale)</i>				
a) Division des levés et de la cartographie (EMR)	6 704	13	170	1
b) Commission géologique du Canada (20% du budget)	2 315	4	1 300	7
<b>totaux partiels</b>	<b>9 019</b>	<b>17</b>	<b>1 470</b>	<b>8</b>
<b>4. Culture et loisirs</b>				
a) Musée national	139	—	55	—
b) Parcs nationaux et lieux historiques	10	—	—	—
c) Commission géologique du Canada	25	—	—	—
<b>totaux partiels</b>	<b>174</b>	<b>&lt;1</b>	<b>55</b>	<b>&lt;1</b>
<b>Totaux</b>	<b>52 533</b>	<b>100</b>	<b>18 110</b>	<b>100</b>

\* Cette répartition est celle qu'a adoptée le Conseil du Trésor. Les secteurs d'administration, de bien-être social et d'enseignement sont exclus.

pour les travaux géoscientifiques ont atteint 53 millions de dollars (tableau II.23) et ont constitué 11 pour cent des dépenses du pays pour les sciences de la Terre (tableau II.1). Trente et un pour cent de la dotation budgétaire fédérale de 18 millions affectée à la R & D ont été alloués aux universités et à l'industrie.

Le tableau II.25 donne la répartition des subventions fédérales entre diverses utilisations des sciences de la Terre. Il a fallu user d'un certain arbitraire pour ventiler ces dépenses, car la plupart des fonds accordés profitent à tout un éventail de tâches publiques qui débordent la vocation thématique de chaque ministère. Par exemple, les subventions que le Conseil des recherches pour la Défense et le Ministère de l'Énergie des Mines et des Ressources versent aux universités pourraient bien apparaître sous la rubrique «Recherches générales» (tableau II.25, titre 6) plutôt qu'à leurs postes respectifs du budget du ministère qui les attribue

(défense nationale ou mesures économiques). L'activité de la Commission géologique du Canada se divise en 1) Soutien de l'industrie minière, 50 pour cent; 2) Expansion régionale, 30 pour cent; et 3) Cartographie générale, 20 pour cent. Toutefois, les dépenses mentionnées en regard des diverses tâches sont suffisamment indicatrices pour qu'on puisse les analyser et en déduire qu'elles n'atteignent pas un niveau bien élevé.

Au chapitre VIII, nous concluons que les 6 millions de dollars de dépenses fédérales pour les travaux géoscientifiques du programme d'aide à l'étranger devraient passer à 30 millions de dollars vers 1975. Nous ne disposons pas des moyens nécessaires pour évaluer les montants consacrés aux sciences de la Terre dans les secteurs de la Défense, de l'agriculture et de l'hydrographie.

Les dotations fédérales pour les travaux géoscientifiques intéressant directement l'industrie minière ont atteint 7

**Tableau II.26—Recettes fiscales de l'État provenant de l'industrie minière**

Ministères	Postes	Années			
		1965-66	1966-67	1967-68	1968-69
		millions de \$	millions de \$	millions de \$	millions de \$
Affaires indiennes et Nord canadien	Revenus de l'exploitation minière	1.17	1.26	0.76	0.80
	Revenus de l'exploitation pétrolière	6.27	1.77	2.00	9.60
<b>Totaux partiels</b>		<b>7.44</b>	<b>3.03</b>	<b>2.76</b>	<b>10.40</b>
Énergie, Mines et Ressources	Concessions pétrolières sous-marines	-	0.11	0.10	0.64
	Location de terres fédérales situées dans les provinces	-	0.30	0.28	0.31
<b>Totaux partiels</b>		-	<b>0.41</b>	<b>0.38</b>	<b>0.95</b>
		Année 1965	Année 1966	Année 1967	Année 1968
Finances*	Impôt sur le revenu des sociétés classées par le BFS sous les rubriques:				
	mines d'or	2.5	2.4	1.7	
	mines de fer	3.7	2.8	1.1	
	mines d'autres métaux	25.7	20.5	29.0	
	mines de charbon	0.3	0.2	0.1	
	puits de pétrole et de gaz	9.0	14.1	46.5	
	mines de minéraux non métalliques	14.0	16.9	11.4	
	carrières	1.2	3.4	2.6	
services miniers	6.2	2.5	2.4		
<b>Totaux partiels</b>		<b>62.6</b>	<b>62.8</b>	<b>94.8</b>	-

\* On n'a pas mentionné dans ce tableau les revenus des fonderies et affineries, usines sidérurgiques et aciéries, raffineries de pétrole et usines carbochimiques et pétrochimiques.

millions de dollars (tableau II.25).<sup>1</sup> Les montants accordés à l'expansion régionale, y compris le développement économique du Nord canadien, n'apparaissent pas ici puisqu'ils pèsent sur toute l'économie et non sur l'industrie minière en particulier. Dans les chapitres suivants, nous montrons la nécessité d'accroître l'aide fédérale en vue de répondre aux besoins géoscientifiques de l'industrie. La figure II.13 et le tableau II.26, qui donnent le détail des impôts payés par l'industrie minière; prouvent que cette dernière paie sa quote-part.

Les autorités gouvernementales se fondent sur des considérations d'ordre économique pour déterminer l'ampleur des travaux visant à l'expansion régionale. Vingt pour cent des fonds que le gouvernement fédéral consacre aux travaux géoscientifiques sont utilisés à cette fin. Les trois quarts, soit environ 8 millions de dollars, sont dépensés au nord du 60<sup>e</sup> parallèle. On peut comparer cette somme aux 6 millions de dollars que le Gouvernement canadien accorde aux travaux géoscientifiques dans les pays en voie de développement.

On peut évaluer le financement fédéral des travaux de cartographie générale en fonction: a) de l'étendue actuelle de la couverture cartographique, et b) du temps nécessaire aux organismes fédéraux et provinciaux pour achever la cartographie du pays selon des normes acceptables. Nous aborderons ces questions au Chapitre VII, en montrant que les progrès des travaux de cartographie topographique, géologique et géophysique du Canada ne suffisent pas à répondre aux besoins immédiats du développement économique du pays.

Le tableau II.27 résume la participation fédérale au financement de la recherche géoscientifique dans les universités. Cette dotation atteindrait 4 millions de dollars ou 6 700 dollars par professeur de sciences de la Terre enseignant dans les départements de géologie, de géophysique, de géographie, de génie et d'agriculture des universités canadiennes, si nous y incluons les subventions pour

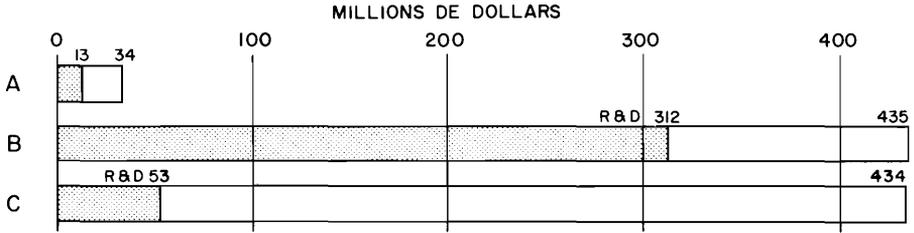
achat de gros appareillage et les allocations de voyage. Le nombre de subventions accordées en 1968 (594) correspond étroitement à celui des professeurs et chercheurs associés apparaissant au tableau II.5 (soit 593). Cette situation se rencontre assez souvent quand il s'agit de subventionner la recherche dans les universités canadiennes. Il existe au moins dix organismes fédéraux qui subventionnent la recherche géoscientifique dans les universités; cinq de ces organismes fonctionnant dans le cadre du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (tableau II.27). Seuls le Conseil national de recherches et la Commission géologique du Canada offrent des subventions pour toutes les sciences de la Terre. Un certain nombre de spécialités (la géologie du Quaternaire, la glaciologie, la séismologie, le géomagnétisme, la mécanique des roches, la mécanique des sols et l'hydrogéologie) peuvent compter sur l'appui de 3 ou 4 organismes, tandis que l'une d'entre elles (l'économie minière) a besoin d'aide par d'autres voies que celles des subventionnaires habituels. En dépit de ces multiples sources de financement, c'est le Conseil national de recherches qui détermine l'ampleur du soutien et la répartition entre les diverses disciplines géoscientifiques. Cette situation a suscité les remarques suivantes de la part du Comité consultatif national pour la recherche en sciences géologiques<sup>2</sup>:

«L'accroissement considérable des subventions du Conseil national de recherches a eu comme résultat que la majorité de ceux qui obtenaient une subvention de la Commission géologique recevaient également des sommes substantielles du Conseil. De fait, au cours des dernières années, 75 à 80 pour cent de ceux qui ont demandé des subventions à la Commis-

<sup>1</sup>Les déboursés de la Direction des mines du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pour les travaux scientifiques concernant l'exploitation minière et la métallurgie représentent une somme additionnelle de 8 millions de dollars.

<sup>2</sup>Dix-huitième rapport annuel (1967-1968) du Comité consultatif national pour la recherche en sciences géologiques, p. 2-3, 1959.

Figure II.13—Répartition des dépenses fédérales pour travaux géoscientifiques intra-muros en comparaison de a) tous les autres travaux scientifiques internes du secteur fédéral, et (c) tous les travaux géoscientifiques effectués dans l'industrie, les universités et les organismes provinciaux, exercice 1968-1969.



sion ont reçu des subventions du CNRC pour les mêmes projets, environ un mois avant que la Commission n'étudie les demandes. En conséquence, 75 à 80 pour cent des demandes faites à la Commission constituent, en fait, des demandes de subventions en complément de celles du Conseil national de recherches. Comme les montants accordés par le Conseil équivalent en moyenne à moins des deux tiers des subventions demandées, ces compléments sont nécessaires et justifiés. Le sous-comité des projets, qui évalue les demandes faites à la Commission et s'occupe en premier lieu de satisfaire aux besoins de 20 à 25 pour cent des candidats qui n'attendent rien du Conseil, est ainsi obligé à diviser le reliquat en parts égales entre ceux qui reçoivent déjà des subventions du Conseil. C'est pourquoi le Comité consultatif national étudie les moyens qui permettraient d'allouer les bourses de la Commission géologique dans des domaines ou pour de grands projets que lui-même, par l'entremise de ses sous-comités, trouverait particulièrement dignes de soutien.»

Au Chapitre III nous examinerons plus en détail l'envergure du financement des travaux géoscientifiques réalisés dans les universités, et nous évaluerons l'efficacité des mécanismes de financement.

La contribution fédérale aux travaux géoscientifiques effectués par les organismes provinciaux est négligeable, même s'il existe un certain nombre de programmes où les deux secteurs partagent frais et travaux. Le programme fédéral-provincial de levés aéromagnétiques en est un bon exemple. On peut arguer que le partage des responsabilités pour la gestion des ressources minérales, en vertu de l'Acte de l'Amérique du Nord Britannique, constitue un obstacle au financement fédéral de projets relevant des ministères provinciaux des Mines. En conséquence, les dépenses pour travaux géoscientifiques des universités (financés en grande partie par des subventions fédérales à la recherche) sont plus fortes que celles de certains ministères provinciaux

des Mines. Les subventions fédérales pour les travaux géoscientifiques des conseils de recherche proviennent surtout de l'Office de développement de la région atlantique et des programmes de l'ARDA visant la recherche géologique, hydrologique, géophysique, et les levés hydrogéologiques et pédologiques.

Le financement fédéral des travaux géoscientifiques effectués dans l'industrie est aussi assez limité. Comme les travaux de prospection scientifique ne constituent pas de la R & D aux yeux du statisticien de l'État, seule la réalisation d'instruments géophysiques bénéficie du soutien de la R & D géoscientifique. Toutefois, on pourrait faire valoir que les dégrèvements fiscaux pour épuisement minier et autres allègements fiscaux, de même que les subventions pour mise en exploitation des gîtes miniers du Nord canadien compensent l'absence d'aide pour la R & D en prospection scientifique effectuée par l'industrie.

### **Les réalisations géoscientifiques des organismes fédéraux**

#### *Niveau général d'activité*

Les travaux géoscientifiques accomplis dans le cadre des organismes fédéraux occasionnent 14 pour cent des dépenses de notre pays dans le domaine des sciences de la Terre. En R & D géoscientifique, les dépenses fédérales atteignent 20 pour cent des déboursés de notre pays. Cette situation offre un contraste saisissant avec la répartition des montants consacrés à la R & D scientifique au Canada<sup>1</sup>, car *la R & D géoscientifique ne re-*

<sup>1</sup>D'après le sénateur A. Grosart dans son exposé *Challenges to the Canadian Science Community*, publié dans le compte-rendu de la Conférence nationale sur les sciences et le génie qui s'est tenue à l'Université Carleton en 1969, «La répartition pour 1968 était la suivante: 17% pour l'industrie, 18% pour les universités et 62% pour les organismes fédéraux». Selon nos données, on arrivait aux proportions respectives suivantes pour les sciences de la Terre: 64% pour l'industrie, 10% pour les universités, 20% pour les organismes fédéraux et 6% pour les organismes provinciaux. Aux É.-U. «On estime que l'ensemble des recherches entreprises par l'industrie, les États, les gouvernements locaux et les établissements d'enseignement était inférieur à la moitié de celles accomplies par les organismes fédéraux». *Solid-Earth Science*, rapport d'un Groupe spécial de travail présenté au Conseil fédéral des sciences et de la technologie des États-Unis en juillet 1967.

Tableau II.27—Subventions accordées en 1968-1969 à la recherche géoscientifique dans les universités

Spécialités géoscientifiques	Organismes subventionnaires																Totaux				
	Conseil national de recherches <sup>b</sup>		Conseil de recherches pour la défense		Ministère fédéral de l'Agriculture		Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources										Totaux				
							Commission géologique du Canada		Direction des mines		Direction des observatoires fédéraux		Com. cons. nat. pour la rech. hydroécon. <sup>e</sup>		Com. cons. nat. pour la rech. géogr. <sup>d</sup>				Direction des levés et de la cartographie		Direction des ressources minérales
Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$	Nbre milliers de \$			
<i>Géologie</i>																					
Paléontologie et paléobotanique	29	223	—	—	—	—	12	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41	252
Minéralogie et cristallographie	26	203	—	—	—	—	10	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	218
Stratigraphie et sédimentologie	30	200	—	—	—	—	17	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	47	235
Pétrologie	30	180	—	—	—	—	19	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49	220
Géologie structurale et tectonophysique	17	148	1	6	—	—	10	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28	175
Géologie des gîtes minéraux	15	110	—	—	—	—	7	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	135
Géologie du quaternaire et géomorphologie	25	139	1	2	—	—	5	8	—	—	—	—	—	13	15	—	—	—	—	44	164
Pédologie	12	90	—	—	8	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	122
Glaciologie (glaces et neige)	10	74	2	10	—	—	—	—	—	—	—	3	22	—	—	—	—	—	—	15	112
Géologie des fonds marins	7	68	—	—	—	—	2	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	72
Travaux sur ordinateurs	8	45	—	—	—	—	5	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	88
<b>totaux partiels</b>	<b>209</b>	<b>1 489</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>32</b>	<b>87</b>	<b>211</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>324</b>	<b>1 793</b>

<i>Géophysique</i>																					
Séismologie	11	119	7	61	-	-	3	6	-	-	5	9	-	-	-	-	-	-	-	26	195
Géomagnétisme	10	103	2	18	-	-	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	125
Courants géothermiques	5	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61
Prospection géophysique	6	42	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	44
Géophysique des fonds marins	4	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	29
Autres recherches géophysiques	10	84	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	86
<b>totaux partiels</b>	<b>46</b>	<b>438</b>	<b>9</b>	<b>79</b>	-	-	<b>8</b>	<b>14</b>	-	-	<b>5</b>	<b>9</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>68</b>	<b>540</b>
<i>Géochimie</i>																					
Géochimie isotopique	20	200	-	-	-	-	6	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	212
Géochimie minérale	18	184	-	-	-	-	9	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	199
Synthèses minérales	7	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	64
Géochimie organique	4	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	35
Prospection géochimique	5	29	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	32
<b>totaux partiels</b>	<b>54</b>	<b>512</b>	-	-	-	-	<b>17</b>	<b>30</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>71</b>	<b>542</b>
<i>Géotechnique</i>																					
Mécanique des sols	44	313	3	7	-	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	324
Mécanique des roches	19	129	2	14	-	-	1	2	11	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	183
Hydrogéologie	29	196	-	-	-	-	1	2	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	31	201
Géologie de l'ingénieur	9	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	55
<b>totaux partiels</b>	<b>101</b>	<b>693</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	-	-	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>38</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>122</b>	<b>763</b>
Photogrammétrie	3	39	2	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	7	55
Géodésie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7	-	-	1	7
Économie minérale	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	1	5
<b>Totaux des subventions géoscientifiques</b>	<b>413</b>	<b>3 171</b>	<b>20</b>	<b>138</b>	<b>8</b>	<b>32</b>	<b>116</b>	<b>263</b>	<b>11</b>	<b>38</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>604</b>	<b>3 705</b>
<b>Pourcentage total des subventions aux universités</b>		<b>10</b>		<b>5</b>		<b>5</b>		<b>100</b>		<b>38</b>		<b>32</b>		<b>5</b>		<b>47</b>		<b>30</b>		<b>100</b>	<b>16</b>

<sup>a</sup> Non compris les contrats de recherche universitaire ni les sommes que le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien consacre aux travaux géoscientifiques.

<sup>b</sup> Non compris le remboursement des frais de voyage et les subventions pour achat de gros appareillage.

<sup>c</sup> Subventions du Comité consultatif national pour la recherche hydroéconomique, attribuées conjointement par la Direction des eaux intérieures et par la Direction des programmes et de la planification.

<sup>d</sup> Subventions du Comité consultatif national pour la recherche géographique, attribuées par la Direction des programmes et de la planification.

présente que 4 pour cent des travaux fédéraux faits au même titre dans l'ensemble des sciences naturelles (figure II.13).

La plupart des travaux géoscientifiques accomplis par les organismes fédéraux profitent à un large secteur de la société; ils visent à étayer les grandes tâches du secteur fédéral (tableau II.28). Soixante pour cent des dépenses sont causées par la collecte des données scientifiques et l'information. Les travaux de R & D servent à la réalisation des missions thématiques des organismes publics. En 1968, les frais de R & D interne des organismes publics (13 millions de \$) atteignaient le double des déboursés universitaires (6 millions de \$).

Les principaux organismes réalisateurs du secteur fédéral sont indiqués au Tableau II.28, selon leur genre d'activité. À l'Annexe n° 5, nous décrivons plus en détail la nature de leur activité. Soixante et onze pour cent de leurs géoscientifiques œuvrent au sein du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (tableau II.24). Leur formation se répartit entre la géologie (38%), le génie (31%), d'autres sciences naturelles (12%), la géophysique (8%), la pédologie (6%), la géographie (4%) et la géochimie (1%). Le nombre des géoscientifiques du secteur fédéral (663) se compare à celui des universités (593).

#### *Sommaire des travaux géoscientifiques intra-muros*

Dans ce domaine, l'activité du *Ministère de l'Agriculture du Canada* (tableau II.28, art. 2Aa) consiste dans l'étude des sols, y compris leur répartition, leur composition minérale, leur évolution, ainsi que leurs propriétés chimiques et physiques. Les deux millions de dollars de dépenses internes absorbent 3.6 pour cent de la dotation du ministère pour les travaux scientifiques de toute nature.

L'activité du *Conseil de recherches pour la Défense* concerne la détection des explosions nucléaires, le repérage des sous-marins et l'analyse du terrain (tableau II.28, art. 1a). Elle occasionne 0.8 pour cent des dépenses scientifiques internes

du Ministère de la Défense nationale.

L'activité géoscientifique du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources concerne de nombreuses tâches gouvernementales (voir l'organigramme et les explications détaillées à l'Annexe n° 5). La Direction de levés et de la cartographie (tableau II.28, art. 2Fa) s'occupe de la description précise des terres du Canada grâce à la photographie aérienne, aux levés géodésiques et topographiques, et elle publie la série des cartes topographiques du Canada.

La *Commission géologique du Canada* remplit plusieurs fonctions géoscientifiques pour le compte de l'État. Elle s'occupe de l'inventaire systématique et de la cartographie géologique et aéromagnétique des terres fédérales (soit 50% du territoire canadien); ces travaux sont indispensables à la mise en valeur des richesses naturelles dans des régions particulières et à l'échelle du pays (Art. 2Fb). Elle fait des recherches géologiques, géophysiques et géochimiques sur le terrain en vue de l'expansion économique du Nord canadien et des besoins en ce domaine de certaines provinces selon les termes de l'accord confédératif (Art. 2Ea). En 1968, trente pour cent des frais de travaux sur le terrain ont découlé des travaux exécutés au nord du 60<sup>e</sup> parallèle. La Commission s'occupe encore d'étudier la formation des gîtes minéraux, d'élaborer les théories et techniques de prospection géochimique et géophysique, de mettre au point et d'essayer les instruments nécessaires (Art. 2Ab). Elle effectue des études géotechniques sur les emplacements de centrales hydro-électriques (Art. 2Cb). Pour favoriser tous ces travaux, elle a constitué une carothèque (dépôt de carottes de sondage), des collections géologiques, minéralogiques, paléontologiques, et de météorites, des bibliothèques scientifiques, ainsi que des banques de données pour traitement sur ordinateurs. En 1968-1969, le personnel de la Commission a publié 92 mémoires, bulletins et communications dans la série des publications de la Commission et 100 articles dans des revues scientifiques,

**Tableau II.28—Répartition pour 1968-1969 des travaux géoscientifiques intramuros des organismes fédéraux, selon les genres d'activité**

Genres d'activité	Dépenses			
	Total pour travaux scientifiques		R & D	
	milliers de \$	%	milliers de \$	%
<b>1. Défense</b>				
a) Conseil des recherches pour la Défense	500	—	500	4
<b>totaux partiels</b>	<b>500</b>	<b>1</b>	<b>500</b>	<b>4</b>
<b>2. Mesures économiques</b>				
<i>2A. Secteur primaire</i>				
a) Agriculture (Min. Agric.)	2 031	6	774	6
b) Mines (EMR)	6 100	18	3 796	28
c) Ressources hydriques (EMR)	3 952	11	2 231	17
<b>totaux partiels</b>	<b>12 083</b>	<b>35</b>	<b>6 801</b>	<b>51</b>
<i>2B. Transport</i>				
a) Transport aérien (Min. Transp.)	1 620	5	18	—
b) Transport routier (Min. Trav. publ.)	300	1	42	—
c) Transport maritime (EMR)	2 700	8	—	—
<b>totaux partiels</b>	<b>4 620</b>	<b>14</b>	<b>60</b>	<b>—</b>
<i>2C. Construction</i>				
a) Division des recherches en bâtiment (CNRC)	533	—	361	—
b) Commission géologique du Canada	100	—	20	—
<b>totaux partiels</b>	<b>633</b>	<b>1</b>	<b>381</b>	<b>3</b>
<i>2D. Recherche générale (sciences naturelles)</i>				
a) Étude du plateau continental polaire	1 991	6	966	7
b) Direction des observatoires fédéraux (EMR)	2 669	8	1 319	10
c) Revue canadienne des sciences de la Terre	107	—	—	—
<b>totaux partiels</b>	<b>4 767</b>	<b>14</b>	<b>2 285</b>	<b>17</b>
<i>2E. Expansion régionale</i>				
a) Commission géologique du Canada (30% des crédits)	3 035	—	1 901	—
<b>totaux partiels</b>	<b>3 035</b>	<b>9</b>	<b>1 901</b>	<b>14</b>
<i>2F. Autres mesures économiques (cartographie générale)</i>				
a) Division des levés et de la cartographie (EMR)	6 705	19	172	2
b) Commission géologique du Canada (20% des crédits)	1 923	6	1 233	9
<b>totaux partiels</b>	<b>8 628</b>	<b>14</b>	<b>1 405</b>	<b>11</b>
<b>3. Culture et loisirs</b>				
a) Musée national	139	—	55	—
b) Parcs nationaux et lieux historiques	10	—	—	—
c) Commission géologique du Canada	25	—	—	—
<b>totaux partiels</b>	<b>174</b>	<b>1</b>	<b>55</b>	<b>—</b>
<b>Totaux</b>	<b>34 440</b>	<b>100</b>	<b>13 388</b>	<b>100</b>

outre quelque 700 cartes aéromagnétiques.

La *Direction des observatoires fédéraux*<sup>1</sup> du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources applique les principes de la physique à l'étude de la géosphère. Bien que, suivant la classification du Conseil du Trésor, nous ayons rangé ses travaux sous la rubrique de la recherche générale (Art. 2Db), la Direction satisfait les besoins du pays en études de sismicité et des dangers des tremblements de terre, de détection d'explosions nucléaires et de description des champs magnétiques et de la gravité au Canada. L'étude du plateau continental polaire est menée en étroite collaboration avec d'autres directions du Ministère en vue de coordonner et de conduire des recherches géoscientifiques et d'autres études dans le Grand Nord (Art. 2 Da). La *Direction des mines* utilise les connaissances géoscientifiques et s'occupe de recherches connexes en vue de poursuivre la valorisation des minerais et de perfectionner la technologie minière (Art. 2Ab). La *Direction des ressources minérales* recueille et analyse des données économiques sur les ressources épuisables (Art. 2 Ab).

La *Direction des sciences de la mer* est chargée d'établir les cartes du fond océanique (Art. 2Bc), ce qui l'entraîne à faire des levés géologiques et géophysiques. La *Direction des eaux intérieures* utilise l'hydrogéologie, la glaciologie et la limnogéologie afin d'inventorier les ressources hydroéconomiques du Canada (Art. 2Ac).

Au total, 467 spécialistes s'occupent de ces travaux au Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. En 1968-1969, le Ministère a consacré une somme de 31 millions de dollars (Annexe 5, Tableau 5.3) ou environ 40 pour cent de ses crédits budgétaires à des travaux scientifiques.

Le *Musée national des sciences naturelles* a affecté 139 000 dollars (ou 13 pour cent de sa dotation budgétaire) à la recherche et à des expositions géoscientifiques (Art. 3a). Bien qu'il soit l'organisme fédéral chargé de faire connaître les sciences de la Terre au grand public, on

peut dire que son action a été presque nulle sauf dans la région d'Ottawa. On devrait agir immédiatement en vue d'améliorer et d'étendre ses collections géoscientifiques, et créer des expositions itinérantes illustrant les processus géologiques et les concepts nouveaux de la dynamique du globe. *Le moins qu'on puisse dire est que les crédits affectés au Musée et le personnel qu'il est autorisé à avoir sont totalement insuffisants pour un pays tel que le Canada, si richement pourvu en traits géologiques distinctifs et en richesses minérales.*

Le Conseil national de recherches n'est pas seulement le principal bailleur de fonds de la recherche géoscientifique dans les universités, mais il est aussi le principal réalisateur fédéral des recherches géotechniques nécessaires à l'industrie du bâtiment (Art. 2Ca). Les sommes qu'il consacre à ces travaux sont extrêmement faibles par rapport à la valeur de la construction au Canada. *En 1968-1969 les 553 000 dollars que le Conseil a affecté aux travaux géotechniques correspondaient à 0.8 pour cent de ses crédits à la recherche scientifique intra-muros.*

Les dépenses effectuées par les ministères fédéraux des *Transports* et des *Travaux publics* (Art. 2Ba,b) ne répondent qu'à leurs besoins en travaux géotechniques propres pour l'accomplissement de leurs missions thématiques.

### *Évaluation des travaux géoscientifiques du secteur fédéral*

La décentralisation des travaux et la répartition du financement des sciences de la Terre dans les ministères fédéraux constitue une évolution récente et naturelle. Cependant, elle s'accompagne de problèmes de communication, de coordination et d'utilisation efficace d'un personnel spécialisé; plusieurs organismes fédéraux ont souligné la nécessité d'une coordination plus étroite. M. W. G. Schneider reconnaît que «l'intégration horizontale» est peu poussée au sein du

<sup>1</sup> Devenue la Direction de physique de la Terre le 1<sup>er</sup> avril 1970.

secteur public lorsqu'il déclare:<sup>1</sup>

«Tandis qu'il existe une bonne intégration verticale à l'intérieur de chaque ministère ou organisme, l'intégration horizontale et l'harmonisation d'ensemble des recherches n'existent guère... À moins qu'on ne réussisse à établir une intégration horizontale et une planification d'ensemble, notre façon d'aborder les problèmes restera fragmentaire et entièrement inefficace. Je ne crois pas que la solution consiste à créer de nouveaux ministères ni d'autres organismes. Cela ne ferait qu'aggraver les difficultés. Nous devons plutôt compter sur les structures et les forces actuelles pour élaborer une meilleure harmonisation et mieux coordonner notre approche.»

La création d'un comité fédéral permanent pour les sciences de la Terre contribuerait à résoudre les problèmes de communication et de coordination entre les réalisateurs fédéraux des travaux géoscientifiques; on pourrait suivre le modèle proposé par le Conseil fédéral des sciences et de la technologie des États-Unis<sup>2</sup>.

Ceci nous amène à conclure que:

---

---

### *Conclusion II.2*

*Le Gouvernement du Canada devrait créer un comité permanent interministériel des sciences de la Terre, les membres proviendraient des ministères et des organismes utilisateurs.*

---

---

Voici quelles seraient les fonctions du comité projeté:

1. fournir une tribune pour la discussion générale de l'utilisation des sciences de la Terre au sein du secteur fédéral, et pour l'examen permanent des buts du gouvernement fédéral et des objectifs nationaux;
2. constituer une source sûre et unique d'information sur l'activité géoscientifique des organismes fédéraux;
3. fournir un moyen de coordonner les programmes et d'étudier les relations entre les organismes;

4. déterminer les lacunes de programmes et proposer les mesures voulues;

5. rechercher de nouvelles possibilités d'application fructueuse des sciences de la Terre pour atteindre les objectifs nationaux;

6. entreprendre des études particulières à la demande du Gouvernement du Canada.

Parmi les premières tâches que devrait entreprendre le Comité nous proposons les suivantes:

1. la préparation et la diffusion d'un guide des travaux géoscientifiques du secteur fédéral (en élargissant les propositions de l'annexe 5 de notre rapport);

2. la rédaction d'un exposé sur les objectifs géoscientifiques de l'État, compte tenu des intentions de l'industrie, des universités et des sociétés scientifiques, ainsi que des buts exprimés dans les plans des ministères fédéraux s'intéressant aux sciences de la Terre, et l'élaboration des critères qui serviront à évaluer les programmes de l'État visant à réaliser ces objectifs.

Par ses réponses au questionnaire et les mémoires qu'elle a présentés, l'industrie a reconnu la fructueuse collaboration des organismes géoscientifiques fédéraux. Néanmoins l'éparpillement des travaux géoscientifiques dans le secteur fédéral cause des problèmes de coordination et de communication de l'information. Les membres de l'*Alberta Society of Petroleum Geologists* (ASPG) ont mis le doigt sur ce problème particulier:

«À titre de représentants des diverses sociétés employeurs, ces géologues ont constaté qu'il se produit des chevauchements et des lacunes de communications entre les organismes fédéraux s'occupant de la réglementation des travaux de prospection scientifique et de l'accumulation des données géoscientifiques fondamentales. On doit souligner particulièrement que la collaboration entre les services fé-

<sup>1</sup> *Decision Making at the National Research Council*, allocation à la Conférence nationale sur les sciences et le génie à l'Université Carleton, les 31 juillet et 1<sup>er</sup> août 1969.

<sup>2</sup> *Op. cit.*

déroulés et les firmes industrielles est excellente. Toutefois, il apparaît que la collaboration et les liaisons entre des organismes comme la Commission géologique du Canada, la Division de la gestion des ressources, le Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien et l'Institut d'océanographie Bedford, pour ne nommer que les principaux, ne sont pas aussi bonnes que les relations entre ces organismes et les industries. La Commission géologique du Canada et d'autres services désapprouvent souvent le choix de l'utilisation et les modes de diffusion des données recueillies par le Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien ainsi que par la Division de la gestion des ressources. L'ASPG s'intéresse surtout à la collecte et à la diffusion des données. En outre, la Société n'arrive pas à comprendre la répartition des responsabilités entre le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien d'une part, et le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources d'autre part pour la gestion des richesses minérales de cette partie du Canada qui ne relève pas des provinces. Il apparaît clairement aux membres de la Société qu'un seul organisme ferait un travail aussi bon, sinon meilleur, que deux ministères.»

Nous sommes d'accord avec certaines observations des membres de l'*Alberta Society of Petroleum Geologists*; il est vrai que l'entretien de deux ministères fédéraux distincts qui s'occupent de gérer les richesses minières des territoires fédéraux cause des pertes financières et un manque d'efficacité. Sans réduire les responsabilités du Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien dans le domaine de sa compétence, nous estimons qu'il serait avantageux de centraliser les services scientifiques en cause, tant pour faciliter l'administration que l'économie. Nous estimons que:

---

### *Conclusion II.3*

*Il faudrait centraliser au Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources la recherche géoscientifique et les services*

*étayant l'expansion régionale et celle du Nord canadien.*

---

---

Il existe également des problèmes d'intégration horizontale dans l'organisation interne du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources où l'intérêt qu'on prend à la structuration verticale des programmes laisse peu de temps à la coordination horizontale. C'est pourquoi la délimitation des objectifs de secteurs, de directions et de divisions prévues dans les programmes causent des chevauchements et, partant, de la confusion parmi les scientifiques chargés de l'exécution. L'exemple suivant de recherches géoscientifiques sur le plateau continental illustre bien ces chevauchements. Voici un extrait des prévisions du ministère pour 1970-1971:

#### *Secteur des Géosciences*

«La *Division de la gravité* (Direction des observatoires fédéraux) est chargée de la compilation et de l'analyse des cartes gravimétriques des terres du Canada, de ses lacs et de ses mers épicontinentales, ainsi que du plateau continental adjacent.»

«La *Commission géologique du Canada* étudie, décrit et analyse la géologie (y compris la géophysique, la géochimie, la géomorphologie et la géographie physique) du Canada et du plateau continental . . .»

«L'*étude du plateau continental polaire* comporte des recherches et des levés sur le terrain dans la région du plateau continental de l'Arctique canadien.»

#### *Secteur de l'énergie*

«La Division de l'administration des ressources est le service fédéral chargé d'administrer les richesses minérales sous-marines.»

#### *Secteur de l'eau*

«La Division des sciences de la mer a pour mission principale de fournir des renseignements sur les caractéristiques physiques (y compris les caractéristiques géophysiques et géologiques) des zones marines qui intéressent le Canada.»

Dans ces conditions il n'est pas étonnant que de l'incertitude règne dans l'esprit des fonctionnaires. Nous estimons donc que:

---

---

#### *Conclusion II.4*

*Les travaux géoscientifiques réalisés par le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources exigent une meilleure concertation. On pourrait la favoriser par le groupement d'un certain nombre de travaux géoscientifiques sur les richesses épuisables relevant actuellement de quatre sous-ministres adjoints, sous l'égide du sous-ministre adjoint aux géosciences.*

---

---

Nous avons entendu maintes remarques très favorables sur les publications géoscientifiques fédérales; il semble que l'industrie compte largement sur elles pour l'exécution de ses programmes de prospection scientifique. Cette dépendance ressort non seulement des louanges qu'on en fait, mais aussi des critiques qu'on formule à propos de la lenteur de publication des nouvelles données. Ces retards proviennent d'une suite de circonstances accompagnant l'élaboration des rapports; il faut d'abord compter avec les difficultés que l'auteur éprouve à mettre son manuscrit au point; viennent ensuite les délais de révision et de dessin des cartes, et enfin les retards de préparation des contrats d'impression et de ces travaux eux-mêmes. L'épaisseur du manuscrit et sa traduction viennent retarder davantage la publication. Afin d'éviter les retards, bien des scientifiques et certains organismes font paraître la plupart de leurs articles dans les revues spécialisées. La Commission géologique a créé une collection à consultation libre contenant les manuscrits de textes et on réalise de plus en plus des publications en offset, ainsi que des cartes provisoires en noir et blanc, en attendant la publication de mémoires et de cartes définitives en couleurs. Toutefois, on pourrait encore réaliser certaines améliorations. Il faudrait suivre plus rigoureusement les calendriers de publication établissant des priorités et assigner clairement des responsabilités

pour ces travaux. Nous estimons que la Commission géologique devrait constituer l'autorité finale pour la révision des manuscrits. Enfin, l'Imprimeur de la reine devrait désigner un imprimeur qui traiterait directement avec les dirigeants de la Commission. C'est pourquoi nous croyons que:

---

---

#### *Conclusion II.5*

*«En vue d'accélérer la diffusion des résultats de ses travaux, la Commission géologique du Canada devrait avoir l'entière responsabilité de ses publications.»*

---

---

Notre sommaire du tableau II.28, détaillant l'étendue et de la diversité des travaux géoscientifiques fédéraux, montre que les efforts sont insuffisants dans un certain nombre de spécialités. Les crédits budgétaires à la R & D géoscientifique sur les substances minérales n'atteignent que 4 millions de dollars, tandis que les revenus annuels de l'État en ce domaine atteignent 193 millions et que la valeur des produits minéraux canadiens est de 4.7 milliards de dollars. De même, l'activité géoscientifique fédérale dans le domaine de la construction est insuffisante.

Nous concluons donc que:

---

---

#### *Conclusion II.6*

*L'intérêt de notre pays requiert que le Gouvernement canadien reconsidère l'ampleur actuelle de ses dotations aux travaux géoscientifiques fédéraux. À la lumière de cette réévaluation, il devrait cerner des objectifs, établir un budget et élaborer des projets réalistes capables de répondre aux besoins suivants: l'expansion économique du pays; le développement des industries minérales et de la construction et du secteur agricole; le soutien de l'expansion régionale et du Nord canadien; la culture et les loisirs des Canadiens; la sauvegarde du milieu naturel, et le soutien de l'aide à l'étranger.*

---

---

On prévoit la décentralisation progressive des travaux géoscientifiques accomplis par les organismes fédéraux au cours

des prochaines années<sup>1</sup>; selon nous, elle devra être planifiée et menée d'une manière logique afin de permettre l'utilisation plus efficace des connaissances géoscientifiques au niveau régional. Il faudrait suivre une voie pragmatique tenant compte des besoins divers et des ressources variées des nombreuses régions du Canada plutôt que prendre une attitude légaliste. Nous estimons donc que:

---

---

### *Conclusion II.7*

*Il faudrait que les activités géoscientifiques constituent clairement un domaine de collaboration et de coordination fédérales-provinciales afin de répondre aux besoins du pays, sans que la planification et la conduite des travaux souffrent du partage des compétences.*

---

---

La répartition régionale des services publics pose un second problème provenant de l'absence de règles fondamentales ou d'accords précis touchant l'organisation des travaux et le partage des responsabilités entre les universités, les secteurs publics, les conseils de recherche et les industries participant aux travaux des centres géoscientifiques régionaux. Le rapport MacDonald déclare<sup>2</sup>:

«La proximité peut largement contribuer à l'harmonisation des relations entre les laboratoires des universités et de l'État ...cependant, nous avons découvert que même lorsque ces derniers sont situés dans un complexe universitaire, la collaboration entre les deux parties n'est pas assurée...Les causes d'un tel état de choses sont sans doute nombreuses et complexes...Nous sommes convaincus que les frictions proviennent en général des conditions auxquelles on soumet les étudiants diplômés et les professeurs désireux d'utiliser les laboratoires fédéraux. Pareillement, les conditions exigées des scientifiques de l'État désireux d'enseigner dans les universités ou d'y poursuivre des recherches ont leur importance.»

Nous reconnaissons qu'on ne peut provoquer, ni imposer la collaboration à

coup de décrets. Cependant, l'adoption de lignes de conduite judicieuses peut souvent créer le climat d'entente qui permettra à chaque scientifique d'entretenir des relations de travail fructueuses. Il existe déjà certains accords de collaboration entre des organismes fédéraux et universitaires, hors du domaine des sciences de la Terre, et aussi entre certains conseils de recherche provinciaux et universités. Néanmoins, ces dispositions ne sont pas fréquentes ni bien claires. D'après le D<sup>r</sup> J. Ruptash, doyen de la faculté de génie de l'Université Carleton, les universités en sont largement responsables. Il écrit<sup>3</sup>.

«Il me semble que l'université doit adopter un point de vue beaucoup plus libéral. À mon avis, tout le monde doit participer au processus d'enseignement. Il y a des gens compétents hors des cadres universitaires. L'État nous a donné le droit d'accorder les diplômes et d'en régir l'usage, mais nous devrions élargir notre perspective. Ce n'est pas le point de vue traditionnel de l'université, mais il s'imposera de plus en plus.»

Notre opinion concerne non seulement la collaboration des organismes fédéraux mais aussi sur celle des industries et des organismes provinciaux avec les universités. Nombre de villes canadiennes possèdent déjà une université dotée d'un ou de plusieurs départements de sciences de la Terre, disposent aussi d'une ou plusieurs équipes travaillant dans le secteur industriel ou public. Bien que chaque groupe ait des objectifs différents, il existe toutefois une certaine communauté d'intérêts ou une utilisation conjointe des installations scientifiques suggérant que l'établissement de relations de travail plus étroites, y compris le partage des installations et du personnel, permettrait d'accomplir

<sup>1</sup>Mémoire présenté au Comité sénatorial pour la politique scientifique, par le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, p. 101.

<sup>2</sup>*Op. cit.*

<sup>3</sup>Dans *Canadian R & D.*, novembre-décembre 1968, p. 20.

d'autres progrès. Comme en ce domaine c'est l'université qui est le commun dénominateur, nous concluons que:

---

---

### *Conclusion II.8*

*Chaque université canadienne devrait préciser les conditions auxquelles elle accepterait d'harmoniser ses programmes d'enseignement et de recherche avec les travaux des organismes publics, des conseils de recherche et de l'industrie. Elle préciserait les obligations et privilèges accompagnant les nominations temporaires, l'utilisation des installations et des fonds, la direction des travaux des étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles soit à l'université, soit dans un établissement correspondant. Les organismes publics ou industriels situés dans le voisinage des complexes universitaires devraient entamer des pourparlers sur l'utilisation conjointe de l'équipement et du personnel de la façon la plus avantageuse pour le pays.*

---

---

Nous croyons que la mise en œuvre de cette recommandation fournirait presque immédiatement l'ossature des centres d'excellence géoscientifique du Canada.

### **Le secteur fédéral, coordonnateur des travaux géoscientifiques**

*Les problèmes posés par les comités associés et consultatifs*

Le Gouvernement fédéral se charge de préparer et de coordonner les politiques et les programmes nationaux en sciences de la Terre tout comme en d'autres domaines. On compte neuf grands comités géoscientifiques dans le cadre soit du Conseil national de recherches, soit du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (tableau II.29). Les plus anciens remontent à la fin de la Deuxième guerre mondiale, mais depuis 1964 on en a créé quatre au Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Certains d'entre eux concernent une discipline (par ex. le Comité associé de géodésie et de géophysique et le Comité consultatif national de la recherche en sciences géologiques), d'autres missions thématiques des ministères (par ex. le comité consulta-

tif national de la recherche hydroéconomique). Les comités spécialisés ont réussi à favoriser le progrès de la discipline géoscientifique qu'ils représentent. Ils ont joué un rôle important en l'absence de solides associations spécialisées qui, en d'autres pays, assument ces responsabilités au nom de leurs membres.

Plusieurs de ces grands comités n'ont pu accomplir pleinement leur tâche de coordination de la recherche par suite du choix mal réparti de leurs membres (faible représentation de l'industrie et des secteurs provinciaux et trop forte représentation des universités et du secteur fédéral). L'austérité appliquée au financement général de la recherche universitaire limite les progrès dans certains domaines particuliers. La collectivité scientifique a clairement indiqué à notre Groupe d'études que nombre de travaux de recherches géoscientifique n'ont pas d'objectif pratique. Nombre de réponses au questionnaire indiquent que les universités, les organismes publics et l'industrie ne font pas assez de recherches appliquées. Bien des scientifiques estiment que nous souffrons d'une trop grande spécialisation, que nous nous adonnons trop à certains secteurs de la recherche fondamentale, tandis que nous négligeons des champs d'investigation plus proches de la réalité. Nous avons reçu en effet huit propositions distinctes visant la création d'un institut de recherche en exploration minière. Ces propositions montraient la nécessité d'accroître la recherche en prospection scientifique, tandis que d'autres mémoires ou exposés soulignent les besoins de projets thématiques en des domaines différents.

Nous estimons que la multiplication des recherches thématiques dans le domaine géoscientifique dépend étroitement d'une meilleure coordination entre les organismes menant à bien les recherches. *Pour atteindre ces deux objectifs nous estimons qu'il est nécessaire de réorganiser et d'articuler à l'échelle nationale les divers comités s'occupant des recherches géoscientifiques.*

Le Conseil des sciences favorise la

**Tableau II.29—Comités nationaux s'occupant des sciences de la Terre**

Noms	Ministères responsables	Objectifs	Membres provenant des secteurs			
			féd.	prov.	ind.	univ.
1. Comité consultatif national pour la recherche en sciences géologiques (1949) <sup>a</sup>	EMR (Commission géologique)	a) coordonner la recherche géologique au Canada b) proposer des sujets de recherche dignes d'attention c) favoriser, autant que possible, la réalisation des projets par des personnes compétentes et, au besoin, trouver les fonds nécessaires d) reconsidérer les subventions à la recherche géologique	4	4	2	11
2. Comité consultatif national pour la recherche en géographie <sup>b</sup> (1965)	EMR Direction des programmes et de la planification	a) fournir en tout temps au ministre des avis sur les besoins et les priorités de la recherche géographique au Canada b) aider à coordonner la recherche géographique au Canada c) favoriser les progrès de la recherche géographique et donner son avis sur les subventions à lui accorder	5	1	3	10
3. Comité consultatif national des mines et de la métallurgie <sup>b</sup> (1968)	EMR Direction des mines	conseiller le ministre sur a) la recherche minière et métallurgique au Canada, b) la coordination entre les programmes fédéraux de recherche et les autres, c) le parrainage des programmes et des projets de recherche universitaire et autres	4	3	7	4
4. Comité consultatif national pour la recherche sur les ressources hydriques <sup>b</sup> (1967)	EMR Direction des programmes et de la planification et Direction des eaux intérieures	a) fournir en tout temps au ministre des avis sur les besoins et les priorités de la recherche hydroéconomique au Canada b) aider à coordonner la recherche hydroéconomique au Canada. c) reconsidérer les demandes de subventions pour recherche hydroéconomique.	12	4	-	5

**Tableau II.29—Comités nationaux s'occupant des sciences de la Terre (suite)**

Noms	Ministères responsables	Objectifs	Membres provenant des secteurs			
			féd.	prov.	ind.	univ.
5. Comité consultatif national pour les canevas topographiques et la cartographie <sup>b</sup> (1964)	EMR (Division des levés et de la cartographie)	conseiller le directeur de la Direction des levés et de la cartographie sur a) la coordination des programmes fédéraux de levés et de cartographie b) l'encouragement aux programmes voisins de recherche et d'enseignement et leur coordination, y compris le financement des projets valables.	5	3	2	2
6. Comité associé de géodésie et de géophysique <sup>b</sup> (1945)	CNRC	coordonner la recherche géophysique au Canada et constituer le comité canadien pour l'UIGG	18	1	2	12
7. Comité associé de recherche sur le Quaternaire (1966)	CNRC	a) stimuler et coordonner la recherche sur le Quaternaire au Canada b) constituer le comité canadien de l'Association internationale pour l'étude du Quaternaire	2	—	—	13
8. Comité associé de recherche géotechnique (1945)	CNRC	coordonner et stimuler la recherche sur les aspects techniques et physiques des terrains canadiens.	10	2	6	4
9. Comité canadien d'océanographie <sup>b</sup> (1959)	CNRC	(Successeur du Comité mixte canadien de l'Océanographie qui avait été créé en 1946) Coordonner les travaux océanographiques de tous les organismes fédéraux; agir comme comité national de la recherche océanographique, selon les directives du CNRC				

<sup>a</sup> Année de création.

<sup>b</sup> Comités qui ne s'intéressent que partiellement aux travaux géoscientifiques selon la définition adoptée dans notre rapport.

création de comités consultatifs auprès des ministres fédéraux dont les services sont chargés d'une mission scientifique à l'échelle nationale. Il en a résulté la fonction d'un Comité consultatif national pour la recherche hydroéconomique.<sup>1</sup> En plus de cette dernière, quatre autres missions scientifiques méritent l'attention de comités consultatifs nationaux en matière géoscientifique. Ce sont les ressources minérales, l'industrie de la construction, le milieu ambiant et la recherche universitaire. On trouvera dans les chapitres suivants du présent rapport un exposé des activités de recherche dans chacun de ces domaines, ainsi qu'une discussion de leur importance envers les objectifs socio-économiques du pays.

#### *Un comité consultatif national pour la recherche minéralière*

Le chapitre IV expose en détail la nécessité d'accroître et de mieux coordonner les recherches à propos des substances minérales. Nous estimons qu'un comité consultatif national de la recherche minéralière (CCNRM) fournirait l'impulsion nécessaire à la réalisation d'importants progrès en ce domaine au cours de la prochaine décennie. Ses activités embrasseraient la gamme complète de l'exploitation rationnelle des substances minérales, y compris la prospection scientifique, l'exploitation, la commercialisation et l'élaboration des lignes de conduite. C'est pourquoi ce comité devrait comprendre des membres représentant tous les secteurs importants, et non seulement les sciences de la Terre.

Un agencement judicieux de ce comité grouperait trois sous-comités s'occupant: 1) de la prospection scientifique, 2) de l'extraction, de la minéralurgie et de la métallurgie, et 3) de l'économie des minéraux et de l'élaboration des principes directeurs. Certains membres de ces sous-comités pourraient provenir des comités existants. Le comité consultatif national pour la recherche en sciences géologiques (Min. de l'Énergie, des Mines et des Ressources) et le Comité associé de géologie et de géophysique (CNRC) se

sont tous les deux occupés des recherches géologiques et géophysiques dans le domaine de la prospection pour les substances minérales. Le Comité consultatif national pour la recherche minière et métallurgique (Min. de l'Énergie, des Mines et des Ressources) a été formé afin de favoriser la recherche minière et métallurgique au Canada. La proposition de création d'un sous-comité de l'économie minérale et des lignes de conduite est pertinente et nouvelle, et son importance envers l'expansion des richesses naturelles du Canada ne fait que s'étendre. Le rassemblement de ces trois sous-comités sous l'égide d'un seul comité national chargé de favoriser l'exploitation rationnelle des richesses minérales permettrait de réaliser une meilleure coordination des travaux et de les étendre à l'avenir. Ensemble, ces trois sous-comités pourraient atteindre les objectifs suivants: réduction des risques financiers de la prospection pour les gîtes minéraux; accroissement de l'efficacité de la prospection scientifique; encouragement à l'utilisation de nouvelles techniques et de méthodes efficaces d'exploitation minière et de métallurgie extractive, et encouragement à la recherche en matière de politique d'exploitation des richesses minérales.

Les principes exposés par le Conseil des sciences pour la coordination de la recherche hydroéconomique<sup>2</sup> serviront de fil d'Ariane pour l'organisation du comité proposé. Son mandat devrait le charger:

1. de fournir en permanence des conseils au Ministre de l'Énergie, des Mines et des Ressources au sujet des priorités à établir pour la recherche minéralière dans tous les secteurs de l'économie, de ses besoins, et de l'application des connaissances scientifiques à l'exploitation rationnelle des richesses minérales;
2. de collaborer à la coordination de la recherche minéralière;
3. d'étudier soigneusement les demandes de subvention pour la recherche

<sup>1</sup>Conseil des sciences du Canada. *Un programme majeur de recherches sur les ressources en eau du Canada*. Rapport n° 3. L'Imprimeur de la Reine. Ottawa, 1968.

<sup>2</sup>*Op. cit.*

minéralière présentées au Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et de faire les recommandations appropriées.

La composition du Comité devrait être la suivante:

1. Ses membres devraient provenir de tous les horizons de l'économie, c'est-à-dire des secteurs publics fédéral et provinciaux, du secteur universitaire et du secteur industriel. Aucun de ces secteurs ne devrait avoir de représentation prédominante.

2. Elle devrait refléter autant que possible toute la gamme des disciplines qui contribuent à la recherche minéralière.

3. Le convocateur du Comité devrait être le représentant de niveau le plus élevé du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

4. Il n'est pas nécessaire que le président du Comité soit un fonctionnaire fédéral; les membres du Comité pourraient l'élire.

5. Le président devrait être choisi pour une période de trois ans renouvelable une seule fois. La nomination des membres au sein du Comité devrait être valable pour trois ans et renouvelable une seule fois également.

6. Le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources devrait fournir des services de secrétariat et un secrétaire non pourvu du droit de vote.

Le Comité devrait disposer d'un financement suffisant pour lui permettre de stimuler la recherche minéralière dans les universités, l'industrie et les secteurs publics grâce à des programmes à frais partagés. Les critères déterminant l'allocation d'une subvention à un projet de recherche découleraient de la pertinence du projet envers les priorités et les objectifs établis par le Comité. Le financement du Comité devrait être effectué par un article séparé dans le cadre des crédits alloués au Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, et le comité aurait la responsabilité exclusive soit de lui-même, soit par le canal de ses sous-comités, de conseiller le Ministre au sujet de la répartition de ces fonds.

En conséquence, nous estimons que:

---

---

### *Conclusion II.9*

*Le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources devrait créer un comité consultatif national de la recherche minéralière afin de coordonner un programme national en ce domaine.*

---

---

### *Future mise en place d'autres comités géoscientifiques nationaux*

De plus, il convient de délimiter l'action des divers comités nationaux s'occupant du dynamisme de disciplines particulières et de ceux qui s'occupent de promouvoir la réalisation d'une mission précise. *Le rôle des premiers serait avantageusement accompli par les sociétés scientifiques et l'expansion scientifique au Canada serait favorisée par le transfert des charges fédérales de coordination nationale de la recherche disciplinaire aux diverses sociétés spécialisées.*

Le Groupe d'études n'a pu donner une forme définitive à ce concept. Nous estimons que certains rôles du Comité consultatif national de la recherche dans les sciences géologiques et du Comité associé de géologie et de géophysique (pour n'en nommer que deux) seraient tout aussi bien accomplis par les sociétés scientifiques. Le Comité associé de la recherche géotechnique de CNRC, d'autre part, accomplit un rôle important au service de l'industrie de la construction. Il faudrait en renforcer les structures en les réorganisant selon l'agencement du Comité consultatif national décrit ci-dessus et en le chargeant de l'allocation des fonds permettant de favoriser la recherche géotechnique.

Des mesures de coordination à l'échelle nationale et des stimulants sont nécessaires dans le domaine du milieu ambiant en vue d'étudier son état actuel, ses qualités et les moyens de les sauvegarder à l'avantage des générations futures. Les sciences du milieu ambiant qui s'intéressent à la géosphère, à l'hydrosphère et à l'atmosphère font d'importantes contributions à la sauvegarde du milieu am-

biant mais les recherches canadiennes en ce domaine ne sont pas coordonnées. L'agencement du Comité consultatif de la recherche dans les sciences géologiques et du Comité associé de géodésie et de géophysique tend à favoriser l'unidisciplinarité et l'attention accordée aux besoins des diverses disciplines tend à obscurcir leurs contributions possibles à l'avantage de l'homme.

En raison de ces considérations, notre Groupe d'études estime que:

---

---

#### *Conclusion II.10*

*Le Conseil national de recherches et le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources devraient examiner en profondeur les rôles des comités associés et des comités consultatifs en vue de préciser leurs missions thématiques et de transférer progressivement les charges de coordination de la recherche disciplinaire aux sociétés spécialisées compétentes.*

---

---

Le dynamisme des sciences de la Terre, comme celui des autres sciences, dépend du financement que le Conseil national de recherches consacre au fonctionnement des établissements d'enseignement de haut niveau, pour donner une formation supérieure aux effectifs scientifiques et stimuler l'accumulation des connaissances. C'est le Comité de sélection des candidatures aux subventions géoscientifiques du CNRC qui constitue le principal organe soutenant les départements géoscientifiques chargés de cette mission (tableau II.27). Le Conseil national de recherches devrait continuer à fournir ce soutien. Nous croyons que le niveau actuel du soutien suffit si l'on tient compte de l'importance du corps professoral et du nombre d'étudiants diplômés de citoyenneté canadienne. Le gouvernement fédéral devrait toutefois augmenter son soutien à la recherche par le canal des autres ministères à mission thématique et améliorer le rendement du Comité de sélection des candidatures aux subventions géoscientifiques. Au cours de ces dernières années, le Comité a été trop généreux envers des candidats incapables ou peu

productifs. Il était entièrement composé de professeurs d'université, et la présence d'un ou deux scientifiques venant de l'industrie ou du secteur public ajouterait à l'objectivité du Comité et faciliterait certainement sa tâche. C'est pourquoi nous estimons que:

---

---

#### *Conclusion II.11*

*On devrait adjoindre des géoscientifiques des secteurs industriel ou public au Comité de sélection des candidatures aux subventions géoscientifiques du Conseil national de recherches; ce Comité devrait se montrer plus judicieux dans l'évaluation des demandes de subvention.*

---

---

## II.6 Les organismes provinciaux

### **Généralités**

Le premier géologue provincial a été Sir William Logan qui fut chargé d'étudier les richesses minérales de la Province du Canada en 1842 «à un coût n'excédant pas mille cinq cent livres sterling». Au moment de la Confédération, Logan et son personnel entrèrent dans l'administration fédérale, aux ordres du Gouverneur général. À cette époque, les gouvernements provinciaux reçurent juridiction sur les richesses minérales. Comme d'autres provinces se joignirent à la Confédération (le Manitoba, l'Île du Prince-Édouard, la Colombie-Britannique et Terre-Neuve), l'administration fédérale fut chargée d'exécuter les levés géologiques et d'en payer le coût tout comme dans le domaine de la défense, des douanes et des autres questions d'intérêt national.

Dans le cadre des administrations provinciales, les organes géoscientifiques ne se développèrent que lentement. En 1902, W.G. Miller devint le premier géologue provincial au Bureau des Mines de l'Ontario. Actuellement, l'ensemble des géoscientifiques des ministères provinciaux des Mines comprend environ 200 spécialistes; les plus grands ministères sont ceux de l'Ontario, du Québec et de la Saskatchewan. La recherche géoscientifique

tifique se déroule également dans le cadre des conseils provinciaux des recherches. Le premier fut créé en Alberta en 1921. Actuellement, il existe cinq conseils provinciaux des recherches qui emploient 63 spécialistes de la recherche géoscientifique. Dans quelques provinces, certains travaux géoscientifiques sont également exécutés au sein des ministères de la Voirie, de l'Agriculture et des Forêts et par les services publics provinciaux. Si l'on y ajoute les organes géoscientifiques dont disposent les universités et les firmes de l'industrie minérale et de la construction on trouve que certaines régions du Canada disposent de grandes possibilités pour exécuter des travaux géoscientifiques.

La formation d'un corps d'experts géoscientifiques au niveau provincial constitue un progrès nécessaire et important, favorisant l'étude des traits locaux ou régionaux qui caractérisent le Canada. La présente section du rapport n'étudiera que brièvement la nature des organismes géoscientifiques provinciaux et elle exposera comment il est possible d'accroître leur efficacité.

### **Les ministères provinciaux des Mines et des Richesses naturelles**

L'organigramme typique du ministère provincial des Mines, tel que le Ministère des Mines et des Richesses pétrolières de la Colombie-Britannique, le Ministère des Richesses minérales de la Saskatchewan, le Ministère des Mines de la Nouvelle-Écosse, apparaît à la figure II.16a. Il comprend un ministre, responsable du secteur de l'industrie minérale envers le Cabinet, un sous-ministre, et différentes directions pour les mines (une direction ou plus), pour le pétrole et le gaz naturel (une direction) et pour la géologie (une direction). En Alberta, le Conseil albertain des recherches s'occupe des questions géologiques à la place du Ministère des Mines et des Richesses minérales. En Ontario, la responsabilité des questions pétrolières est à la charge du Ministère de l'Énergie et de l'Exploitation rationnelle des richesses et non à celle du Ministère des Mines, et c'est pourquoi l'in-

dustrie minérale dispose de deux porte-paroles au sein du Cabinet provincial.

Dans les autres provinces, un seul ministère s'occupe des questions touchant les richesses minérales et les autres richesses naturelles, et il s'appelle généralement «Ministère des Richesses naturelles» en raison de sa nature hybride. Au Québec, par exemple, l'organigramme ci-dessus est composé surtout par la Direction des Mines, car les questions pétrolières sont moins importantes; les deux autres directions sont celle de l'hydrologie et celle du Nouveau-Québec, qui constituent deux autres grands éléments de l'organigramme (figure II.16B). La division des Mines du Nouveau-Brunswick et la direction des Mines du Manitoba s'occupent des richesses minérales de ces provinces et le Sous-ministre des Richesses naturelles est également responsable des terres et des richesses piscicoles, fauniques et forestières. Le Ministère des Mines, de l'agriculture et des Richesses naturelles de Terre-Neuve a également la charge des questions agricoles.

C'est pourquoi l'agencement de l'administration des richesses minérales (et les travaux géoscientifiques qui en découlent) des gouvernements provinciaux dérive d'un organigramme fondamental (figure II.16A) modifié selon les besoins précis de chaque province. À quelques exceptions près, il existe une relation globale entre l'importance que la province attache à l'administration des richesses minérales (cette importance est indiquée par l'existence d'un ou plusieurs ministres responsables pour les seules richesses minérales), et le revenu qu'elle retire de leur exploitation.

En général, les administrations provinciales ne font pas de fortes dépenses pour les services à l'industrie minérale; en moyenne elles y consacrent moins d'un pour cent de leur revenu minéralier (tableau II.30). La figure II.14 illustre la relation entre le revenu que les provinces tirent des richesses minérales et les dépenses qu'elles y consacrent. Bien que ces revenus s'accroissent chaque année, les sommes que les ministères des Mines

**Tableau II.30—Importance de l'industrie minière pour l'économie des provinces en 1968**

Provinces	Valeur de la production minière en 1968	Revenu provincial provenant directement de l'industrie minière	Dépenses de la province dans le domaine minéral
	millions de \$	millions de \$	millions de \$
Colombie-Britannique	391	50 (13%) <sup>a</sup>	5 (1%) <sup>a</sup>
Alberta	1 080	223 (22%)	6 (1%)
Saskatchewan	371	35 (9%)	3 (1%)
Manitoba	208	3 (1%)	1 (<1%)
Ontario	1 340	19 (1%)	4 (<1%)
Québec	731	20 (3%)	4 (<1%)
Nouveau-Brunswick	87	0.3 (<1%)	0.3 (<1%)
Nouvelle-Écosse	58	1 (1%)	1 (1%)
Terre-Neuve	324	3 (1%)	1 (<1%)
	<b>4 590</b>	<b>354 (7%)</b>	<b>24 (&lt;1%)</b>

<sup>a</sup> En pourcentage de la valeur totale de la production minière.

provinciaux consacrent à ce domaine n'ont pas augmenté en fonction du coût croissant des travaux. C'est l'Alberta qui reçoit, et de loin, les plus forts revenus de l'industrie minière. Seuls la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick consacrent l'équivalent de leur revenu du secteur minéral à ce domaine (figure II.15).

Le montant total des dépenses des provinces dans le domaine géoscientifique a atteint 7 millions de dollars en 1968 (tableau II.31), soit environ 60 pour cent des crédits dont dispose la Commission géologique du Canada. Leur personnel comprenait environ 200 spécialistes (tableau II.32), soit environ le même nombre que la Commission géologique.

Le tableau II.32A donne les détails des rapports géoscientifiques publiés annuellement par les divers ministères provinciaux des Mines et par les conseils des recherches provinciaux. Les responsables de l'industrie ont indiqué, dans leurs réponses au questionnaire, qu'ils appréciaient fortement l'utilité de ces rapports et des cartes qui les accompagnaient. Les firmes minières estiment que les rapports et les cartes du Ministère ontarien des Mines sont de grande valeur; ceux des ministères de la province de Québec, de la Saskatchewan, de la Colombie-Britannique et du Manitoba leur paraissent très bons. Les compagnies pétrolières reconnaissent que le ministère des Richesses minérales de la Saskatchewan offre un

service de publication de qualité exceptionnelle.

Les chapitres suivants du présent rapport décriront plus en détail les activités des ministères provinciaux des Mines. Dans le chapitre IV, nous montrerons l'importance des carothèques (dépôts de carottes de sondage) et nous décrirons quelles sont les pratiques actuelles des divers organismes provinciaux à ce sujet. Nous montrerons également le rôle important que ces carothèques peuvent jouer dans l'établissement d'un réseau national d'informatique géoscientifique. Nous montrerons aux chapitres V et VI que les ministères provinciaux jouent un rôle traditionnel en soutenant les besoins de l'industrie minière et qu'ils n'accordent qu'une attention insuffisante au rôle des géosciences du milieu ambiant pour la résolution des problèmes provinciaux et municipaux. Nous estimons que cette lacune doit être corrigée. Au chapitre VII, nous décrirons les progrès actuels de la cartographie géoscientifique systématique du Canada, tout en soulignant qu'ils sont insuffisants pour répondre aux besoins du pays. C'est pourquoi il est indispensable que les organismes fédéraux et provinciaux s'accordent pour établir des normes communes et préciser les besoins futurs des provinces et du pays tout entier, et pour élaborer des programmes harmonieux en vue de répondre à ces besoins.

C'est pourquoi nous estimons que:

Figure II.14—Total des revenus et des déboursés directs des gouvernements provinciaux dans le domaine minéral, de 1959 à 1968.

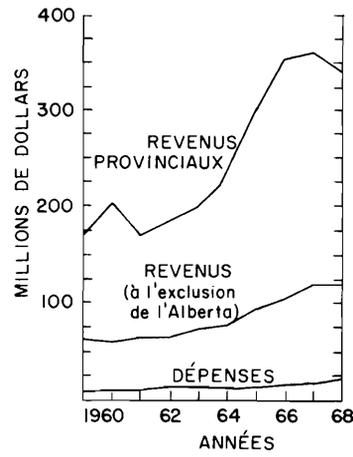


Figure II.15—Répartition, selon les provinces, des revenus tirés de l'industrie minière et des frais de travaux géoscientifiques en 1968.

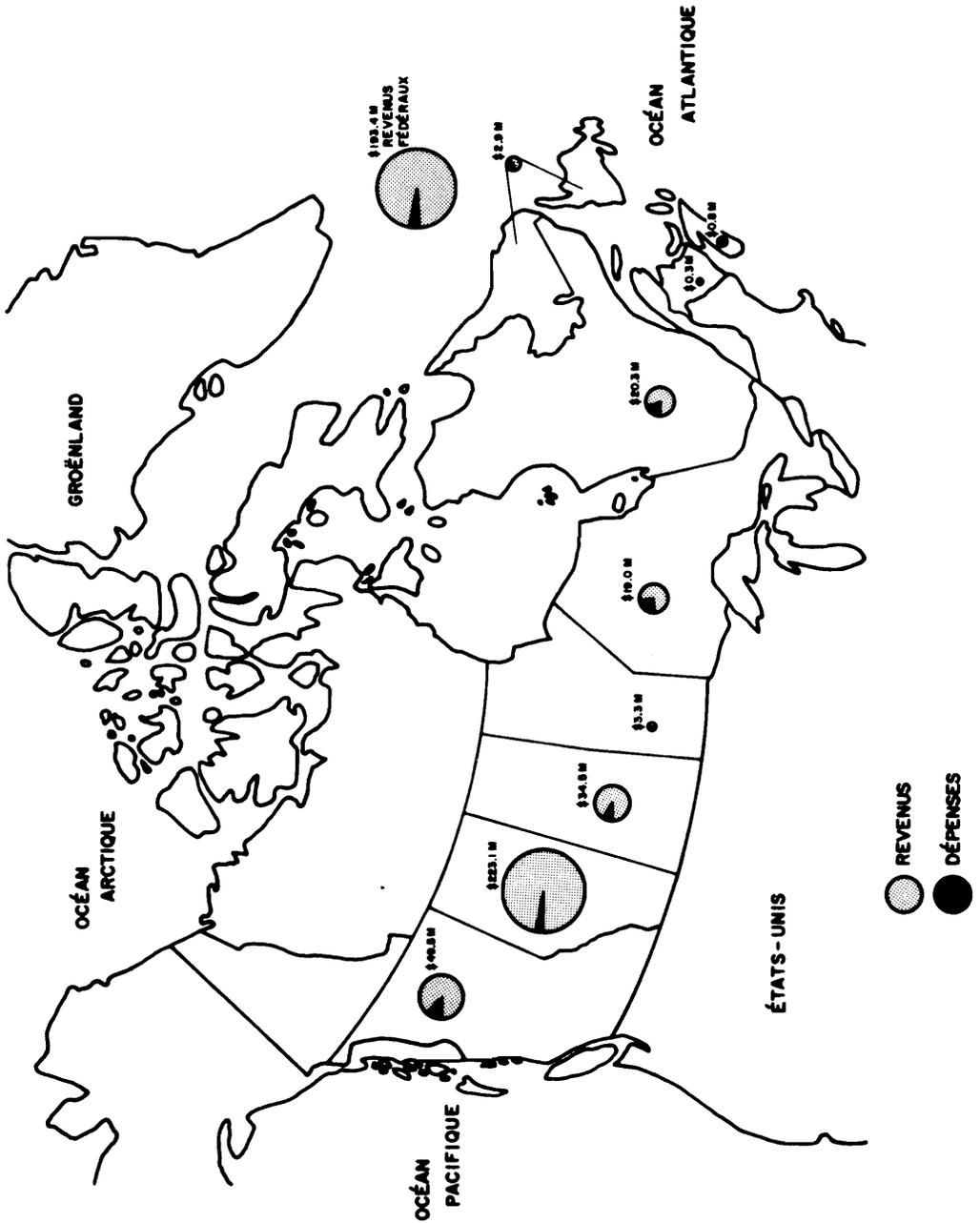


Figure II.16A. Organigramme typique d'un ministère provincial des mines (Colombie-Britannique, Saskatchewan, Nouvelle-Écosse).

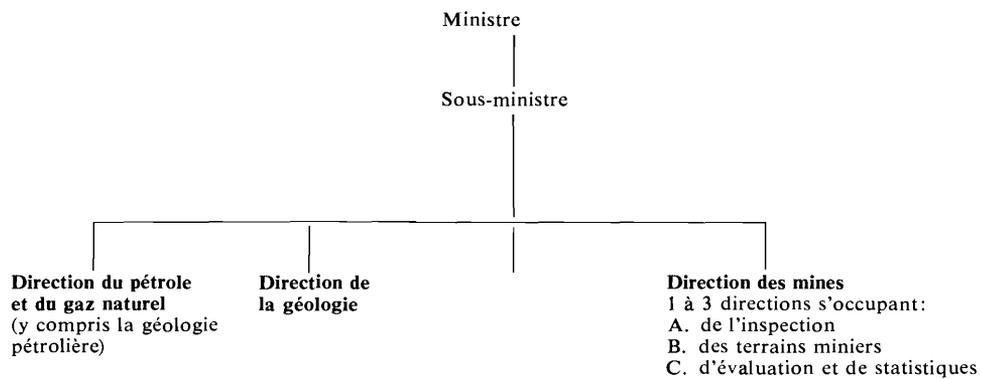
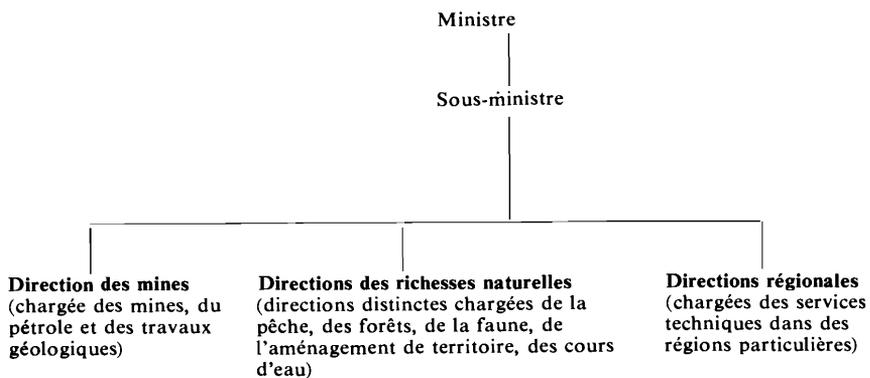


Figure II.16B Organigramme typique d'un ministère provincial des richesses naturelles (Nouveau-Brunswick et Manitoba ou, avec certaines modifications, Québec et Terre-Neuve).



**Tableau II.31—Dépenses pour 1968 des ministères provinciaux des Mines selon les genres de travaux géoscientifiques**

Provinces	Ministères ou organismes publics	Budget total du ministère	Dépenses totales en travaux géoscientifiques	Recherche fondamentale	Recherche appliquée	Développement technique	Collecte des données géoscientifiques	Information scientifique
milliers de dollars								
Alberta	Mines et minéraux*	1 930	--	--	--	--	--	--
	Commission de l'exploitation rationnelle du pétrole et du gaz	2 592	100	--	--	--	--	--
Colombie-Britannique	Mines et richesses pétrolières	5 192	397	--	77	--	310	10
Manitoba	Mines et richesses naturelles	6 979	662	--	103	18	519	22
Nouveau-Brunswick	Richesses naturelles	10 314	300	--	133	--	132	35
Terre-Neuve	Mines, Agriculture et Richesses naturelles	6 978	308	--	15	--	291	2
Nouvelle-Écosse	Mines	953	438	--	87	--	311	40
Ontario	Mines	3 838	1 700	34	765	--	316	585
	Office de l'énergie et des richesses naturelles	18 702	181	--	18	--	27	136
Île du Prince-Édouard	Industrie et Richesses naturelles	345	--	--	--	--	--	--
Québec	Richesses naturelles	14 669	1 983	100	954	--	614	315
Saskatchewan	Richesses minières	2 849	770	--	170	--	275	325
<b>Totaux</b>	<b>Montant</b>	<b>75 341</b>	<b>6 839</b>	<b>134</b>	<b>2 322</b>	<b>18</b>	<b>2 795</b>	<b>1 470</b>
	<b>Pourcentage</b>		<b>100</b>	<b>5</b>	<b>35</b>	<b>1</b>	<b>38</b>	<b>22</b>

\* Le Conseil albertain des recherches entreprend des travaux géoscientifiques pour le compte de la province.

**Tableau II.32—Personnel géoscientifique des ministères provinciaux des Mines en 1969**

Catégories	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	Totaux
<i>Scientifiques et ingénieurs titulaires de:</i>											
Baccalauréats	2	2	1	14	5	5	6	14	11	4	64
Maîtrises	4	4	5	4	18	—	4	7	1	3	50
Doctorats	1	3	2	18	14	—	6	14	—	15	73
(Vacances)	2	—	1	—	7	1	—	—	—	—	11
<b>totaux partiels</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>36</b>	<b>44</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>35</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>198</b>
<i>Personnel auxiliaire:</i>											
Techniciens	1	5	4	31	48	9	2	7	—	5	112
Étudiants (en années d'étudiant)	9	3	5	35	30	2	10	24	—	2	120
<b>totaux partiels</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>66</b>	<b>78</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>31</b>	<b>—</b>	<b>7</b>	<b>232</b>
<b>Totaux</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>102</b>	<b>122</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>66</b>	<b>12</b>	<b>29</b>	<b>430</b>

- 1) Ministère terreneuvien des Mines, de l'Agriculture et des Richesses naturelles
- 2) Ministère des Mines de la Nouvelle-Écosse.
- 3) Ministère des Richesses naturelles du Nouveau-Brunswick
- 4) Ministère québécois des Richesses naturelles.
- 5) Ministère ontarien des Mines.
- 6) Ministère ontarien de l'Énergie et de l'exploitation rationnelle des richesses naturelles.
- 7) Ministère manitobain des Mines et des Richesses naturelles.
- 8) Ministère des Richesses minières de la Saskatchewan.
- 9) Office albertain de l'exploitation rationnelle du pétrole et du gaz.
- 10) Ministère des Mines et des Richesses pétrolières de la Colombie-Britannique.

### *Conclusion 11.12*

*Le niveau actuel d'activité géoscientifique des ministères provinciaux est insuffisant pour répondre aux besoins régionaux et il faudrait l'accroître en fonction des revenus actuels et possibles que chaque province tire de l'industrie minière.*

### **Les fondations et conseils des recherches provinciales**

Les conseils provinciaux des recherches et les fondations jouent un rôle important dans l'activité scientifique de leurs provinces respectives. Ces organismes sont particuliers au Canada et datent de la fondation du Conseil albertain des recherches en 1921. Ils sont administrés par des conseils d'administration où siègent souvent des représentants du gouvernement provincial, tel le Conseil albertain des recherches dont le Bureau comprend un certain nombre de ministres albertains, alors que le Conseil de la Fondation ontarienne des recherches n'en a aucun. Tous par contre ont des membres provenant des secteurs universitaire et industriel.

Les divers conseils d'administration

jouissent de la personnalité civile, ce qui leur permet de favoriser l'essor économique de la province où ils se trouvent en entreprenant des travaux de recherche et de développement technique à l'avantage des secteurs industriel ou public. Chacun d'eux reçoit une subvention du gouvernement provincial. Le Conseil des recherches de la Colombie-Britannique est celui dont le financement provincial est le plus faible. Le Conseil des recherches et de la productivité du Nouveau-Brunswick est financé à plus de 80 pour cent par des subventions provinciales. La Fondation ontarienne des recherches est financée à parts égales par une subvention provinciale et les revenus de ses contrats de recherche.

L'Organisation de coopération et de développement économique a classé ces organismes sous les rubriques d'«organismes publics» et d'«établissements indépendants» pour les besoins de son étude des politiques scientifiques nationales. Bien que cette classification ne soit pas entièrement exacte, elle indique cependant la proportion des travaux de recherche qui sont effectués pour les gouvernements provinciaux. Par exemple, l'activité du Conseil albertain des recherches est

**Tableau II.32A—Publications géoscientifiques des organismes publics provinciaux (à l'exception des contributions du personnel aux revues spécialisées)**

Organismes	Titres	Nombre moyen annuel de publications entre 1963			
		Géologie	Géophysique	Géochimie	Autres disciplines
1. Min. des Mines de la Colombie-Britannique	Rapports annuels	1	-	-	-
	Bulletins	1.5	-	-	-
2. Conseil albertain des recherches	Bulletins	3	-	-	-
	Rapports	4	-	-	-
3. Ministère des Richesses naturelles de la Saskatchewan	Rapports	5	1	-	2
4. Conseil des recherches de la Saskatchewan	Rapports	10			
5. Ministère manitobain des Mines et Richesses naturelles	Publications	5	-	-	-
6. Ministère ontarien des Mines	Rapports géologiques	10	-	-	-
	Rapports sur les minéraux industriels	3	-	-	-
	Circulaires sur les richesses minérales	-	-	-	1
	Documents divers	7	-	-	-
7. Ministère québécois des Richesses naturelles	Rapports géologiques préliminaires	11	-	-	-
	Rapports géologiques définitifs	7	-	-	-
	Études spéciales	2	-	-	1
8. Ministère des Richesses naturelles du Nouveau-Brunswick	Rapports sur les richesses naturelles	0.5	-	-	-
	Rapports de recherches	1.5	-	-	-
	Circulaires d'information	1	-	1	-
9. Conseil des recherches et de la production du Nouveau-Brunswick	Documents de recherche	3	-	-	-
10. Ministère des Mines de la Nouvelle-Écosse	Rapport annuel	1	-	-	1
11. Fondation des recherches de la Nouvelle-Écosse	Rapports	1	-	-	-
12. Ministère terre-neuvien des Mines, de l'Agriculture et des Richesses naturelles	Bulletins, rapports, circulaires d'information	1.5	-	-	-

presque entièrement consacrée aux programmes de recherches du gouvernement provincial.

Le Conseil des recherches de la Colombie-Britannique, la Fondation ontarienne des recherches, le Conseil des recherches et de la productivité du Nouveau-Brunswick et la Fondation des recherches de la Nouvelle-Écosse ont occupé de nouveaux locaux au cours des deux dernières années et le Conseil albertain des recherches a récemment étendu ses installations.

Chaque conseil ou fondation réalise plusieurs travaux géoscientifiques. Le to-

tal de leurs dépenses dans ce domaine a atteint 1.8 million de dollars en 1968 (tableau II.33) et leurs effectifs géoscientifiques comprenaient 63 spécialistes (tableau II.34). Ces travaux se poursuivent intra-muros ou grâce à des contrats de l'extérieur, selon l'ampleur du soutien provincial. Les conseils des recherches de l'Alberta et de la Saskatchewan accomplissent des programmes de géologie des matériaux de surface. La Fondation des recherches de la Nouvelle-Écosse effectue de la prospection géophysique. Le Conseil des recherches et de la productivité du Nouveau-Brunswick s'occupe de re-

**Tableau II.33—Frais de travaux géoscientifiques des conseils provinciaux des recherches selon les genres d'activité, en 1968**

Conseils	Frais totaux	Recherche fondamentale	Recherche appliquée	Développement technique	Collecte des données scientifiques	Information scientifique	
milliers de dollars							
Conseil albertain des recherches	976	146	473	4	279	73	
Conseil des recherches de la Colombie-Britannique	46	—	39	—	7	—	
Conseil des recherches et de la productivité du Nouveau-Brunswick	86	43	26	—	9	9	
Fondation des recherches de la Nouvelle-Écosse	116	5	38	2	66	5	
Conseil des recherches de la Saskatchewan	545	158	214	8	161	4	
<b>Totaux</b>	<b>Montants</b>	<b>1 769</b>	<b>352</b>	<b>790</b>	<b>14</b>	<b>522</b>	<b>91</b>
	<b>Pourcentages</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>45</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>5</b>

cherches minéralogiques. Le Conseil des recherches de la Colombie-Britannique réalise un programme de recherche sur l'utilisation des microbes en minéralurgie. Tous ces organismes disposent d'excellentes installations de chimie analytique, particulièrement utiles dans le domaine des sciences de la Terre. Ils ont des divisions d'ingénierie et de physique appliquée et mettent au point des instruments pour l'étude de la lithosphère. Par exemple, la fondation ontarienne des recherches élabore des cristaux utilisés en ana-

lyse par activation. Elle pourrait étendre ses travaux à la mise au point d'instruments spéciaux pour l'analyse complète des roches par la même technique. Un certain nombre de conseils des recherches disposent d'appareillage spécialisé tel que micro-sondes électroniques et spectrographes de masse. Tous disposent d'un appareillage pour l'analyse par diffraction aux rayons-X. Certains se servent d'un équipement très moderne pour la prospection géophysique. Le Conseil des recherches de la Saskatchewan dispose du

**Tableau II.34—Effectifs géoscientifiques des Conseils provinciaux des recherches en 1968**

Catégories	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Totaux
<i>Scientifiques et ingénieurs titulaires de:</i>						
Baccalauréats	2	2	4	5	3	16
Maîtrises	1	—	2	15	1	19
Doctorats	3	3	8	14	—	28
<b>totaux partiels</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>34</b>	<b>4</b>	<b>63</b>
<i>Personnel auxiliaire:</i>						
Techniciens	4	4	15	25	1	49
Étudiants (en années d'étudiant)	3	1	1	12	1	18
<b>totaux partiels</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>37</b>	<b>2</b>	<b>67</b>
<b>Totaux généraux</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>71</b>	<b>6</b>	<b>130</b>

- 1) Fondation des recherches de la Nouvelle-Écosse.
- 2) Conseil de la recherche et de la productivité du Nouveau-Brunswick.
- 3) Conseil des recherches de la Saskatchewan.
- 4) Conseil albertain des recherches.
- 5) Conseil des recherches de la Colombie-Britannique.

premier laboratoire canadien de radiodation au <sup>14</sup>C.

L'agencement de ces organismes convient bien à l'étude pratique des problèmes géoscientifiques des diverses régions et ils pourraient facilement accroître leurs activités en ce domaine si on leur fournissait un soutien suffisant. *Le gouvernement fédéral pourrait y parvenir en concluant des contrats de recherche géoscientifique régionale avec ces organismes.*

### **Coordination des activités géoscientifiques des organismes provinciaux**

Les responsabilités diverses des gouvernements provinciaux dans le domaine des richesses minérales, de l'enseignement, de la gestion municipale et de l'urbanisme exigent qu'ils jouent un rôle déterminant dans l'élaboration et la mise en œuvre des politiques scientifiques. Ce sont généralement les ministères des Mines ou des Richesses naturelles des provinces qui réalisent les travaux géoscientifiques. Dans certaines provinces ces travaux sont exécutés aussi par les ministères de la Voirie, de l'Agriculture ou des Forêts, ou par les services publics provinciaux. Les possibilités de réalisation de programmes géoscientifiques régionaux seraient nombreuses si l'on pouvait harmoniser l'action des conseils provinciaux des recherches, des universités et des firmes locales de l'industrie minérale et de la construction. Le même problème de planification des communications se posant entre les organismes fédéraux existe également au niveau provincial. C'est pourquoi la création de comités géoscientifiques provinciaux semblables aux comités intersectoriels du gouvernement fédéral aurait des répercussions favorables. Ces comités pourraient avoir des mandats semblables à ceux des comités fédéraux, quoique leur composition devrait comprendre des délégués venant des universités, des conseils des recherches, et peut-être des groupes industriels de la province, ainsi que des représentants des laboratoires régionaux financés par le gouvernement fédéral. Les ministères des Mines exécutant la plus grande partie des

travaux géoscientifiques et disposant du plus grand nombre de spécialistes, il semble que ce soient les ministères provinciaux des Mines qui devraient être les animateurs de l'action provinciale en ce domaine. Par conséquent:

---

#### *Conclusion II.13*

*On devrait étudier les possibilités de création de comités de coordination géoscientifique provinciaux comprenant des représentants haut placés des ministères et organismes utilisateurs, ainsi que de tous les autres groupes exécutant de la recherche géoscientifique dans le cadre provincial, afin de fournir une tribune pour la discussion et la coordination des activités géoscientifiques au niveau provincial et pour évaluer la pertinence des programmes actuels en fonction des objectifs provinciaux et nationaux.*

---

## **II.7 Les universités**

### **Généralités**

Le premier département canadien de géologie vit le jour à l'Université de Toronto en 1853; le Canada en avait six à la fin du 19<sup>e</sup> siècle<sup>1</sup>. Depuis 1949 le secteur universitaire a enregistré des progrès très marqués: le nombre des départements est passé de 15 à 30 (tableau II.35), dont 23 d'enseignement supérieur. Quant à la géographie, on l'enseignait dans quelques universités canadiennes avant 1930, d'ordinaire en étroite liaison avec les départements de géologie, mais il s'est aussi produit une multiplication des départements après la Deuxième guerre mondiale.<sup>2</sup> En 1950, on comptait 8 départements de géographie (ou départements conjoints) dont 6 d'enseignement supérieur; en 1969 ils étaient 35 (25 d'ensei-

<sup>1</sup>On trouvera un excellent exposé sur les départements canadiens de géologie dans *Geological Education in Canada* par C. W. Stearn et dans *The Earth Science in Canada*, sous la direction d' E.R.W. Neale. Soc. Royale du Canada, Publ. spéc. n° 11, p. 52-74, 1968.

<sup>2</sup>Robinson, J.L. *Geography in Universities. The Canadian Geographer*, vol. 11, p. 216-229, 1967.

**Tableau II.35—Départements\* géoscientifiques des universités canadiennes en 1968\***

Genres de départements	Nombre de départements	Professeurs	Étudiants		Dépenses*
			1 <sup>er</sup> cycle	2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> cycles	
					milliers de \$
Géologie	30	278	1 195 <sup>b</sup>	561	8 737
Géophysique (Physique)	7	41	47 <sup>d</sup>	123	1 203
Géographie physique <sup>c</sup>	25	87	145 <sup>d</sup>	128	1 850
<b>Totaux</b>	<b>62</b>	<b>402</b>	<b>1 387</b>	<b>812</b>	<b>11 790</b>

\* Nos données relatives aux départements de génies minier et civil, et de pédologie, ne sont pas complètes.

<sup>b</sup> Étudiants de première année non compris.

<sup>c</sup> Y compris les dépenses de fonctionnement et d'achat d'appareillage (80 p. 100 du total), de rénovation et de nouvelles constructions.

<sup>d</sup> Étudiants de première et de deuxième année non compris.

\* Ces chiffres tiennent compte des étudiants des départements qui n'ont pas répondu à notre questionnaire.

gnement supérieur), animés par 300 professeurs<sup>1</sup> en comparaison de 278 pour les départements de géologie.

Soixante-deux départements environ enseignent les sciences de la Terre dans 33 universités canadiennes. Ce sont des départements de géologie, de physique (géophysique), de géographie, mais aussi des départements de génie minier (mécanique des roches), de chimie (géo-chimie), de génie civil (géotechnique) et de science des sols (pédologie). L'étude de la Terre est donc plus répandue dans les universités qu'il n'apparaît à la consultation du tableau des départements géoscientifiques. Nous tenons ici à nous excuser. Bien que nous ayons eu de nombreux contacts avec les départements de géologie, de géophysique, et les départements de géographie spécialisés en géographie physique, et que nous en ayons obtenu des réponses, nous n'avons pu étendre notre enquête aux départements de géographie non spécialisés, aux départements de science des sols et aux écoles d'ingénieurs civils. En plusieurs occasions notre Groupe d'études a remarqué que dans un même cadre universitaire les professeurs de sciences de la Terre ne se connaissent pas ou ignorent les programmes d'enseignement et de recherche de départements voisins. Ce manque de coordination affecte sans aucun doute les programmes d'études, de même que la création éventuelle de centres de spéciali-

sation locaux en sciences de la Terre. De plus, il est indispensable de réaliser une collaboration étroite en raison de l'intérêt grandissant pour l'enseignement des sciences de la Terre tant en propédeutique pré-universitaire qu'à l'école secondaire, et à cause de l'attention qu'on accorde de plus en plus au milieu ambiant. L'élaboration de programmes coordonnés d'enseignement et de recherche des divers départements géoscientifiques d'une même université et de départements d'universités voisines est indispensable à la qualité de la formation des étudiants et à l'efficacité de l'administration universitaire.

### Les étudiants

L'étudiant s'inscrit souvent fortuitement aux cours géoscientifiques. Une enquête menée aux États-Unis et au Canada par l'*American Geological Institute*<sup>2</sup> indique que la majorité des étudiants du 1<sup>er</sup> cycle s'y sont intéressés à la suite d'un cours préliminaire en propédeutique. Par ail-

<sup>1</sup> Il faut souligner que le corps enseignant de géographie physique ne forme qu'environ 25 à 30 pour cent du corps enseignant des départements de géographie. Étant donné que la géographie physique constitue souvent un cours de première année du 1<sup>er</sup> cycle, dont le contenu comporte d'ordinaire des aspects non inclus dans la présente étude (par ex. la climatologie), le nombre réel de professeurs qui enseignent la géographie physique, telle que définie dans notre étude, ne dépasse probablement pas 87.

<sup>2</sup> Snyder, J. L. *Why major in geology? Students answer*, *Geotimes*, p. 13-14, avril 1969.

**Tableau II.36—Effectifs d'étudiants en géologie et en géophysique des universités canadiennes de 1959 à 1968<sup>a</sup>**

Genres de départements	Années	Étudiants non spécialisés	1 <sup>er</sup> cycle			2 <sup>e</sup> cycle	3 <sup>e</sup> cycle
			1 <sup>ère</sup> et 2 <sup>e</sup> années	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>		
Géologie <sup>b</sup>	1968-1969	6 804	902	398	251	332	217
	1965-1966	6 579	—	250	189	189	157
	1962-1963	5 482	—	242	211	156	95
	1958-1959	—	—	291	231	95	75
Géophysique	1968-1969	120	19	41	33	72	63
	1965-1966	123	—	20	15	33	33
	1962-1963	53	—	34	22	20	21
	1958-1959	—	—	28	10	11	8

<sup>a</sup> Les données antérieures à 1968 proviennent d'enquêtes de l'*American Geological Institute*.

<sup>b</sup> Y compris la géologie de l'ingénieur.

**Tableau II.37—Tendances de l'emploi des diplômés canadiens en géologie et en géophysique de 1966 à 1968**

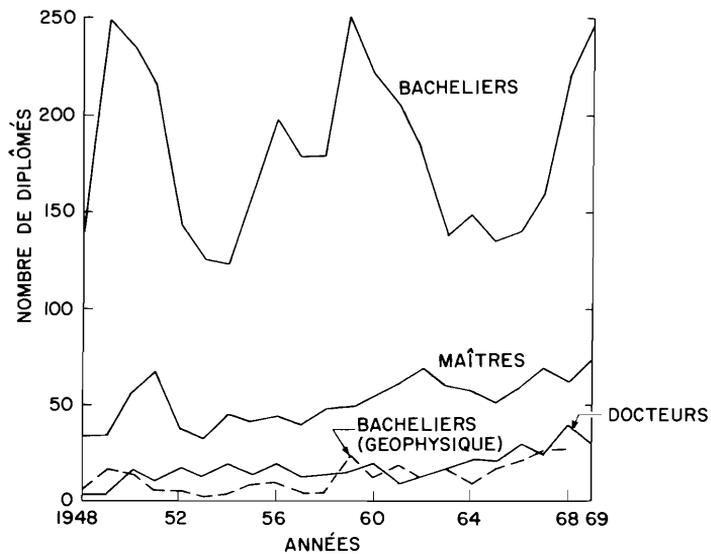
Domaine où l'étudiant est entré à la fin de ses études	Diplôme obtenu					
	Géologie			Géophysique		
	Bacc.	Maîtr.	Doct.	Bacc.	Maîtr.	Doct.
	%	%	%	%	%	%
Industrie minière ou pétrolière	36	37	23	20	14	5
Secteur public	3	9	23	6	8	27
Enseignement secondaire et propédeutique	11	8	—	15	6	—
Enseignement ou recherche universitaire	—	—	45	4	6	59
Enseignement para-universitaire	45	39	2	53	62	9
Autres occupations	5	7	7	2	4	—
	100	100	100	100	100	100
Nombre de diplômés considérés dans chaque catégorie	408	161	77	47	49	22

leurs, l'étudiant en géologie et en géophysique trouve aisément un emploi d'été sur le terrain auprès de l'industrie ou des organismes publics et la plupart des universités les y encouragent.

La courbe des inscriptions aux cours géoscientifiques et des diplômes obtenus a connu des variations cycliques (tableau II.37 et figure II.17). Le nombre des bacheliers en géologie a atteint 250 tous les dix ans (1949, 1959, 1969). Les États-Unis et le Canada ont conclu les mêmes fluctuations à peu près en même temps; jusqu'à présent, elles se sont produites, avec un certain décalage, en fonction de la demande industrielle. Le pic de 1949 a été causé par l'afflux des anciens combattants de la Deuxième guerre mondiale.

Aux États-Unis, du moins grâce à la multiplication des emplois (enseignement secondaire, géologie urbaine et de l'aménagement, océanographie) et à l'augmentation des possibilités d'instruction supérieure, cette dépendance envers la demande industrielle a fortement décliné. De même, au Canada, moins du tiers des diplômés en géologie et en géophysique de 1966 à 1968 sont entrés dans l'industrie minière, qui pourtant est encore le plus grand employeur éventuel. Près de 50 pour cent des détenteurs de baccalauréat et de maîtrise ont continué leurs études. Presque la moitié de ceux qui possédaient un doctorat ont choisi l'enseignement (tableau II.37). En raison de l'ouverture de l'éventail professionnel, il est peu probable que ces fluctuations du nombre des

Figure II.17-Diplômés en géologie et en géophysique des universités canadiennes de 1948 à 1969. Le nombre des détenteurs d'une maîtrise en géophysique (non reporté) est passé de 6 en 1948 à 18 en 1968, et celui des détenteurs de doctorats de 1 à 10.



étudiants soient aussi marquées à l'avenir. Il est toutefois troublant qu'en dépit d'un accroissement considérable du nombre et de la taille des départements de géologie, le nombre des bacheliers en 1969 (247) ait été inférieur à celui de 1949 (252).

Le nombre d'étudiants en géologie et en géophysique inscrits au 2<sup>e</sup> cycle a crû sans cesse entre 1958 et 1968 (en géologie, de 95 à 332; en géophysique, de 11 à 72). Cette croissance découle de l'accroissement de la population étudiante, du nombre des départements et des effectifs étrangers (environ 44 pour cent en 1968-1969). Le nombre des maîtrises octroyées en géologie et en géophysique est resté sensiblement le même (figure II.17), malgré l'accroissement du nombre et de la taille des départements. Cette situation indique l'accroissement du taux d'échecs ou des retards dans les études au cours de la dernière décennie.

Le nombre d'étudiants préparant leur doctorat en géologie est passé de 75 à 217 (tableau II.36) au cours des années 1958 à 1968 (en géophysique, de 8 à 63) pour les mêmes causes que dans le cas de la maîtrise. Cependant, le nombre des diplômés n'est pas resté proportionnel au nombre des inscrits, sans doute pour les raisons précitées. En 1969, les 15 départements habilités à conférer des doctorats ont accordé 28 diplômes, soit tout juste ce qu'il leur fallait pour accroître leur personnel enseignant en 1969-1970 et en 1970-1971. En géophysique et en géographie physique, la situation est aussi précaire. En 1968, les universités canadiennes n'ont conféré que 4 doctorats en géographie physique. Stearn<sup>1</sup> en conclut que «l'augmentation récente du nombre des universités qui offrent des cours de géologie au 3<sup>e</sup> cycle n'a pas réussi à attirer des effectifs étudiants plus considérables . . . Il est difficile de proposer la mise en œuvre d'autres programmes de 3<sup>e</sup> cycle avant que le nombre d'étudiants ne le justifie.»

Le tableau II.38 donne les statistiques pour 1968 de la formation des diplômés canadiens en sciences de la Terre et indi-

que le nombre approximatif de ceux qui sont entrés sur le marché du travail. On pourra comparer ces chiffres au nombre de départements et de professeurs indiqués au tableau II.35. Par exemple, l'activité de 278 professeurs de géologie a permis la formation de 320 diplômés (de tous les niveaux) en géologie, dont environ 193 ont commencé à travailler. Il est manifeste que le nombre de diplômés n'a pas suivi l'augmentation du nombre et de la taille des départements de géologie des universités canadiennes.

## **Le personnel enseignant**

### *Départements de géologie*

En 1968, le personnel enseignant dans chaque département de géologie des universités canadiennes comprenait de 2 à 19 personnes; plus de la moitié des 30 départements comptait plus de 10 professeurs chacun (à l'exclusion des adjoints de recherche et des boursiers post-doctoraux). Il y avait en tout 278 professeurs, dont 191 enseignaient au niveau supérieur, secondés par 35 boursiers post-doctoraux et 25 adjoints de recherche (tableau II.39).

La comparaison de ces chiffres avec la population de chaque province montre un bon parallélisme, à l'exception du Québec dont le corps professoral est insuffisant (soit 20 pour cent du corps professoral canadien en géologie, alors que sa population atteint les 29 pour cent de la population canadienne).

Parmi ces 30 départements, l'Ontario en compte 11. Cependant, l'effectif des professeurs de géologie de l'Ontario n'atteint que 1.6 pour cent de l'effectif équivalent du corps universitaire dans cette province au lieu de la moyenne nationale de 1.8 pour cent (soit 278 professeurs de géologie dans un corps enseignant national équivalant à 16 529 professeurs à plein temps). L'effectif ontarien d'étudiants de 1<sup>er</sup> cycle en géologie représente 0.5 pour cent des étudiants universitaires de cette province, alors que les inscrip-

<sup>1</sup>Stearn, *op. cit.*

**Tableau II.38—Diplômés des départements géoscientifiques des universités canadiennes en 1968**

Disciplines	Totaux			Nombre approximatif des diplômés prenant un emploi <sup>a</sup>		
	Bacc.	Maîtr.	Doct.	Bacc.	Maîtr.	Doct.
Géologie	220	62	38	121	36	36
Géophysique	27	18	10	10	6	9
Géographie physique	41	18	4	18	10	4
Génie minier	42	20	3	42	20	3
<b>Totaux<sup>b</sup></b>	<b>330</b>	<b>118</b>	<b>55</b>	<b>191</b>	<b>72</b>	<b>52</b>

<sup>a</sup> Ces chiffres comprennent les diplômés étrangers dont beaucoup rentrent dans leur pays.

<sup>b</sup> Notre enquête sur les départements de science des sols et écoles d'ingénieurs civils n'a pas été assez poussée pour fournir des données utiles à ce tableau.

tions d'étudiants diplômés en géologie atteignent 2 pour cent de l'effectif d'étudiants diplômés en sciences naturelles. Ces pourcentages ontariens s'approchent de très près des moyennes nationales. Il semble donc que la seule anomalie apparente soit le grand nombre de départements de géologie ontariens et on peut soutenir logiquement que c'est là le résultat de la multiplication des universités ontariennes et de la tendance à offrir l'enseignement supérieur sur une base régionale

Parmi les 30 départements figurant au tableau II.39<sup>1</sup>, ceux des dix universités suivantes n'offraient pas de programme supérieur en 1968: Brandon, Brock, Lakehead, Laurentienne, Collège Loyola, Mount Allison, St. Francis Xavier, St. Mary's, Sir George Williams et Windsor. Ces départements avaient 3.5 étudiants par professeur au lieu d'une moyenne de 4.4 pour les autres (pour ces derniers, ce rapport atteint 7 si on englobe les étudiants diplômés).

Les huit départements les plus importants (ceux des universités de l'Alberta, de la Colombie-Britannique, de Calgary, du Manitoba, McGill, McMaster, Queen's et Toronto) disposaient en 1968 d'une moyenne de 15 professeurs et d'un effectif moyen de 80 étudiants au premier cycle et de 45 étudiants aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles. Le Conseil national de recherches accordait une subvention moyenne de 185 000 dollars à chacun de ces départements pour payer ses frais courants de recherche. Il

est bon de remarquer que l'Université de la Colombie-Britannique et l'Université Queen's à elles deux formaient le quart des étudiants en géologie inscrits dans les universités canadiennes, alors qu'aux universités McGill, McMaster, Ottawa et Western, il y avait moins d'étudiants au premier cycle que d'étudiants diplômés.

Le professeur de géologie typique a 38 ans et a obtenu un doctorat en 1957. Bien que la majorité des professeurs de géologie soit Canadiens d'origine, 67 pour cent d'entre eux ont obtenu leur dernier grade hors du Canada (soit un tiers aux États-Unis et un cinquième au Royaume-Uni). Environ 40 pour cent des professeurs ont travaillé pendant une année ou plus dans le secteur industriel et 36 pour cent dans le secteur public.

#### *Départements de géophysique*

Sept universités canadiennes sont habilitées à octroyer des grades en géophysique: celle de l'Alberta, Dalhousie, Memorial, de Toronto, de la Colombie-Britannique, Western Ontario et McGill. Les quatre premières enseignent la géophysique dans le cadre des départements de physique; la dernière l'enseigne conjointement avec le génie minier. C'est pourquoi deux seules universités (celle de la Colombie-Britannique et Western Onta-

<sup>1</sup>Un nouveau département de géologie et de géographie disposant d'un corps professoral de six membres a été fondé depuis cette époque dans le cadre de l'Université du Québec à Montréal.

**Tableau II.39—Répartition pour l'année universitaire 1968-1969 des départements de géologie, selon les provinces (les chiffres entre parenthèses indiquent le pourcentage du total canadien)**

Provinces	Universités	Profes- seurs	B. p.d. <sup>a</sup>	Ad. rech. <sup>b</sup>	Techn. <sup>c</sup>	Étudiants		Dép. fonct. <sup>e</sup>	Dép. rech. <sup>f</sup>	App. rech. <sup>g</sup>	% du financement de l'appareillage <sup>h</sup>					
						B.Sc.	Dipl. <sup>d</sup>				CNRC	CRD	Univ.	Ind.	Autres	
milliers de dollars																
Terre-Neuve	Mémorial	10 (4)	—	—	4 (3)	30 (3)	24 (4)	279 (4)	59 (2)	50 (1)	70	—	28	2	—	
Nouvelle-Écosse	Acadia, Dalhousie, St. Francis Xavier, St. Mary's	18 (6)	—	—	5 (4)	94 (8)	25 (4)	313 (5)	87 (4)	285 (5)	66	7	24	—	3	
Nouveau-Brunswick	Mount Allison, Nouveau-Brunswick	16 (6)	—	—	7 (5)	47 (4)	17 (3)	325 (5)	74 (3)	120 (2)	37	—	13	14	36	
Québec	École polytechnique, Laval, Loyola, McGill, Montréal, Sir George Williams	56 (20)	5 (15)	6 (24)	27 (20)	193 (16)	109 (19)	1 126 (17)	326 (14)	1 209 (19)	65	—	32	1	2	
Ontario	Brock, Carleton, Lakehead, Laurentienne, Ottawa, Queen's, McMaster, Toronto, Waterloo, Western Ontario, Windsor	101 (36)	19 (56)	16 (64)	62 (45)	362 (30)	206 (37)	2 708 (42)	1 195 (50)	2 561 (41)	47	—	44	1	8	
Manitoba	Brandon, Manitoba	16 (6)	3 (8)	2 (8)	5 (4)	65 (5)	36 (6)	431 (7)	104 (4)	418 (7)	77	—	22	1	—	
Saskatchewan	Saskatchewan	16 (6)	1 (3)	—	5 (4)	71 (6)	27 (5)	297 (5)	109 (4)	520 (8)	65	3	3	28	1	
Alberta	Alberta, Calgary	26 (9)	3 (9)	1 (4)	14 (10)	153 (13)	79 (14)	643 (10)	273 (12)	807 (13)	33	—	59	3	5	
Colombie-Britannique	British Columbia	19 (7)	3 (9)	—	7 (5)	180 (15)	38 (7)	360 (5)	167 (7)	250 (4)	22	—	50	10	18	
<b>Totaux</b>	<b>30 départements</b>	<b>278</b>	<b>34</b>	<b>25</b>	<b>136</b>	<b>1 195<sup>i</sup></b>	<b>561</b>	<b>6 482</b>	<b>2 394</b>	<b>6 220</b>						

*Légende:*

- <sup>a</sup> Boursiers post-doctoraux.
- <sup>b</sup> Adjoint de recherche.
- <sup>c</sup> Techniciens.
- <sup>d</sup> Étudiants diplômés.
- <sup>e</sup> Dépenses de fonctionnement des départements.
- <sup>f</sup> Subventions pour frais courants de recherche.
- <sup>g</sup> Valeur non amortie de l'appareillage de recherche des départements de géologie.
- <sup>h</sup> Source de financement de l'appareillage de recherche.
- <sup>i</sup> Ces effectifs d'étudiants du premier cycle ne comprennent pas les étudiants de première année.

**Tableau II.40—Répartition pour 1968-1969 des départements de physique et de géophysique enseignant la géophysique, selon les provinces (les chiffres entre parenthèses indiquent le pourcentage du total canadien)**

Provinces	Universités	Profes- seurs	B.p.-d.	Ad. rech.	Techn.	Étudiants		Dép. fonct.	Dép. rech.	App. rech.	% du financement de l'appareillage				
						D.Sc.	Dipl.				CNRC	CRD	Univ.	Ind.	Autres
											milliers de dollars				
Terre-Neuve	Mémorial	2 (5)	2 (12)	—	1 (4)	—	6 (5)	67 (5)	45 (6)	75 (3)	33	—	65	—	2
Nouvelle-Écosse	Dalhousie	5 (12)	1 (6)	1	1 (4)	—	9 (7)	112 (11)	44 (6)	250 (11)	60	30	5	5	—
Québec	McGill	3 (7)	2 (12)	—	2 (7)	1 (3)	12 (11)	90 <sup>a</sup> (9)	103 (13)	465 (21)	83	—	15	—	2
Ontario	Toronto, Western Ontario	16 (39)	8 (46)	1	12 (43)	13 (27)	39 (32)	425 (41)	368 (45)	450 (20)	43	6	42	3	6
Alberta	Alberta	8 (20)	3 (18)	1	8 (29)	3 (6)	25 (20)	219 (21)	147 (18)	550 <sup>a</sup> (25)	50	—	42	2	6
Colombie-Britannique	Colombie-Britannique	7 (17)	1 (6)	3 (50)	4 (14)	30 (64)	32 (26)	127 (12)	100 (12)	450 (20)	60	5	5	—	30
<b>Totaux</b>	<b>7 départements</b>	<b>41<sup>b</sup></b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>28</b>	<b>47<sup>c</sup></b>	<b>123</b>	<b>1 040</b>	<b>807</b>	<b>2 240</b>					

Légende: voir celle du tableau II.39.

<sup>a</sup> Chiffres estimés.

<sup>b</sup> Ce chiffre ne comprend pas 14 professeurs de géophysique enseignant dans les départements de géologie.

<sup>c</sup> Ce chiffre ne comprend que des étudiants de 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> année du premier cycle.

rio) disposent de départements individuels de géophysique. Dans la plupart de ces établissements, l'accent est mis sur l'étude de la physique du globe plutôt que sur la prospection géophysique et il en résulte que très peu de diplômés en géophysique pénètrent dans l'industrie (seulement 20 à 25 chaque année, soit un nombre insuffisant pour combler les vacances de géophysiciens praticiens).

En 1968, le corps enseignant de géophysique dans ces départements comprenait 41 personnes, avec lesquelles collaboraient 17 boursiers post-doctoraux et 6 adjoints de recherche (tableau II.40). En outre, on trouvait 14 professeurs de géophysique dans huit départements de géologie mais aucun dans les départements de géologie de 15 universités, en dépit de la présence de 88 professeurs de géologie. Nous croyons que cette situation est anormale. Même si un département de géologie est de petite envergure, il devrait disposer d'au moins un géophysicien afin que son programme d'enseignement des sciences de la Terre soit bien équilibré.

Parmi ces sept départements, seul celui de l'Université de la Colombie-Britannique forme un nombre important d'étudiants en géophysique au premier cycle (tableau II.40). La plupart recrutent leurs effectifs d'étudiants parmi des diplômés en physique, physique de l'ingénieur et disciplines semblables, outre celles de géologie et de géophysique. Les étudiants diplômés étrangers constituent environ 45 pour cent des effectifs, ce qui constitue un pourcentage presque égal à la moyenne nationale de tous les étudiants diplômés dans les sciences descriptives et en génie.<sup>1</sup>

Le professeur de géophysique typique a 36 ans et a obtenu son doctorat en 1959. Parmi les 41 professeurs mentionnés au tableau II.40, 34 pour cent ont travaillé une année ou plus dans l'industrie et 24 pour cent dans les secteurs publics (les pourcentages équivalents en géologie étaient de 40 et de 36 pour cent respectivement). Quarante-neuf pour cent seulement ont obtenu leur dernier grade à l'étranger, dont un tiers aux États-Unis,

en comparaison de 67 pour cent pour les professeurs de géologie et 77 pour cent pour les professeurs de géographie physique.

#### *Départements de géographie (géographie physique)*

La géographie physique, discipline géoscientifique, est enseignée principalement dans les départements de géographie. Dans de nombreuses universités elle ne constitue qu'un secteur peu important de tout l'éventail géographique. Selon nos calculs (tableau II.41), 25 universités donnent des cours de géographie physique bien que quatre grands départements seulement se spécialisent dans ce domaine.

Le corps enseignant de géographie physique comprend approximativement 87 membres, aidé par seulement 3 boursiers post-doctoraux et 7 adjoints de recherche. Selon nos statistiques peu étoffées, le professeur typique de géographie physique a 35 ans et a obtenu son doctorat en 1961. Les mêmes statistiques indiquent que 77 pour cent de ces professeurs ont obtenu leur dernier grade à l'étranger (principalement aux États-Unis, au Royaume-Uni et en Nouvelle-Zélande).

Il est bon de noter que les sept universités du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse n'ont pas de département de géographie, bien que ces deux provinces disposent de six départements universitaires de géologie. Quatre de ces départements sont de petite envergure et leurs perspectives tant en inscriptions d'étudiants qu'en possibilités de recherche sont limitées. En conséquence, nous croyons que ces universités devraient étudier les possibilités de transformer leurs départements de géologie en départements des sciences de la Terre et d'ajouter l'enseignement de la géophysique, de l'océanographie, de la géographie physique et de la pédologie à leur programme universitaire. Nous recommandons que ces départements choisissent de donner

<sup>1</sup>Bonneau, L. B. et autres, *op. cit.* p. 52.

**Tableau II.41—Statistiques concernant l'enseignement et la recherche universitaires en géographie physique au cours de 1968-1969, selon les diverses provinces**

Provinces	Universités	Professeurs	Bours. p.-doct.	Adj. rech.	Techn.	Étudiants		Dép. fonct.	Dép. rech.	Achat de matériel de recherche
						1 <sup>er</sup> cycle <sup>b</sup>	Dipl. <sup>c</sup>			
milliers de dollars										
Terre-Neuve	Memorial	1	-	-	-	-	-	12 <sup>c</sup>	-	10 <sup>c</sup>
Québec	McGill	12	1	3	4	17	24	363	82	70
Ontario	Guelph, Ottawa, Toronto, Waterloo, Western, York	22	-	-	7	86	35	408	40	220
Manitoba	Manitoba, Winnipeg	3	-	-	2	49	5	53	10 <sup>c</sup>	15 <sup>c</sup>
Saskatchewan	Saskatchewan	3	-	-	-	6	3	40	10 <sup>c</sup>	10 <sup>c</sup>
Alberta	Alberta, Calgary	8	1	1	2	14	10	105	19	150
Colombie-Britannique	Simon Fraser, British Columbia, Victoria	12	-	1	5	26	10	171	25	65
<b>Totaux</b>	<b>16 départements</b>	<b>61</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>198</b>	<b>87</b>	<b>1 152</b>	<b>186</b>	<b>540</b>
<b>Totaux calculés)<sup>a</sup></b>	<b>25 départements</b>	<b>87</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>29</b>	<b>293</b>	<b>128</b>	<b>1 646</b>	<b>204</b>	<b>1 850</b>

*Légende:* voir le tableau II.39

<sup>a</sup> Ces chiffres tiennent compte de l'évaluation du Groupe d'études pour les départements de géographie des universités suivantes qui n'ont pas renvoyé de questionnaire: Brandon, Brock, Carleton, Laval, McMaster, Montréal, Queen's, Sir George Williams et Windsor.

<sup>b</sup> Ce chiffre comprend seulement les étudiants de 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> année en géographie physique.

<sup>c</sup> Ce chiffre comprend seulement les étudiants diplômés en géographie physique.

un large enseignement géoscientifique au premier cycle et se spécialisent dans la formation de professeurs du niveau secondaire (voir la section III.7).

Bien que notre enquête parmi les départements de géographie soit loin d'être complète, il est bon de noter que les 16 départements figurant au tableau II.41 ont acheté la plus grande partie de leur matériel de recherche en géographie physique grâce à des fonds universitaires. Par contre, le Conseil national de recherches constitue la principale source de fonds pour l'achat de matériel de recherche en géologie et en géophysique (voir les tableaux II.39 et II.40).

Enfin, on doit remarquer qu'il ne faut pas comparer la taille des corps enseignants mentionnés au tableau II.41 en fonction seulement du nombre d'étudiants. Comme dans les cas de la géologie et de la géophysique, l'enseignement

géoscientifique de ces départements est donné à un très grand nombre d'étudiants qui n'ont pas choisi de se spécialiser en ce domaine.

#### *Départements d'autres disciplines*

Malheureusement, nous ne disposons pas de données suffisantes sur les aspects géoscientifiques de l'enseignement d'autres départements universitaires (pédologie, géotechnique, etc.) pour établir des statistiques valables. Cette lacune découle en partie de l'envergure de la présente étude et de nos difficultés pour déterminer la proportion des travaux d'enseignement et de recherche qui concernait sans erreur possible les sciences de la Terre. Certains professeurs ont mentionné par exemple leurs difficultés pour déterminer la part géoscientifique de leurs travaux de recherche en mécanique des sols ou en mécanique des roches. De même, nous

avons rencontré des difficultés similaires pour poursuivre notre enquête sur la géographie physique dans les départements de géographie.

En l'absence de statistiques valables, nous remarquerons cependant l'isolement relatif de la plupart des départements des sciences des sols, des départements de géologie, ainsi que des départements de géographie d'une façon moins marquée. De même, l'enseignement de la mécanique des sols et de la mécanique des roches se trouve généralement séparé de l'enseignement de la géologie et de la géophysique dans nos universités.

## II.8 Les sociétés et les associations géoscientifiques

### Les sociétés

Les sociétés scientifiques jouent un rôle primordial dans la vie d'une nation. Grâce à leurs réunions annuelles et à leurs publications, elles constituent l'organe principal de communication entre les scientifiques. Elles établissent des liens fondamentaux entre les secteurs industriel, public, et universitaire.

Au Canada, il existe 17 groupes géoscientifiques importants, bien que 9 d'entre eux appartiennent à des sociétés d'envergure plus considérables qui soutiennent d'autres disciplines ou visent d'autres fins (tableau II.42). Ces organismes grandissent rapidement. Le nombre des membres de la Division de géologie de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie est passé de 1 100 à 1 800 entre 1962 et 1968. On compte encore environ 35 autres sociétés géoscientifiques locales de faible envergure, qui se réunissent de façon irrégulière en vue d'échanger des renseignements et des idées d'intérêt particulier ou régional. Ce sont des groupes d'étude en géologie, des sociétés de géophysique et de géotechnique, ainsi que les filiales de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie dans les grandes villes ou les centres miniers.

Bien des sociétés scientifiques importantes sont homologues d'organismes nord-américains, par ex.:

-L'Institut canadien des mines et de la métallurgie et l'*American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*

-La Société albertaine des géologues pétrolier et l'*American Association of Petroleum Geologists*

-L'Association des géologues du Canada et la *Geological Society of America*

-L'Association des minéralogistes du Canada et la *Mineralogical Society of America*

-La Société canadienne des géophysiciens praticiens et la *Society of Exploration Geophysicists*.

D'ordinaire, les scientifiques canadiens sont également membres de la société américaine qui les intéresse; ils publient des articles dans les revues correspondantes; plusieurs occupent des hauts postes dans les sociétés américaines; en fait, une des sociétés canadiennes est officiellement affiliée à son homologue américaine. On estime que la moitié des résultats de la recherche géoscientifique accomplie par les Canadiens paraît sous la forme d'articles scientifiques publiés hors du Canada.<sup>1</sup> Cependant, un certain sentiment nationaliste a généralement empêché une liaison officielle entre les sociétés canadiennes et leurs homologues des États-Unis.

Le rôle principal des sociétés a été d'encourager le progrès des sciences dans leur domaine d'intérêts, grâce à leurs publications et à leurs réunions annuelles. Les géoscientifiques publient régulièrement des articles dans les revues de treize sociétés canadiennes.

Ces sociétés visent des objectifs qui se chevauchent, qui sont mal coordonnés et qu'on devrait, dans certains cas, préciser à nouveau (tableau II.42). Les ressources financières limitées de ces sociétés les ont empêchées de jouer un rôle majeur dans l'élaboration d'une politique géoscientifique nationale; il se peut même qu'en ce domaine, elles aient constitué un frein

<sup>1</sup>Harrison, J. N., D. C. Rose et R. J. Uffen. *The nature and organization of earth sciences in Canada*, dans *The Earth Sciences in Canada*, sous la direction d'E. R. W. Neale. Roy. Soc. Canada, Publ. spéc. n° 11, p. 3-12, 1968.

**Tableau II.42—Principales sociétés et associations géoscientifiques canadiennes**

Noms	Année de fondation <sup>a</sup>	Nombre de membres <sup>b</sup>	Objectifs premiers
<i>A. Géologie</i>			
1. Division de la géologie de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie	1945	1 805	Constituer un lieu de rencontre pour les géologues spécialisés du Canada.
2. La Société albertaine des géologues pétroliers	1928	1 473 102 <sup>c</sup>	Faire progresser la géologie, surtout pétrolière, dans l'Ouest canadien.
3. Association des géologues du Canada	1947	1 300	Faire progresser la géologie et favoriser une meilleure connaissance de cette science dans tout le Canada.
4. Association des minéralogistes du Canada	1955	865 435 <sup>c</sup>	Faire progresser la cristallographie, la géochimie, la minéralogie, la pétrologie et les sciences voisines.
5. La Société canadienne de pédologie	1954	300	Encourager toutes les branches de la science des sols.
6. Division des sciences de la Terre de la Société royale du Canada	1882	95	Reconnaître l'excellence et stimuler les efforts en sciences de la Terre; améliorer les communications; subventionner des recherches sur l'état des sciences de la Terre et proposer des améliorations
7. Division géotechnique de l'Institut des ingénieurs du Canada	1962	175	Fournir une tribune pour l'étude de problèmes d'ingénierie.
8. Section de géologie de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS)	1931	--	Faire progresser les connaissances géologiques des géologues canadiens de langue française grâce à la tenue de réunions annuelles.
<i>B. Géophysique</i>			
1. Société canadienne des géophysiciens praticiens	1949	800	Favoriser les progrès de la géophysique, surtout dans le domaine de la prospection pétrolière.
2. Société canadienne de diagraphie	1955	200	Encourager la recherche sur l'interprétation des diagraphies de terrains pétrolières ou minéralisés.
3. Division de la physique du globe de l'Association canadienne des physiciens	1962	112	Faire progresser et encourager l'utilisation des connaissances de la physique pour la solution des problèmes concernant l'intérieur de la surface et l'atmosphère de la Terre.
4. Société canadienne de prospection géophysique	1953	135	Faire progresser les connaissances géographiques et plus particulièrement répandre des renseignements sur la géographie au Canada.
<i>C. Géographie</i>			
1. Société royale canadienne de géographie	1929	269 membres cooptés 13 713 membres ordinaires	Faire progresser les connaissances en géographie et en particulier en géographie du Canada.
2. Association canadienne des géographes	1951	600	Encourager l'étude de la géographie et les communications entre géographes canadiens.
3. Association des géographes de l'Amérique française	1962	40	Favoriser les contacts scientifiques entre les géographes de langue française.

**Tableau II.42—Principales sociétés et associations géoscientifiques canadiennes**

Noms	Année de fondation <sup>a</sup>	Nombre de membres <sup>b</sup>	Objectifs premiers
<i>D. Topographie</i>			
1. Institut canadien d'arpentage	1882	1 192	Faire avancer les connaissances professionnelles de ses membres; favoriser l'arpentage et la cartographie; montrer l'utilité de cette profession au public.
<i>E. Section interdisciplinaire</i>			
1. Institut arctique d'Amérique du Nord	1945	250 membres cooptés 1 700 membres ordinaires	Encourager et soutenir la recherche scientifique concernant les régions polaires.
<i>F. Associations minières et pétrolières</i>			
1. Association canadienne des producteurs pétroliers	1952	99 <sup>c</sup>	Favoriser de meilleures relations entre l'industrie pétrolière et gazière et le public; encourager la collaboration avec les organismes publics; fournir une tribune pour l'étude des questions touchant les intérêts des membres.
2. Association indépendante des producteurs pétroliers du Canada	1961	185 <sup>c</sup>	Créer des conditions favorisant la croissance et la prospérité des firmes pétrolières œuvrant au Canada.
3. Association des producteurs miniers du Canada	1935	102 <sup>c</sup>	Faire connaître les vues de l'industrie minière au public canadien et faire connaître son opinion aux autorités gouvernementales au sujet des répercussions de leurs politiques sur la prospection, l'exploitation, le traitement des minéraux et l'élargissement des marchés d'exportation.
4. Association des prospecteurs et des entrepreneurs miniers du Canada	1932	1 400 175 <sup>c</sup>	Coordonner et répandre les idées des membres, grâce à des réunions annuelles d'affaires et d'études, ainsi qu'à des relations avec les organismes fédéral et provinciaux.
<sup>a</sup> Si la division géoscientifique n'est qu'une des sections de l'association nous donnons l'année de sa création. <sup>b</sup> Les membres de soutien sont indiqués séparément. <sup>c</sup> Membres de soutien ou sociétés membres. <sup>d</sup> On s'occupe de former une Société géotechnique canadienne, qui remplacerait cette division mais serait une des sociétés constituantes de l'Institut canadien des ingénieurs.			

au changement plutôt qu'un organe de planification et d'action. Les objectifs des sociétés spécialisées d'ingénieurs, d'agronomes et autres concernent l'éthique professionnelle ou les normes générales n'ont guère d'équivalents dans ces sociétés. Néanmoins, nous avons des exemples notables de contributions importantes: la Division de géologie de l'ICMM présenta en 1947 des propositions qui ont entraîné la formation du Comité consultatif national des recherches en sciences géologiques; elle a de même donné son appui à notre Étude en soumettant des mémoires (voir annexe 3).

Il n'existe presque aucune liaison officielle entre les sociétés géoscientifiques, à part l'action coordinatrice d'un petit nombre de scientifiques faisant partie de plusieurs conseils de direction. Elles ne disposent pas de secrétariats permanents et s'appuient entièrement sur le travail à temps partiel de responsables élus, sauf dans le cas où elles utilisent les services administratifs de sociétés s'occupant d'autres disciplines, telles que l'Institut des ingénieurs du Canada, l'Association canadienne des physiciens, l'Institut de chimie du Canada, l'Institut canadien des mines et de la métallurgie, et la Société royale du Canada. Cette situation a largement profité aux sciences de la Terre en favorisant des contacts interdisciplinaires fructueux. Cependant, elle a contribué à retarder l'évolution qui aurait permis de résoudre les problèmes des professions géoscientifiques à l'échelle du pays.

*Les sociétés géoscientifiques ont un rôle spécial à jouer en fournissant une tribune où les spécialistes viendraient exprimer leurs vues personnelles, plutôt que de charger leur organisme de ce cette tâche.*

L'éthique professionnelle et les questions pécuniaires sont des problèmes urgents et pratiques. Il est du devoir et de l'intérêt de chaque spécialiste d'expliquer les sciences de la Terre au public, surtout lorsqu'elles touchent à certains problèmes sociaux. On devrait encourager l'expression publique des réticences que provoquent les programmes géoscientifiques du

pays plutôt que d'en restreindre la discussion aux pauses-café. Ce sont ces sociétés qui, n'étant pas limitées par les stipulations de l'AANB ou soumises à d'autres contraintes, devraient encourager l'enseignement des sciences de la Terre au niveau secondaire. C'est pourquoi nous concluons que:

---

---

#### *Conclusion II.14*

*On devrait créer un Conseil des sociétés géoscientifiques canadiennes qui fournirait des avis à l'État et qui s'occuperait des tâches matérielles permettant l'épanouissement des professions géoscientifiques au Canada. Les dirigeants de ces sociétés devraient réunir leurs membres importants afin d'étudier les possibilités de coordination et de collaboration, ainsi que l'élaboration de plans à longue portée.*

---

---

Le Conseil pourrait établir un secrétariat central s'inspirant de celui de l'*American Geological Institute*, et quelque peu de ceux de l'Association canadienne des physiciens et de l'Institut de chimie du Canada. Le financement serait assuré par les sociétés membres, des subventions et des contrats des organismes publics, des dons des industries, et la publicité. Il semble que l'Association des géologues du Canada et la Société albertaine des géologues pétroliers devrait prendre l'initiative à cet égard. Le Conseil pourrait bien provenir de l'organisme formé en vue du Congrès géologique international qui se tiendra au Canada en 1972. Le Conseil remplirait les fonctions suivantes, au nom des sociétés membres et de la profession:

1. Conseiller les divers paliers de gouvernement (fédéral, provincial, municipal) au sujet des questions géoscientifiques ou priorités à respecter en ce domaine pour atteindre les objectifs nationaux de nature économique et sociale.

2. Conseiller les divers paliers de gouvernement, les firmes industrielles et les universités au sujet de l'épanouissement des diverses disciplines et des stimulants à la recherche dans les divers domaines géoscientifiques.

3. Conseiller l'Agence canadienne de développement international au sujet de l'assistance technique canadienne aux pays en voie de développement et collaborer avec l'Agence dans le domaine géoscientifique.

4. Renseigner le public sur la valeur sociale, culturelle, récréative et économique des sciences de la Terre et le mettre au courant des répercussions de l'emploi des techniques géoscientifiques pour l'assainissement du milieu ambiant, sa protection, et la prévision des cataclysmes naturels.

5. Favoriser l'enseignement des sciences de la Terre, particulièrement en ce qui touche l'élaboration des programmes et les moyens audio-visuels d'enseignement géoscientifique au niveau secondaire.

6. Assurer des services d'information aux cercles géoscientifiques, à l'industrie et au secteur public, grâce à un fichier du personnel scientifique et technique, des données sur le marché du travail et les salaires, des brochures sur les carrières, un service de consultation à l'intention des étudiants, etc.

7. Rendre des services aux sociétés membres, comme l'envoi d'états de compte, la mise à jour des répertoires de membres, la tenue de scrutins, la préparation de publications, l'organisation de réunions annuelles.

8. Maintenir des contacts entre les géoscientifiques canadiens par l'envoi d'un bulletin mensuel de nouvelles (semblable à *Geotimes*).

9. Maintenir des contacts avec les cercles scientifiques et technologiques canadiens grâce à une participation active à SCITEC.<sup>1</sup>

10. Entretenir la liaison avec l'*American Geological Institute* et d'autres sociétés spécialisées étrangères qui s'acquittent de fonctions semblables dans leur pays.

### **Les associations professionnelles**

À part les sociétés scientifiques qui mettent l'accent sur la participation individuelle, nous avons les associations professionnelles qui groupent les firmes minières

et pétrolières (tableau II.42). Elles disposent de secrétariats permanents qui sont entretenus par les entreprises membres. Elle s'intéressent avant tout aux relations entre les compagnies, entre les secteurs public et industriel, et entre les industries et le public, plutôt qu'aux progrès scientifiques. Cependant, l'Association minière du Canada s'est dotée d'un comité interne de la recherche minière et métallurgique et l'Association pétrolière du Canada a formé un comité s'occupant de géologie, de géophysique, d'entreposage de carottes de sondage, etc. Ces associations échangent des données scientifiques non publiées, mais qui apparaissent de temps à autre dans des déclarations officielles portant sur les lignes de conduite des associations (tel le mémoire que l'Association minière du Canada a présenté au Comité sénatorial de la politique scientifique en mai 1969).

## **II.9 Les bibliothèques géoscientifiques**

### **Généralités**

La plupart des bibliothèques géoscientifiques canadiennes ont été créées pour répondre aux besoins de groupes locaux; beaucoup d'entre elles se confinent encore à ce seul rôle. Toutefois, en certains endroits, on met en place des réseaux documentaires interbibliothèques pour faire face à la marée montante des publications et des acquisitions, et à l'augmentation des frais de stockage et d'acheminement. Parallèlement, le rôle des bibliothèques passe lentement de celui de conservatrices de la masse des connaissances à celui de dispensatrices de l'information, tâche qui exige un changement radical d'attitude de la part des bibliothécaires,

<sup>1</sup>SCITEC est le sigle de l'Association des scientifiques, ingénieurs et technologues du Canada. Fondée en janvier 1970, cette association groupera plus de 60 associations canadiennes de scientifiques et d'ingénieurs; elle sera le porte-parole pour plus de 100 000 membres de ces associations et d'autres organismes. L'objectif de SCITEC est «d'associer les efforts des cercles de scientifiques, d'ingénieurs et de technologues afin de servir le pays, de communiquer et de collaborer tant avec les autorités publiques que la population qu'avec les organismes membres.

aussi bien que des modes de fonctionnement des bibliothèques. L'invention de techniques informatiques, d'appareils reprographiques et de moyens de télécommunications entre bibliothèques donne les éléments qui permettront de constituer des réseaux mieux articulés. Ces transformations sont imminentes ou sont déjà en cours en Ontario et ailleurs. Les géoscientifiques et les bibliothèques spécialisées doivent participer à ce renouvellement afin d'assurer une excellente répartition de la masse des connaissances dans les milieux géoscientifiques.

Le Rapport n° 6 du Conseil des sciences,<sup>1</sup> de même que les études documentaires réalisées par J.P.I. Tyas et autres<sup>2</sup> pour le compte du Conseil des sciences, fournissent d'utiles indications pour la mise en œuvre d'un réseau d'information. Cette partie de notre rapport, qui s'inspire de très peu de ces documents, vise à faire ressortir certaines caractéristiques des bibliothèques géoscientifiques qu'il faut prendre en considération pour l'établissement d'un réseau national.

### Situation actuelle

La bibliothèque de la Commission géologique du Canada, qui comprend environ 100 000 volumes, est probablement la collection la plus complète de publications géologiques au Canada. Cette bibliothèque a été constituée pour satisfaire aux besoins de la Commission géologique et par conséquent elle se ressent des changements d'intérêts de ce service. Elle est spécialement riche en séries complètes de revues géologiques et de publications des sociétés géologiques, des organismes publics de géologie et des sociétés spécialisées du monde entier . . . On doit considérer cette bibliothèque comme le complément de la Bibliothèque scientifique nationale.<sup>3</sup>

La bibliothèque du Ministère ontarien des Mines est la plus grande de celles qu'entretiennent les ministères provinciaux. Sa collection comprend 32 500 volumes, 13 000 rapports et plaquettes et 9 500 cartes géologiques et géophysiques.<sup>4</sup>

La bibliothèque géoscientifique de

l'Université Queen's est probablement la seconde en importance au Canada. Elle compte 34 000 volumes ainsi qu'un grand nombre de rapports de relevés géologiques, de cartes géologiques, de périodiques et d'ouvrages publiés par diverses sociétés.

Les bibliothèques de l'industrie sont moins grandes, le champ d'intérêt des compagnies étant plus restreint. La plupart des entreprises maintiennent au moins une collection de rapports des services publics, en plus de rapports privés, dont elles se servent pour établir les plans des travaux de prospection scientifique. Les sociétés de plus grande envergure possèdent des collections considérables. Par exemple, le Centre documentaire régional de l'*Imperial Oil* à Calgary renferme 1 000 manuels de géologie et 500 de géophysique; la bibliothèque de la *Gulf Oil Company* compte 2 500 volumes.

La plupart des bibliothèques géoscientifiques s'efforcent de répondre aux besoins des groupes locaux d'utilisateurs, mais elles hésitent toujours à recourir aux échanges interbibliothèques. Fort heureusement, on cherche maintenant à relier les bibliothèques dans l'Ontario et les provinces atlantiques. La bibliothèque qui s'intéresse le plus à la clientèle extérieure est celle de la Commission géologique du Canada, dont la liste mensuelle d'acquisitions est distribuée à 500 personnes des secteurs industriel, universitaire et public. La Commission maintient également des bibliothèques régionales à Calgary, Vancouver, Yellowknife et Whitehorse.

### Perspectives

Selon le Conseil des sciences, l'un des objectifs importants de la politique de l'in-

<sup>1</sup>Conseil des sciences du Canada. *Une politique pour la diffusion de l'information scientifique et technique*. rapport n° 6, 1969.

<sup>2</sup>Tyas, J.P.I., et al., *L'information scientifique et technique au Canada*, Étude spéciale n° 8. 1ère et 11ème parties. Conseil des sciences, 1969.

<sup>3</sup>Lamb, W. K. et J.E. Brown, *Les bibliothèques fédérales d'Ottawa*, dans Rapport du Bibliothécaire national, 1968.

<sup>4</sup>Downs, Robert B., *Ressources des bibliothèques universitaires et de recherche du Canada*. Association des universités et collèges du Canada, 1967. p. 260.

**Tableau II.43—Fonds géoscientifiques dans les bibliothèques canadiennes en 1969**

Provinces	Bibliothèques	Fonds géoscientifiques	Totaux
Alberta	Université de l'Alberta	22 100	99 800
	Université de Calgary	6 250	
	Conseil albertain des recherches	31 450	
	Commission géologique du Canada (Calgary)	40 000	
Colombie-Britannique	Université de la Colombie-Britannique	8 400	12 550
	Ministère des Mines et des richesses pétrolières	4 100	
	Conseil des recherches de la C.-B.	50	
Manitoba	Université du Manitoba	11 000	15 000
	Ministère des Mines et des Richesses naturelles	4 000	
Nouveau-Brunswick	Université Mount Allison	5 000	9 850
	Université du Nouveau-Brunswick	4 000	
	Ministère des Richesses naturelles	500	
	Conseil de la Recherche et de la Productivité du Nouveau-Brunswick	350	
Nouvelle-Écosse	Université Acadia	2 500	13 410
	Université Dalhousie	8 000	
	Université St. Francis Xavier	500	
	Université St. Mary's	500	
	Ministère des Mines	1 210	
	Fondation des recherches de la N.-É.	700	
Ontario	Université Brock	5 000	285 950
	Université Carleton	6 300	
	Université de Guelph	500	
	Université Lakehead	1 600	
	Université Laurentienne	4 000	
	Université McMaster	10 000	
	Université d'Ottawa	2 700	
	Université Queen's	34 000	
	Université de Toronto	12 000	
	Université de Waterloo	20 000	
	Université de Western Ontario	10 500	
	Ministère des Mines	50 000	
	Fondation ontarienne des recherches	150	
	Musée royal de l'Ontario	6 000	
	Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources:		
	Commission géologique du Canada	100 000	
	Direction des mines	1 500	
	Direction des observatoires fédéraux	13 700	
	Secteur hydrologique	3 500	
Bibliothèque scientifique nationale	4 500		
Québec	École polytechnique	15 000	57 510
	Université Laval	1 950	
	Collège Loyola	750	
	Université McGill	12 510	
	Université de Montréal	15 000	
	Université Sir George Williams	1 000	
	Ministère des Richesses naturelles	8 300	
	Institut arctique de l'Amérique du Nord	3 000	
Saskatchewan	Université de la Saskatchewan à Saskatoon	14 000	22 320
	à Régina	300	
	Ministère des Richesses minérales	520	
	Conseil des recherches de la Saskatchewan	7 500	
Terre-Neuve	Université Mémorial	4 700	7 200
	Ministère des Mines, de l'Agriculture et des Ressources	2 500	

Source: Questionnaires renvoyés au Groupe d'études.

formation consiste dans «l'utilisation optimale des services et des blocs documentaires existants ainsi que dans la mise en œuvre de nouveaux organes.» L'éparpillement des utilisateurs de données géoscientifiques dans tout de Canada, particulièrement dans le cas de l'industrie minière, exige que le réseau documentaire soit efficace. Tous les secteurs de l'économie ont un rôle à jouer. Ainsi, les initiatives des particuliers, des institutions et des organismes ont leur importance. Il nous faut des catalogues et des bibliographies bien à jour. Pour vaincre les distances, nous avons besoin de réseaux régionaux reliés entre eux par des moyens efficaces de télécommunications. Par suite des frais considérables à envisager, chaque région, et encore moins chaque bibliothèque ne peut espérer rassembler des collections géoscientifiques complètes, et il est nécessaire d'établir un réseau documentaire efficace au service de l'utilisateur.

Le Rapport n° 7 du Conseil des sciences décrit le rôle fédéral en ce domaine; en substance, ce serait celui d'un catalyseur. La loi du CNR chargerait ce dernier d'«établir, diriger et conserver une bibliothèque scientifique nationale». La direction de la Bibliothèque scientifique nationale déclare qu'elle a «la responsabilité de servir les scientifiques, les ingénieurs et les industriels canadiens, et de leur donner un accès direct et immédiat aux publications et aux données qui leur sont nécessaires pour leur activité quotidienne». Le Conseil des sciences a proposé que «le CNRC se charge de la participation fédérale à l'élaboration d'un réseau national de documentation scientifique et technique, et de l'application des décisions fédérales en ce domaine.» Notre Groupe d'études est préoccupé du fait que la principale bibliothèque géoscientifique du Canada, qui est celle de la Commission géologique nationale et qu'il y a très peu de liaison entre elle et le réseau de bibliothèques scientifiques sous l'égide de la Bibliothèque nationale. Comme l'ont in-

diqué MM. Lamb et Brown<sup>1</sup>, la bibliothèque de la Commission géologique dispose de collections qu'on ne retrouve pas à la Bibliothèque scientifique nationale et «il n'y a pas lieu d'acquérir des doubles de ces collections spécialisées pour les bibliothèques nationales, si ces documents sont disponibles par prêts interbibliothèques ou reprographie. On doit donc considérer ces collections comme faisant partie du fonds bibliographique national.»

Nous estimons donc indispensable que:

---

### *Conclusion II.15*

*Les plans du Service national d'information scientifique et technique devront viser à intégrer les données géoscientifiques au réseau documentaire national. C'est pourquoi les sciences de la Terre doivent être représentées au sein du secrétariat et du conseil d'administration de tout organisme de gestion du réseau documentaire national, et les données géoscientifiques doivent figurer dans les revues des recherches, bibliographies, index et autres moyens d'information du Service.*

---

L'activité provinciale en ce domaine exige une liaison étroite entre les groupes appartenant aux universités, aux ministères des Mines et aux Conseils des recherches provinciaux. Les universités qui détiennent la majeure partie des fonds d'ouvrages géoscientifiques ont un rôle important à jouer. En Ontario, la liaison entre les bibliothèques universitaires, grâce à un réseau informatique, fournit les éléments pour la rédaction du catalogue commun, des listes de mise au courant, etc. Il serait avantageux de faire collaborer l'industrie et les organismes publics à ce réseau. Pour assurer l'efficacité maximale des communications, il faudrait que les méthodes utilisées par les différentes bibliothèques soient compatibles. Dans la région de Halifax-Dartmouth, on a proposé la mise en place d'un réseau documentaire qui puisse subvenir aux besoins de divers organismes.<sup>2</sup> Les ministères

<sup>1</sup>Lamb, W. K. et J. E. Brown, *op. cit.* p. 28.

<sup>2</sup>Tyas, J.P.I. *op. cit.* 11 partie, chap. 6, P. 41-49.

provinciaux des Mines, qui sont chargés de diffuser l'information géoscientifique dans leurs régions respectives, doivent ouvrir la voie à ces progrès, par exemple en faisant connaître au public régional les services et les fonds bibliographiques de la bibliothèque géoscientifique locale. Le Ministère des Mines de l'Ontario, à la suite des recommandations d'un comité spécial de l'Assemblée législative, a entrepris de centraliser ses ressources bibliographiques et de les associer avec le centre d'informatique de sa Section d'information et d'enseignement.

# Chapitre III

## Développement scientifique et culturel

«Et ils couraient par monts et vaux, cassant leurs chers cailloux avec des marteaux, comme autant de cantonniers déboussolés. Ils disaient: C'est pour voir comment le monde a été fait!»

Sir Walter Scott dans «St. Ronans' Well», 1824.

### III.1 Aperçu

L'éventail des activités géoscientifiques présenté au chapitre II pose naturellement la question de l'élaboration d'une politique qui non seulement soutiendrait largement l'utilisation des sciences et de la technologie au service de la nation (voir les chapitres suivants), mais encore insisterait suffisamment sur les progrès de la science *en soi*. Le présent chapitre vise donc à étudier le rôle important que la recherche scientifique doit continuer à jouer pour le développement des sciences de la Terre au Canada, les responsabilités particulières des établissements d'enseignement en ce domaine, ainsi que l'apport de ces sciences à la culture personnelle.

La science doit satisfaire la soif de connaissances des hommes. Les géoscientifiques en particulier ont une responsabilité pour la vulgarisation des connaissances, de telle sorte que le profane puisse mieux comprendre les forces qui ont créé et qui modifient continuellement le milieu physique où nous évoluons. Si nous ne voulons pas vivre sur terre comme des ermites, notre culture devrait au moins comprendre des notions élémentaires du milieu ambiant, tant autour de nous que sous nos pieds.

De toutes les conclusions auxquelles nous sommes arrivés dans la présente étude, la plus importante est sans doute celle qui montre la nécessité d'enseigner les sciences de la Terre au niveau secondaire dans tout le pays. En plus d'éveiller l'intérêt des étudiants envers les sciences en général, un tel enseignement servira notamment à montrer que la science est

véritablement utile à l'homme et indispensable à la connaissance de son milieu.

Nous possédons au Canada un «géorama» (panorama géologique) qui, sous plusieurs aspects, est unique au monde. De nombreuses caractéristiques de la lithosphère, dont certaines sont extrêmement anciennes, s'y trouvent magnifiquement exposées. Les possibilités de scruter dans notre pays les mécanismes qui ont façonné ces caractéristiques et d'étudier la complexe évolution de la Terre semblent presque illimitées. Les sciences de la Terre conviennent mieux au milieu canadien que toute autre science. Notre pays pourrait facilement occuper une position de prestige sur la scène scientifique internationale en bâtissant sur les fondations existantes, en encourageant davantage l'étude du géorama canadien et en favorisant l'application des sciences de la Terre au progrès économique et social du Canada ainsi qu'aux programmes d'assistance technique aux pays du Tiers-monde.

Les universités canadiennes ont un grand rôle à jouer dans le développement des sciences de la Terre. Cependant, leur action actuelle est peu satisfaisante: elles ne forment pas suffisamment de diplômés du type dont l'industrie a besoin; trop de professeurs travaillent sans contact avec l'industrie et les organismes publics; trop d'intérêts divers éparpillent les efforts; il ne se fait pas suffisamment de recherches sur d'importants problèmes canadiens; de nombreux départements de sciences de la Terre sont logés dans des bâtiments qui comptent parmi les plus vieux ou les plus délabrés, ou encore manquent de locaux de façon critique. Les autorités administratives de l'université, de même que les départements concernés, sont en grande partie responsables de cette détérioration. Les universités ne sont pas que des gardiennes des connaissances; leur raison d'être est de servir la société. Elles pourraient bien servir de trait d'union aux diverses branches des sciences de la Terre, au mieux des intérêts du pays. Pour donner du dynamisme à ces sciences, il faut que les départements de scien-

ces de la Terre des universités attirent une plus grande proportion d'étudiants brillants que par le passé, ce qui pourra en partie se faire grâce à l'enseignement des sciences de la Terre au niveau secondaire.

La recherche géoscientifique fondamentale doit fleurir dans nos universités. Notre pays est si vaste, nos richesses naturelles si importantes à l'économie nationale, qu'une telle recherche doit être vigoureusement poursuivie, tant au point de vue de l'ampleur des études que de leur qualité; en effet, il importe d'utiliser à fond les connaissances afin de mettre au point de meilleures techniques d'exploration minérale, des techniques de construction plus économiques et plus sécuritaires, et une meilleure utilisation des terres. Néanmoins, la recherche fondamentale orientée devrait être particulièrement encouragée, surtout en ce qui a trait aux études sur le terrain. De plus, on devrait encourager les universités à augmenter leurs travaux de recherche dans le domaine des applications pratiques des sciences de la Terre et, à cette fin, on devrait les doter de fonds additionnels pour y développer la recherche et mieux équiper les laboratoires. On favoriserait ainsi la formation professionnelle et on aiderait les universités à mieux satisfaire aux besoins de l'industrie.

Il faudrait enfin que l'un des objectifs de la politique scientifique canadienne soit de favoriser la création de centres d'excellence pour la recherche géoscientifique dans quelques universités canadiennes choisies, par une étroite collaboration des universités, des organismes publics et de l'industrie. Dans le présent chapitre, nous proposons une série de principes pour la création de tels centres.

### III.2 Les sciences de la géosphère différent-elles beaucoup des autres sciences de la nature?

Voilà une question intéressante, car d'une part elle exige la définition des caractéristiques intrinsèques des sciences de la Terre et d'autre part elle évoque les

rapports existant entre ces sciences et les autres. La réponse suivante est avant tout destinée au lecteur peu au courant des sciences qui traitent de la géosphère.

On peut résumer comme suit les caractéristiques intrinsèques des sciences de la Terre:

*1. Connaissance des temps géologiques.* Pour un géoscientifique, l'apparition de l'homme ne s'est produite que quelques secondes avant la fin de la longue journée que constituerait la période de formation de la Terre, des océans et des continents, et de l'évolution des êtres vivants. Si on pouvait résumer en une page tous les événements qui affectent la Terre au cours d'un seul siècle, l'histoire de notre globe représenterait une bibliothèque de plus de cent mille gros volumes.

Nous possédons au Canada un ensemble de formations rocheuses embrassant presque toute l'étendue des temps géologiques, certaines d'entre elles ayant plus de 2 500 millions d'années. On connaît les âges absolus de ces formations grâce aux horloges isotopiques, c'est-à-dire à la mesure des proportions de certains éléments qui se désintègrent à une vitesse rigoureusement fixe et mesurable. On connaît par ailleurs les âges relatifs grâce aux ensembles fossilifères et aux diverses relations stratigraphiques.

La connaissance des caprices de la nature et la reconstitution de l'histoire de la croûte terrestre et de l'évolution des formes vivantes au cours de diverses ères et périodes géologiques ouvre de vastes perspectives à la recherche géoscientifique au Canada.

*2. Connaissance de la paléontologie.* La vie est apparue sur notre planète il y a plus de 2 000 millions d'années. Ses débuts ont été très humbles comme en témoignent les restes fossiles qu'on trouve dans les roches. À un certain temps elle revêtit des formes gigantesques, celle des dinosaures par exemple. La paléontologie nous apprend que l'homme est le résultat d'une évolution extrêmement longue et la paléo-écologie nous montre qu'il apparut lorsque le milieu lui devint favorable. On se demande cependant s'il s'écoulera en-

core beaucoup de siècles avant que le milieu ne redevienne inhospitalier et quel sera alors le destin de l'humanité.

### 3. *Connaissance des forces de la nature.*

Un petit tremblement de Terre peut libérer une énergie superficielle supérieure à celle de plusieurs bombes atomiques réunies.<sup>1</sup> Une seule coulée de lave peut recouvrir une île entière. Un tsumani peut effacer de la carte tout un village côtier. Une inondation peut emporter les ponts et les maisons comme s'ils n'étaient que fétus de paille. Ces dangers, ainsi que d'autres phénomènes naturels qui engendrent des catastrophes, sont d'éclatantes illustrations des forces de la nature. Cependant de nombreux phénomènes moins manifestes illustrent ces forces, par exemple la surrection d'une chaîne montagneuse, l'accumulation d'une calotte glaciaire sur la moitié d'un continent, la dérive continentale au cours des temps géologiques, et l'élargissement actuel du fond des océans. Ils sont moins manifestes car pour les comprendre il faut reconstituer les caractéristiques actuelles et passées de la Terre. Un géoscientifique doit bien savoir évaluer ces forces de manière à pouvoir interpréter intelligemment les divers vestiges qu'on trouve dans les roches des époques plus ou moins reculées.

4. *Connaissance de l'échelle des phénomènes.* Une juste notion de l'échelle, nécessaire à la compréhension des phénomènes physiques, découle directement de la connaissance des forces naturelles. Les géoscientifiques étudient des phénomènes allant de l'échelle atomique jusqu'à celle des chaînes montagneuses de 10 000 milles de longueur. L'observateur peut être le minéralogiste qui étudie les dislocations du réseau atomique d'un cristal ou le géophysicien qui mesure les courants telluriques et le champ magnétique terrestre. L'importance des phénomènes se manifeste de bien d'autres manières que par le relief terrestre. Ainsi, les courants géothermiques, leur mode de transmission de l'intérieur du globe vers la surface, le comportement physique et chimique des massifs rocheux sous des pres-

sions et des températures qu'on ne peut atteindre dans les laboratoires sont quelques-unes des manifestations les plus intéressantes de ces phénomènes.

Les lois de la physique et de la chimie ont été précisées à la suite de recherches en laboratoire. Les phénomènes géologiques obéissent plus ou moins à ces lois. Le problème essentiel du géoscientifique consiste à atteindre en laboratoire l'ordre de grandeur géologique à l'aide de températures et de pressions élevées, voire très élevées, à poursuivre les expériences durant un temps suffisamment long pour que les réactions se produisent, et à tenir compte du grand nombre de variables chimiques influençant l'évolution des ensembles naturels. La difficulté principale qu'il doit surmonter provient de l'absence de règles empiriques l'aidant à prévoir le comportement des matériaux à des profondeurs supérieures à quelques dizaines de kilomètres et l'effet des très longues durées de réaction. De plus, certains matériaux sont des corps parfaitement élastiques dans certaines conditions mais à la longue, ils deviennent très visqueux. La *durée* est, de l'aveu général, une variable très importante pour la compréhension des phénomènes géologiques.

La curiosité est à l'origine de toutes les grandes aventures. Les découvertes de la science pure découlent de la curiosité de l'homme. Dans la plupart des sciences naturelles, ces découvertes constituent une aventure intellectuelle. Cependant, les activités géoscientifiques sont une aventure à la fois intellectuelle et physique, car c'est sur le terrain que le géoscientifique a son laboratoire, c'est là qu'il observe les phénomènes et qu'il mesure les paramètres essentiels. Pour Charles Darwin, les montagnes de l'Amérique du Sud étaient aussi passionnantes au 19<sup>e</sup> siècle que le paysage lunaire l'a été pour Neil Armstrong en 1969.

<sup>1</sup>L'explosion volcanique du Krakatoa dans l'Océan Pacifique a libéré une énergie qu'on estime équivalente à 150 mégatonnes de TNT, alors que la bombe lâchée sur Hiroshima équivalait à 29 kilotonnes de TNT. Cependant l'explosion du Krakatoa n'a engendré qu'une très faible secousse sismique.

L'exploration américaine de la lune et l'image télévisée des astronautes ramassant des roches donnent au grand public l'impression que la plus grande partie de l'activité en sciences de la Terre consiste dans la *collecte* des données scientifiques. Cependant, ce travail de rassemblement des données ne constitue qu'une des phases, quoique fort nécessaire, de l'ensemble de la recherche géoscientifique.

Les liens entre les sciences de la Terre et les autres sciences naturelles sont évidents dans les domaines interdisciplinaires de la géophysique et de la géochimie, qui ont toutes deux connu une croissance spectaculaire dans les dernières décennies par suite des progrès réalisés dans les «sciences mères», la physique et la chimie. Les grands progrès réalisés dans la mise au point de nouveaux instruments de géophysique au cours des dernières années, dans leurs circuits électroniques en particulier, constituent la meilleure illustration des liens entre la géophysique et la physique. Ces liens apparaissent également dans la répartition des géophysiciens dans les universités canadiennes; en effet, la plupart d'entre eux sont rattachés aux départements de physique plutôt qu'à ceux de géologie.

La théorie des quanta est probablement l'événement scientifique le plus marquant du 20<sup>e</sup> siècle. Cette théorie a vu le jour au début du siècle; cependant les difficultés qui l'ont motivée étaient connues depuis cinquante ans. De plus, la pleine portée de cette théorie pour la géochimie n'a été entrevue qu'en 1940; on sait que le premier stade de la géochimie était l'analyse chimique des roches par voie humide. La théorie des quanta permettant de comprendre les spectres atomiques et moléculaires, on a pu mettre au point des spectrographes, tant optiques qu'aux rayons X, qui rendirent possible et facile l'analyse des oligo-éléments dans les roches. La portée des méthodes physiques d'analyse des roches et des minéraux s'est considérablement élargie avec la mise au point ultérieure de la fluorescence aux rayons X, de la spectrographie d'émission de flamme, de l'analy-

se par absorption atomique ou par activation neutronique. Il est désormais possible, grâce à l'invention de la microsonde par le physicien français Castaing, d'effectuer une analyse chimique précise de 10<sup>-15</sup> centimètre cube de minéral et de pénétrer ainsi davantage la structure de la matière.

L'histoire des sciences abonde en exemples de progrès scientifiques importants découlant en fait de l'étude des minéraux ou des roches. La théorie de l'évolution est née de l'étude des fossiles. À mesure que nous entrons dans l'ère spatiale et que nous acquérons de nouvelles connaissances sur la nature de l'univers, des indices montrent que les sciences de la Terre (avec les sciences naissantes des planètes) progressent ensemble et tendent de nombreuses façons vers le même but. Si c'est le cas, nous nous trouvons peut-être à l'aube d'une importante synthèse des sciences de la Terre. Durant la dernière décennie, la possibilité d'enregistrer l'écartement de vastes plaques de la lithosphère au taux de quelques centimètres par an, et de la formation subséquente d'une nouvelle croûte dans les fissures ainsi formées, est un indice que cette révolution scientifique est déjà commencée. Comme l'a expliqué Wilson<sup>1</sup>, ce qui distingue cette théorie de l'*extension des bassins océaniques* des hypothèses antérieures de déformation de la Terre, c'est sa précision étonnante, confirmée par la variation, exactement dans les mêmes rapports, de trois caractéristiques géophysiques: a) l'orientation paléomagnétique des coulées de lave (mesurée en millions d'années), b) les largeurs des bandes d'anomalies magnétiques successives des bassins océaniques (mesurées en centaines de kilomètres), et c) les orientations diverses du faible champ magnétique rémanent d'échantillons (distants de quelques centimètres) prélevés par intervalles sur une carotte de fond océanique, ces orientations étant systématiquement l'inverse du champ actuel à des intervalles

<sup>1</sup>Wilson, J. Tuzo. *A revolution in earth science*. Bulletin, C.I.M., Vol. 61, n° 670, p. 185 à 192, 1968.

qui sont dans un rapport constant pour toutes les carottes. « Cette théorie révolutionnaire a été élaborée grâce aux contributions de *géologues* de toutes les parties du monde, en particulier de ceux qui ont récemment étudié la pétrographie du fond des océans et des îles, de *géochimistes* qui ont découvert des indicateurs chimiques sur la nature probable de l'intérieur de la Terre, de *géophysiciens* qui ont conçu des appareils pour l'étude des fonds océaniques et de l'intérieur de la Terre ainsi que pour la mesure de l'âge et la reconstitution de l'évolution des roches. Dans une large mesure, on peut dire que cette révolution découle des dépenses consacrées à la défense nationale qui ont permis, pour la première fois, d'obtenir une large connaissance du fond des océans jusque là inaccessibles, de la Lune et de Mars, ainsi que de l'intérieur de la Terre (grâce à un réseau de nouvelles stations sismographiques implantées pour détecter les explosions nucléaires) ». <sup>1</sup>

Il y a un siècle, la géologie était la science dominante au Canada; elle comptait des savants éminents tels que Sir William Logan, Sir William Dawson, Hunt, Tyrrell et plusieurs autres. Les géologues ont joué un rôle véritablement déterminant dans la création de la Société Royale du Canada. C'étaient des « naturalistes » possédant de vastes connaissances scientifiques et une grande culture. La géologie est loin d'avoir décliné au Canada au cours du XX<sup>e</sup> siècle, mais elle a été éclipsée, peut-être temporairement, par la croissance plus rapide des domaines à la mode de la physique atomique, de la biologie moléculaire, de l'électronique, de la cybernétique et de quelques autres. Cependant, à mesure que certains de ces domaines perdent de leur nouveauté et de l'attrait qu'ils exerçaient sur les étudiants, la nouvelle impulsion donnée aux sciences de la Terre par des découvertes scientifiques importantes mises au service du pays ajoutée à l'intérêt suscité par les missions spatiales Apollo, pourrait redonner aux sciences de la Terre une position prééminente. C'est ce qu'a indiqué Sir Edward Bullard, un éminent géophysicien

de l'Université de Cambridge, dans les termes suivants: « Nous assistons à un rajeunissement de la géologie comparable à celui de la physique à la fin du siècle dernier et à celui qui est actuellement en cours en biologie moléculaire ». <sup>2</sup> Comme nous l'avons dit au début de ce chapitre, les sciences de la Terre conviennent parfaitement aux perspectives canadiennes, sujet que nous allons étudier maintenant.

### III.3 Le géorama canadien

L'expression « géorama » embrasse les richesses géologiques de notre pays et l'héritage que nous a laissé la nature. Si nous ne voulons pas vivre en ermites dans notre vaste pays, il faut d'abord que nous le connaissions, non seulement pour apprendre où trouver les substances minérales indispensables à notre économie ou pour utiliser les terres à notre avantage optimal, mais également pour jouir du paysage et de la reconstitution de son histoire extrêmement longue. Les connaissances accumulées sur la « Terre des hommes » devraient, à notre avis, faire partie de notre culture.

Notre pays a été largement doté en richesses naturelles. Par sa superficie c'est le deuxième pays du monde, mais c'est le premier pour la superficie de son plateau continental et la longueur de son littoral. Moins d'un pour cent des Canadiens ont une vraie notion de sa grandeur et l'ont traversé, d'un océan à l'autre ou du sud au nord. Les géoscientifiques canadiens connaissent son territoire de première main, à cause de leurs travaux de prospection tout autant dans les endroits les plus reculés et les moins accueillants que dans les régions habitées. Lorsqu'on parle de développement économique d'une région, ils savent ce que cela signifie, car beaucoup d'entre eux vivent encore dans des agglomérations minières éloignées ou ont travaillé dans le Nord

<sup>1</sup>Wilson, *op. cit.*

<sup>2</sup>Bullard, E. *The Origin of Oceans*, Scientific American, septembre 1969.

pendant de longues périodes. Ce n'est donc pas sans raisons que nous recommandons au Chapitre IV d'accorder un encouragement fiscal aux personnes qui travaillent dans le Grand Nord, car à notre avis l'avènement d'une *société juste* doit s'étendre jusqu'aux terres désolées où des gens vivent et travaillent dans l'intérêt de tous les Canadiens.

Toujours dans le domaine de la géographie, notre plateau continental (1.5 million de milles carrés environ) offre des promesses de vastes richesses pétrolières, et peut-être aussi de placers sous-marins de certains minéraux tels que l'or natif et la cassitérite. Cependant, comme nous l'expliquons au chapitre suivant, il est nécessaire de faire des dépenses considérables et d'utiliser largement les sciences de la Terre pour aboutir à ces découvertes.

D'un point de vue purement géologique, le Canada a beaucoup à offrir. Son Bouclier précambrien est le plus vaste du monde. Ses affleurements excellents et innombrables en font un laboratoire idéal pour étudier le volcanisme ancien, les intrusions ignées, le métamorphisme, la sédimentation et la tectonique, sans oublier les formes primitives de la vie. Comme le Précambrien est si riche en gîtes minéraux enfouis, en particulier de nickel, de cuivre, de zinc, de fer et d'or, il présente un énorme intérêt. De plus, à un point de vue purement scientifique, le Bouclier constitue un moyen extraordinaire pour acquérir des connaissances fondamentales sur l'évolution de la Terre au cours des trois derniers milliards d'années. Les affleurements ayant été mis à nu par la dernière glaciation et n'étant pas altérés par l'intempérisme comme dans les pays tropicaux, les possibilités d'y débrouiller l'évolution complexe des premiers âges de la Terre sont presque illimitées. Une meilleure articulation d'études plus nombreuses du Bouclier pourrait facilement placer le Canada au premier plan de la science internationale. Leurs résultats constitueraient un élément essentiel de la science des planètes, parallèlement aux progrès des connaissances sur la Lune et les autres planètes, permettant l'interpré-

tation des données sur d'autres corps célestes qui n'ont pas formé de croûte du type terrestre:

Le Bouclier offre également d'excellentes possibilités de progrès en géochronologie et en pétrographie des roches métamorphiques. Du fait de ses vastes dimensions, c'est un endroit idéal pour analyser en détail les grands styles tectoniques et pour élaborer de nouvelles méthodes d'étude de la tectonique du globe. Ce dernier sujet constituera par ailleurs le thème d'un important colloque au cours du XXIV<sup>e</sup> Congrès international qui se tiendra à Montréal en 1972.

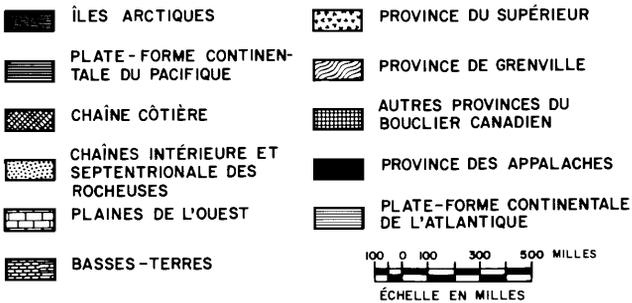
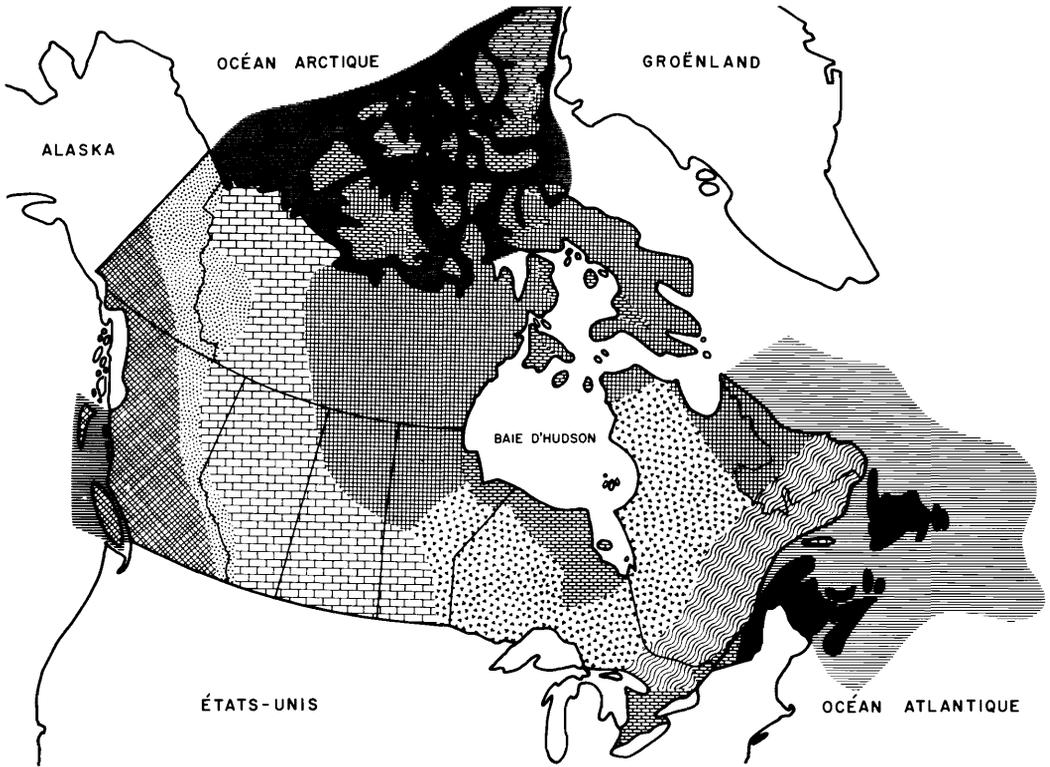
Chacune des provinces géologiques du Bouclier canadien a beaucoup à offrir au point de vue de la recherche géoscientifique. Ainsi, la province de Grenville est un véritable laboratoire naturel pour l'étude de problèmes typiques de la géologie canadienne et pour la recherche fondamentale sur l'orogénèse et la pétrologie des roches métamorphiques; non seulement montre-t-elle un développement extraordinaire des roches typiques du faciès des granulites, mais elle contient entre autres 90 pour cent des étendues d'anorthosite connues dans le monde. La province du Supérieur, qui occupe la partie centrale du Bouclier, comprend d'un seul tenant la plus vaste et la mieux exposée des étendues de formations les plus anciennes du monde; un effort considérablement accru dans les études des terrains archéens du Canada pourrait susciter des idées nouvelles pour guider la prospection minière, sans compter l'élargissement des connaissances sur l'origine des protocontinents. Les autres provinces du Bouclier offrent aussi de nombreuses possibilités de découvertes scientifiques, ce qui nous amène à conclure que:

---

### *Conclusion III.1*

*Il faudrait entreprendre, au cours de la prochaine décennie, un programme pluridisciplinaire complet de recherches sur l'origine et sur l'évolution du Bouclier canadien, notamment en ce qui concerne la géodynamique des protocontinents et la sédimenta-*

Figure III.1—Provinces géologiques du Canada.



tion, le volcanisme, le magmatisme, le métamorphisme et l'orogénèse en temps précambrien. Ce programme, dont la direction devrait être confiée à la Commission géologique du Canada, devrait être entreprise avec l'active collaboration des organismes provinciaux, de l'industrie et des universités. Une recension globale des résultats de ce programme devrait être publiée en 1980.

---

---

Les autres provinces géologiques constituant le géorama canadien comprennent les Appalaches, les Basses-Terres, les Plaines de l'Ouest, la Cordillère, les îles de l'Arctique, ainsi que la plate-forme de l'Atlantique et la plate-forme du Pacifique (voir fig. III.1). L'essor de chacune de ces vastes régions est intimement lié à l'activité géoscientifique, qu'il s'agisse d'exploration minière ou pétrolière, de l'utilisation des terres pour les ouvrages d'ingénierie, du tracé et de la construction des routes, de l'amélioration des terres pour l'agriculture ou l'exploitation forestière, de la mise en valeur des terrains incultes, de l'élimination des eaux résiduaires, ou encore, ce qui n'est pas peu dire, du choix des parcs récréatifs et naturels.<sup>1</sup> En conséquence nous devons conclure que:

---

---

### *Conclusion III.2*

*L'acquisition de nouvelles connaissances sur la nature et l'évolution des principaux traits des provinces géologiques canadiennes, ainsi que la corrélation entre ces provinces et d'autres régions contiguës du globe, devrait demeurer un objectif primordial de la recherche géoscientifique des universités et des organismes publics canadiens.*

---

---

## III.4 Historique du développement des sciences de la Terre au Canada

Les premières observations géologiques au Canada ont naturellement été faites par les négociants en fourrures («voyageurs») et surtout par les officiers et les naturalistes faisant partie de diverses ex-

péditions comme celle de Frobisher vers 1570 et de Franklins vers 1820. Toutefois, la géologie proprement dite ne débuta au Canada qu'en 1816, lorsque le célèbre minéralogiste et abbé français René Haüy donna 429 magnifiques spécimens minéralogiques au Séminaire de Québec pour l'aider à créer son musée de minéralogie et de géologie. En 1822, l'abbé Jean Holmes commença à donner au Séminaire les premiers cours de minéralogie.

L'année 1853 vit la naissance du premier département canadien de géologie à l'Université de Toronto, et c'est dans cette même ville que fut fondé par Henry Lefroy, en 1840, le premier laboratoire de géophysique. Les cours universitaires de géophysique ne débutèrent qu'en 1928, lorsqu'à la demande de la Commission géologique du Canada les départements de physique de l'Université McGill et de l'Université de Toronto commencèrent des recherches sur les méthodes géophysiques de prospection.

Si l'on excepte les cours donnés au début du 19<sup>e</sup> siècle à titre d'éléments du programme de physique ou de sciences naturelles, la véritable naissance de la géologie au Canada se produisit lors de la création de la Commission géologique du Canada et de la nomination en 1842 de son premier directeur, William Logan. Il est bon de noter qu'à l'exception d'un observatoire météorologique créé antérieurement par l'armée anglaise, la fondation de la Commission géologique du Canada en 1842 marque le début de toute recherche scientifique organisée dans notre pays.

En 1851, Logan fut le premier savant canadien à recevoir la plus haute distinction de la Société Royale de Londres. Pour ses contributions scientifiques, il fut ennobli et fait chevalier en 1856. Sir William Logan a joué un rôle important en attirant l'attention du monde sur la géologie canadienne. En 1863, il publia une

<sup>1</sup> Pour une étude complémentaire des diverses provinces géologiques du Canada, voir la documentation publiée dans les livraisons de janvier et de février 1970 du bulletin de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie.

splendide monographie de 933 pages sur la géologie du Canada.

L'histoire de la Commission géologique comporte plusieurs noms illustres, entre autres Tyrrell, Dawson, McConnell, McIntosh, Faribault, Low, etc. dont les ouvrages servent encore de références. On attribue à T. Sterry Hunt, l'un des premiers membres de la Commission géologique du Canada, les premières observations canadiennes sur la géologie des terrains pétrolifères et on le considère comme ayant le premier proposé en 1858 la théorie de l'accumulation du pétrole et du gaz naturel dans les anticlinaux.

La Commission géologique fonctionne depuis 1842 et on la considère toujours comme l'un des meilleurs services géologiques du monde. Notre étude montre que cette opinion est largement partagée au Canada, en particulier dans l'industrie minière et pétrolière. Il est bon de remarquer qu'au cours de ses 128 années d'existence, la Commission géologique n'a coûté en *moyenne* que 750 000 dollars par année (100 millions de dollars au total), somme faible en comparaison des immobilisations de capitaux de l'industrie minière (voir chapitre IV) et des services insignes qu'elle a rendus dans le domaine des sciences pures et appliquées (voir annexe n° 5).

La création de l'Observatoire fédéral à Ottawa en 1905 a marqué un important progrès pour la géophysique. Les géodésiens canadiens se sont signalés en élaborant les premiers un canevas précis pour la cartographie de vastes régions, utilisant le système «shoran» et d'autres techniques. Le réseau séismologique canadien est l'un des meilleurs du monde au point de vue des normes, de l'uniformité et de son étendue. L'Observatoire a frayé la voie à l'utilisation de l'avion pour le transport des gravimètres, effectuant ainsi des levés gravimétriques sur de vastes parties du Canada, dans des conditions très variées. En liaison avec des chercheurs universitaires, les géophysiciens de l'Observatoire ont également recueilli d'importantes connaissances nouvelles sur le magnétisme terrestre et les cou-

rants géothermiques.

Les ministères provinciaux des mines ont également joué un rôle très important pour le développement des sciences de la Terre au pays. Ces organismes ont établi des cartes géologiques détaillées de très vastes régions et élargi considérablement les connaissances sur la géologie des districts miniers, en particulier ceux de l'Ontario et du Québec (voir section II.6). Ils ont en outre largement facilité la mise en valeur des richesses minérales du Canada depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle.

La géotechnique au Canada a pris son essor par la création en 1947 de la Division des recherches en bâtiment au sein du Conseil national de recherches. Cet organisme a effectué des travaux de grande valeur sur l'application de la géologie aux travaux publics, en particulier d'importantes études de mécanique des sols, du pergélisol et du moskeg, de la neige et de la glace, de la protection contre les avalanches et des effets sur les bâtiments des vibrations causées par les explosions et les séismes. De concert avec le Comité associé de recherche géotechnique, cet organisme a joué un rôle important pour encourager la recherche dans ces importants domaines, en particulier dans les universités.

On peut attribuer largement les progrès de la géographie physique au Canada aux travaux de recherche de la Division de la recherche sur la géomorphologie et le Quaternaire au sein de la Commission géologique du Canada, qui a englobé l'ancienne Direction de géographie du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Quelques universités canadiennes ont apporté une importante contribution à la géographie physique, bien que la plus grande partie de la recherche universitaire porte sur d'autres domaines de la géographie et que la plus grande partie du corps enseignant de géographie physique ait été formé à l'étranger.

Le développement de la mécanique des roches au Canada est étroitement associé aux travaux de recherche du Centre de recherches minières de la Direction

des mines (Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources) créé au cours des années 1960. On note qu'au cours des dernières années un nombre croissant d'universités et de sociétés minières ont élargi leurs recherches en mécanique des roches.

Douglas Wright, qui œuvra à Porcupine en 1912, amorça le développement de la géologie minière. Auparavant, tout le travail de géologie minière était effectué par des ingénieurs miniers, parce que les chefs des exploitations minières de cette époque estimaient que les géologues avaient une orientation trop théorique. Depuis, les géologues ont amplement démontré la nécessité de leur contribution à l'exploitation minière.

Avant la Seconde guerre mondiale, les prospecteurs effectuaient la plus grande partie des travaux d'exploration minière; pour leur travail, ils dépendaient étroitement des cartes et des rapports géologiques des organismes publics. La recherche des gisements enfouis commença au cours des années 1920, mais ne devint prédominante qu'après la Seconde guerre mondiale. On utilise maintenant plus que jamais les géologues, les géophysiciens et les géochimistes pour la prospection minière, suivant ainsi les méthodes éprouvées de la prospection pétrolière (voir chapitre IV).

Une étude assez poussée de l'évolution historique des diverses disciplines géoscientifiques figure dans la série de communications documentaires citée à l'annexe n° 4 ainsi que dans la publication spéciale n° 11 (1968) de la Société royale du Canada.

### III.5 Étude générale du niveau actuel d'activité géoscientifique au Canada

#### **Les composantes de l'activité géoscientifique au Canada**

Le Canada est un pays si vaste que les deux tiers de l'activité géoscientifique actuelle consistent surtout en collecte de données plutôt qu'en recherche scientifique proprement dite, et on prévoit que

de nombreux secteurs resteront à ce stade pendant quelques années. D'autres domaines tels que la géologie minière, la tectonique, la pétrographie, etc. ont atteint le stade de l'analyse, de l'interprétation et de la synthèse des quantités considérables de données existantes. Ces domaines devront aussi se conformer aux méthodes automatiques de stockage et de tabulation des données. En fait, presque tous les mémoires et toutes les communications documentaires soumis à notre Groupe d'études soulignent la nécessité de l'élaboration de normes et de méthodes informatiques d'analyse des données géoscientifiques.

On peut indiquer qu'environ un tiers des domaines énumérés à l'annexe n° 4 se trouve au stade des grandes synthèses et de l'interprétation, car ce sont soit des spécialités où les scientifiques canadiens excellent, soit des domaines d'envergure internationale où les savants canadiens ont fait des contributions précieuses quoique relativement modestes. Nous pourrions citer ces domaines, mais les spécialistes des autres disciplines en concevraient probablement de l'amertume et auraient l'impression erronée que la collecte des données n'est pas une activité scientifique importante.

La situation particulière du Canada, vaste pays septentrional à population clairsemée, oblige à mettre l'accent sur la collecte des données scientifiques. Cette concentration des efforts est responsable de l'image du Canada à l'étranger: un pays où les scientifiques excellent dans la découverte des mines, mais n'élaborent guère les vastes synthèses géoscientifiques à portée internationale. Bien qu'il faille particulièrement encourager la recherche théorique et les vastes synthèses dans plusieurs domaines des sciences de la Terre, il faut malgré tout poursuivre la collecte des données, bien qu'elle exige beaucoup de temps et soit généralement fort coûteuse.

#### **Niveaux d'activité dans divers domaines géoscientifiques**

On peut évaluer *subjectivement*, sur une

base nationale et internationale, le degré d'activité dans les divers domaines géoscientifiques au Canada de la façon suivante:

1. *Forte activité*: géochronologie (géochimie isotopique), géomagnétisme, instruments de prospection géophysique, mécanique des sols, métallogénie, prospection géophysique et stratigraphie.

2. *Activité moyenne*: cristallographie, études des cratères météoriques, géodésie, géologie minière, géologie pétrolière, géologie structurale, gravimétrie, minéralogie, paléontologie, pédologie, pétrologie, stockage et recherche automatique des données d'informatique, tectonique du globe, tectonophysique et volcanologie.

3. *Faible activité*: biogéochimie, études des courants géothermiques, études magnétotelluriques, étude du moskeg, étude du pergélisol, études du Quaternaire, géochimie minérale, géochimie organique, géochimie physique, géographie physique, géologie du charbon, géologie de l'ingénieur, géologie des fonds marins, géologie mathématique, géologie du milieu ambiant, géomorphologie, géophysique des fonds marins, glaciologie, hydrogéologie, mécanique des roches, paléobotanique, palynologie, prospection géochimique, sédimentologie et télédétection.

Le Canada ne peut manifestement exceller dans tous les domaines géoscientifiques, mais le faible niveau d'activité en de si nombreux secteurs est cependant un peu inquiétant, particulièrement en raison du fait que plusieurs disciplines traitant spécialement des terrains canadiens ont des applications importantes pour le progrès matériel et régional du pays. Soulignons toutefois qu'un faible niveau d'activité dans une discipline donnée ne signifie pas nécessairement que la recherche soit de mauvaise qualité.

### **Domaines géoscientifiques intéressants particulièrement le Canada**

Certains traits particuliers, le pôle nord magnétique par exemple, n'existent qu'au Canada; d'autres existent ailleurs, tels le Bouclier précambrien, l'érosion et

la sédimentation glaciaires et les zones plissées, bien qu'ils soient particulièrement étendus ou bien exposés dans notre pays. Ainsi, la partie sud-ouest des Territoires du Nord-Ouest est l'une des régions du monde les plus calmes au point de vue sismique, ce qui en fait une région idéale pour l'étude des spectres énergétiques des séismes et des explosions nucléaires qui se produisent dans le monde. Le Canada doit non seulement se féliciter de posséder ces traits géologiques favorisant la recherche, mais à titre de puissance souveraine, il doit en mener une étude approfondie tant au point de vue théorique que pratique.

On a examiné les quarante-cinq principaux domaines géoscientifiques en vue de préciser leurs rapports particuliers avec des problèmes typiquement canadiens et de déterminer leurs promesses de prééminence internationale pour nos scientifiques. Parmi les facteurs favorisant le Canada, il y a sa vaste étendue, son climat froid, l'abondance des affleurements peu altérés par l'intempérisme, sa longue évolution géologique, les particularités de son «géorama», l'abondance et la diversité de ses richesses naturelles en comparaison d'autres pays.

Nous avons classé les principaux domaines répondant à plusieurs de ces critères comme *exceptionnellement favorables* à la recherche, alors que les domaines où les grandes dimensions du pays interviennent de manière primordiale ont été considérés comme *très favorables*.

Bien que les autres domaines ne soient pas particuliers au Canada, nous les considérons également importants pour le pays d'autant que l'un de ces domaines, la géologie pétrolière, emploie plus de géologues que tout autre. Nous pouvons nous attendre à des contributions canadiennes utiles dans ces derniers domaines, bien qu'elles ne puissent probablement pas être aussi importantes que celles de certains autres pays où une population plus nombreuse, une plus large base industrielle et un bon financement de la «macroscience» constituent des facteurs préférentiels. Le tableau III.1, qui

**Tableau III.1—Pertinence des domaines géoscientifiques pour le milieu physique canadien<sup>a</sup>**

Exceptionnellement favorables	Très favorables	Importants mais non particuliers au Canada
Étude du moskeg	Étude des courants géothermiques	Biogéochimie
Étude du pergélisol	Étude des cratères météoriques	Études magnétotelluriques
Géologie des gîtes minéraux	Géochronologie	Géochimie fondamentale
Géologie du Quaternaire <sup>b</sup>	Géodésie	Géochimie physique
Géomagnétisme	Géologie des fonds marins	Géologie de l'ingénieur
Glaciologie	Géologie minière	Géologie du milieu ambiant
Prospection géophysique	Géomorphologie <sup>c</sup>	Géologie pétrolière
Recherches sur le Précambrien	Géophysique des fonds marins	Géologie structurale
Tectonique du globe	Gravimétrie	Géophysique pétrolière
	Mécanique des roches	Hydrogéologie
	Mécanique des sols	Minéralogie
	Paléontologie	Paléobotanique
	Stockage et recherche automatique des données géoscientifiques	Palynologie
	Volcanologie	Pétrologie
		Photogéologie
		Prospection géochimique
		Sédimentologie
		Séismologie
		Stratigraphie
		Tectonophysique
		Téledétection

<sup>a</sup> Domaines rangés par ordre alphabétique dans chaque colonne.

<sup>b</sup> Comprend la palynologie du Quaternaire.

<sup>c</sup> Comprend la géographie physique.

reproduit cette classification, indique les domaines qui sont où qui pourraient constituer une spécialité canadienne en raison des avantages naturels de notre pays. Le tableau ne donne cependant pas de cote en fonction des besoins propres au Canada.

Ce tableau permet de choisir dix domaines géoscientifiques de la catégorie «exceptionnellement favorables» qui permettraient à nos savants d'exceller, alors que treize autres domaines sont «très favorables» en raison surtout de l'étendue du pays, et que vingt-deux autres domaines sont importants, mais ne sont pas particuliers au Canada. Nous exprimons donc la conclusion suivante:

### *Conclusion III.3*

*Les domaines suivants conviennent exceptionnellement à la recherche canadienne (dans l'ordre alphabétique): l'étude du moskeg, l'étude du pergélisol, la géologie des gîtes minéraux, la géologie du Quaternaire, le géomagnétisme, la glaciologie (neige et glace comprises), la prospection*

*géophysique, la recherche sur le Précambrien et la tectonique du globe.*

Le Canada contribue au progrès de la plupart des disciplines scientifiques dans la mesure où elles soutiennent l'économie et en tenant compte de ses ressources financières limitées et de sa population relativement faible. Cependant, dans les domaines qui conviennent de façon exceptionnelle à la recherche canadienne, tels ceux qu'on a énumérés ci-dessus, on devrait encourager un *développement préférentiel*, de manière à établir dès que possible la prééminence canadienne.

### **Importantes contributions canadiennes aux sciences de la Terre<sup>1</sup>**

Les savants canadiens font d'éminentes contributions dans cinq grands domaines

<sup>1</sup> Ce jugement se fonde essentiellement sur des réponses aux questionnaires envoyés aux départements universitaires de géologie, de géophysique et de géographie. Si on avait inclus plusieurs départements de génie civil (voir tableau I.2), la géotechnique aurait probablement occupé un rang différent.

géoscientifiques, soit dans l'ordre alphabétique:

1. La dérive des continents, la tectonique du globe et la tectonophysique.
2. La géochronologie régionale, en particulier celle du Précambrien.
3. La géologie des gîtes minéraux.
4. Le Précambrien.
5. La prospection minière, y compris la prospection géophysique et la mise au point des appareils de géophysique.

Les domaines précédents apparaissent dans plus de la moitié des réponses de 44 départements qui ont répondu à la question (sur 55 interrogés). Ils reviennent également dans les réponses provenant de l'industrie et des organismes publics et on les mentionne très souvent dans les mémoires et les exposés documentaires soumis à notre Groupe d'études.

Un *second groupe*, objet de contributions importantes, comprend les sujets figurant dans 25 à 50 pour cent des listes. Ce groupe comprend les domaines suivants, toujours par ordre alphabétique:

1. Les calcaires coralliens.
2. Les études des chaînes de la Cordillère canadienne.
3. L'étude des isotopes stables, du soufre en particulier.
4. L'étude du pergélisol.
5. L'étude du Quaternaire et du Pléistocène, et la géomorphologie.
6. La géophysique des fonds marins.
7. Les levés géophysiques régionaux, les levés aéromagnétiques en particulier.
8. La mécanique des sols.
9. Les processus de la glaciation et la mécanique des glaces.
10. La séismologie.

Un *troisième groupe* comprend les domaines figurant dans 10 à 25 pour cent des cas:

1. Les astroblèmes.
2. La géologie de la croûte terrestre.
3. Les méthodes géologiques de terrain.
4. La prospection géochimique.

Les exposés documentaires (voir annexe 4) indiquent plusieurs domaines très peu explorés ou en retard au Canada, en

particulier:

1. La biogéochimie.
2. L'étude des phénomènes magnétotelluriques.
3. La géochimie physique.
4. Le pergélisol.
5. La sédimentologie.
6. La télédétection.

### **Activités internationales des géoscientifiques canadiens**

L'image qu'on se fait généralement des géoscientifiques canadiens à l'étranger est celle d'excellents découvreurs de mines et d'experts en travaux sur le terrain. Cependant, au cours de la dernière décennie environ, leur réputation scientifique n'a cessé de se renforcer par suite de contributions majeures, théoriques et pratiques.

Cette reconnaissance internationale ressort du fait que le Canada sera l'hôte du XXIV<sup>e</sup> congrès international qui se tiendra en août 1972 à Montréal, où l'on attend plus de 6 000 délégués de 100 pays différents. Le Canada sera également l'hôte du XXII<sup>e</sup> congrès géographique international qui se réunira en août 1972 à Montréal, et pour lequel on prépare un important programme de géographie physique.

La Sixième conférence internationale de mécanique des sols et de génie des fondations, groupant 1 500 délégués, s'est tenue à Montréal en 1965. L'Union internationale de géodésie et de géophysique s'est réunie au Canada en 1957. De plus, des Canadiens ont présidé des Unions internationales des sciences de la Terre ainsi que d'importantes associations américaines dans la plupart des domaines géoscientifiques. Il est bon de noter que le premier président de l'Union internationale des sciences géologiques était un géologue canadien et qu'un autre Canadien fut président de l'Union internationale de géodésie et de géophysique lors de l'Année géophysique internationale de 1957.

### III.6 Les sciences de la Terre aux yeux du public

Les géoscientifiques et les responsables de l'industrie minérale sont enclins à se poser des questions touchant aux sciences de la Terre: Pourquoi la collectivité canadienne montre-t-elle peu d'intérêt envers le milieu ambiant et ses ressources, et les sciences qui y ont trait? Pourquoi n'enseigne-t-on pas généralement les sciences de la Terre dans nos écoles secondaires?

Pourquoi presque tous les Canadiens instruits, qui ne sont pas des géoscientifiques, sont-ils si ignorants du géorama canadien? Enfin pourquoi tant de départements de sciences de la Terre sont-ils logés dans des bâtiments si vieux et si peu engageants de nos complexes universitaires? En voulant répondre à ces questions, on est forcé d'admettre que les sciences de la Terre sont à peu près inconnues du public.

Le Conseil des sciences du Canada<sup>1</sup> souhaite que l'un des buts de la politique scientifique soit d'offrir «de plus nombreuses occasions de progrès individuel». Nous soutenons sincèrement cette idée, parce que l'épanouissement culturel des individus doit être l'un des objectifs principaux de toute nation.

Les hommes de science ont tendance à s'isoler du reste de la société et à oublier que le grand public, qui défraie une grande partie des coûts de la recherche scientifique, a besoin d'être renseigné sur les buts de la science et sur son rôle dans la société moderne. Les géoscientifiques canadiens n'y font pas exception, car ils n'ont fait que bien peu jusqu'à présent pour renseigner le grand public sur la nature des sciences de la Terre et sur leur contribution au progrès du pays. Trop souvent, on associe mentalement le géoscientifique aux escroqueries occasionnelles des cercles financiers du milieu minier ou pétrolier; d'ailleurs trop de gens ignorent que beaucoup d'activités géoscientifiques canadiennes ne sont pas liées à l'industrie minérale.

Les Canadiens commencent à s'intéresser à la politique scientifique à la suite

de l'activité du Conseil des sciences du Canada et de la Commission sénatoriale de la politique scientifique. «Cet intérêt public manifesté pour la science et la politique scientifique devrait rendre le spécialiste plus conscient de son rôle social et le pousser à exprimer plus clairement sa responsabilité en public».<sup>2</sup> Cette prise de conscience de la part des hommes de science et des ingénieurs s'est manifestée récemment par la création de l'organisme SCITEC (voir partie II.8).

Notre thèse est que *les sciences de la Terre sont les plus passionnantes pour le profane*. Les scientifiques devraient satisfaire la curiosité naturelle de l'homme pour son milieu ambiant, les montagnes et les vallées, les lacs et les rivières, les roches et les minéraux, les fossiles, la mer, le climat: bref, le monde qui l'entoure. Les sciences de la Terre sont dynamiques, elles offrent de nombreuses possibilités exaltantes. Il suffit de concevoir que notre milieu physique change continuellement sous l'effet de forces de la nature, que les continents ne sont pas immuables, que les fonds océaniques s'étendent, que la croûte terrestre s'enfonce par endroits et s'élève en d'autres, que les roches recèlent des vestiges qui remontent à des milliards d'années et que la vie humaine est le point culminant d'une évolution extrêmement longue et pénible dans un monde qui a été parfois très hostile.

Quiconque a observé les visiteurs d'un musée minéralogique et paléontologique sait que les beautés et les curiosités de la nature attirent des personnes de tous âges. Toutefois, les notions d'éternel remaniement de la Terre et des processus de transformation de la croûte terrestre au cours des temps géologiques sont encore plus passionnantes.

À mesure qu'il pénètre dans ce qu'on appelle la révolution post-industrielle l'homme dispose de plus de loisirs. Ne conviendrait-il pas que les Canadiens tirent plus de satisfactions de leurs voyages

<sup>1</sup>Rapport n° 4, *op. cit.*, p. 13.

<sup>2</sup>Wynne-Edwards, H. R. *Science, the moon and the mission*. Science Forum, décembre 1969.

et de leurs vacances, grâce à une meilleure compréhension du large éventail des phénomènes naturels se déroulant sous leurs propres yeux? Le profane qui possède des connaissances élémentaires de géologie n'apprécierait-il pas davantage la valeur de notre héritage naturel? N'est-il pas logique d'encourager les gens à s'intéresser aux minéraux, aux roches, aux fossiles? Ne pourrions-nous acquérir une vocation nationale pour les sciences de la Terre, non seulement dans un but de progrès scientifique mais également de développement culturel? Pour un pays aussi parsemé de formes terrestres, au géorama si divers (voir partie III.3) et si largement doté en richesses naturelles que le Canada, il y a certainement des avantages à choisir cette voie particulière de développement culturel.

Il y a manifestement de nombreuses façons d'infuser des connaissances scientifiques aux profanes et nous ne pouvons pas les étudier toutes dans ce rapport. Cependant, les propositions qui suivent montrent ce qu'on pourrait offrir aux profanes pour leur ouvrir les yeux sur le milieu ambiant:

1. Des conférences données à la télévision par d'éminents géoscientifiques sur les nouveaux aspects révolutionnaires des sciences de la Terre: l'extension des fonds océaniques, la dérive des continents, la surrection des montagnes, l'origine de la vie.

2. Des expositions dans les musées, ne consistant pas seulement en collections de fossiles, de minéraux et de roches, mais faisant apparaître schématiquement les processus d'évolution terrestre et représentant graphiquement les nombreux problèmes géoscientifiques non encore résolus.

3. Des films en couleurs illustrant les phénomènes géologiques et exposant leur importance pour l'homme.

4. Des guides de géologie décrivant les phénomènes naturels visibles dans les parcs nationaux et le long des routes.

5. Des cartes routières indiquant les emplacements présentant de l'intérêt pour les minéralogistes amateurs et les collec-

tionneurs de fossiles.

6. Des pancartes routières donnant des explications simples sur les caractéristiques géologiques qu'on peut observer en divers endroits.

7. Des communiqués de presse décrivant les phénomènes ou les catastrophes d'origine géologique qui se produisent dans le monde.

8. Des ouvrages de vulgarisation en géologie et autres sciences de la Terre.

9. Enfin, comme on l'expose dans les paragraphes suivants, un enseignement approprié des sciences de la Terre dans les écoles secondaires du Canada.

Il est évident que la communauté géoscientifique a le devoir de familiariser le public avec les sciences de la Terre et que l'industrie, les organismes publics et les universités ont un rôle majeur à jouer. Nous proposons donc que:

---

---

#### *Conclusion III.4*

*Les sociétés savantes devraient jouer un plus grand rôle pour familiariser le public avec les sciences de la Terre. Les organismes publics, l'industrie, les universités et les musées devraient collaborer activement pour présenter le géorama canadien au grand public et pour rendre ce dernier conscient de l'importance des activités géoscientifiques pour réaliser les objectifs du pays.*

---

---

### III.7 L'enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires du Canada

Nous pensons qu'il est éminemment souhaitable d'introduire un programme moderne de sciences de la Terre au niveau de 8<sup>e</sup> ou de 9<sup>e</sup> année, suivi d'un cours facultatif plus avancé en 12<sup>e</sup> ou en 13<sup>e</sup> année.

#### **Raisons favorisant l'enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires**

1. Les sciences de la Terre, de par leur nature même, offrent des perspectives de culture scientifique que la physique, la

chimie, les mathématiques ou la biologie ne peuvent offrir (voir section III.2).

2. L'enseignement dynamique des sciences de la Terre dans les écoles secondaires peut être très avantageux pour l'élève, qui acquiert ainsi une meilleure compréhension des principes fondamentaux des sciences pures, car les sciences de la Terre (y compris la météorologie) touchent de près le milieu environnant. L'enseignement des sciences en fonction du milieu ambiant présente deux avantages distincts.<sup>1</sup> Il offre à la fois un cadre général et un substrat commun à tous les sujets scientifiques.

a) Le *cadre général* est constitué par les problèmes de la matière, de l'espace, du temps et de l'énergie (voir section III.2) influençant le milieu terrestre, foyer des préoccupations humaines. Ce cadre cerne et illumine tous les domaines de la science. Ainsi, la biologie, la physique, la chimie et les mathématiques interviennent dans l'étude des matériaux et des processus qui façonnent notre milieu ambiant. L'astronomie, la géologie, la géophysique, la géochimie, l'océanographie, la géographie et la météorologie envisagent divers grands aspects de la connaissance scientifique de la Terre. Les exemples suivants illustrent l'approche pédagogique de divers scientifiques dans le cadre général du milieu ambiant:

Le *comportement des gaz* et les principes de la thermodynamique sont étudiés en fonction de l'atmosphère, du cycle hydrologique et du climat. L'analyse des phénomènes d'évaporation, de condensation, du rapport pression-température causant la formation des nuages, la pluie et le vent, ainsi que des modes d'action de l'énergie solaire, permet la combinaison fructueuse d'idées et de concepts qui ont trait au monde réel. On étudie les principes du comportement des gaz. On rend cette étude intéressante en rattachant les principes à des observations courantes qu'on perçoit alors sous une optique différente.

Les minéraux fournissent de magnifiques exemples de la *structure des solides*. Tous les élèves sont fascinés par le

mode de clivage du mica en minces lamelles, par les excellentes propriétés du diamant et à l'opposé, par la très faible dureté et l'éclat terne du graphite, autre minéral constitué de carbone. L'élève qui découvre seul la constance des angles entre deux faces des cristaux d'un même minéral, quels que soient sa provenance, son âge ou sa dimension, est naturellement intrigué par cette régularité de structure des solides. Cette découverte le dispose à en apprendre davantage sur la structure atomique et sur ses rapports avec les propriétés de la matière. Il se rend compte que «les choses réagissent selon leur mode d'association» et se familiarise avec les matériaux qui constituent la masse de la croûte terrestre, les minéraux qui alimentent notre aisance, les sols qui sustentent la végétation. Ces connaissances étayent ensuite ses études ultérieures sur les autres aspects du milieu ambiant, le relief, les caractéristiques de l'érosion et de la sédimentation qui, de concert avec les facteurs météorologiques, remanient les matériaux du sol.

La *radioactivité* peut être enseignée non seulement au point de vue des explosions nucléaires mais aussi en fonction de son utilisation pour déterminer l'âge absolu des matériaux de l'écorce terrestre. Comme pour d'autres sujets scientifiques, on peut étudier celui-ci sans s'occuper des applications en géologie, d'une façon théorique et plus ou moins aride. Mais comme il peut être passionnant pour l'élève de découvrir que certains minéraux contiennent de minuscules horloges géologiques qui permettent aux géoscientifiques de calculer leur âge, parfois des milliards d'années! Ainsi l'élève apprécie mieux la durée des temps géologiques et ce que peut accomplir la nature au cours de centaines de millions d'années.

On peut enseigner ces trois sujets, comportement des gaz, structure des solides et radioactivité, dans un cours moderne de sciences de la Terre, tout comme on

<sup>1</sup>Nombre de ces idées sont tirées de l'article de R.E. Bisque, *Why teach earth science in our secondary schools*, Bulletin ESCP, n° 12, pages 1-2, juillet 1966.

pourrait le faire dans un cours scientifique habituel, mais en offrant quelque chose en plus: leurs rapports avec le milieu ambiant. Ce cadre général du milieu environnant constitue donc le thème autour duquel on peut organiser l'enseignement des sciences.

b) Le *substrat* des sciences, c'est la Terre, la Lune, les quasars, l'univers. Pour le jeune élève, c'est la Terre qui constitue le sujet central. Cependant cette étude va de l'atome à l'univers et donne des notions d'*échelle*, à la fois dans le *temps* et dans l'*espace*, cadres de référence passionnants! Avec les récentes missions lunaires, ce cadre revêt une importance particulière, surtout quand l'élève apprend par exemple qu'un des minéraux trouvés dans les roches lunaires est la *bytownite*, un feldspath auquel T. Thomson (en 1836!) a donné l'ancien nom de notre capitale nationale.

3. Un autre aspect important de cet enseignement est l'accent mis sur les travaux pratiques, non seulement en classe mais aussi en plein air, ce qui permet au jeune scientifique de découvrir lui-même les lois de la nature. L'élève progressant par des découvertes personnelles, le professeur peut facilement orienter l'étude et proposer des recherches complémentaires. On cherche à découvrir et non à exposer les connaissances acquises. La méthodologie devient ainsi investigatrice et s'axe sur l'expérience. Un cours de sciences de la Terre se prête aussi bien à l'approche investigatrice que n'importe quel autre cours de sciences, et même mieux si on tient compte des excursions sur le terrain, de l'accès aisé aux matériaux terrestres et de l'observation facile des processus naturels.

4. L'étude des sciences de la Terre au niveau secondaire permet d'aborder facilement certains problèmes actuels, pollution de l'air et de l'eau, modifications météorologiques, missions spatiales, dessalement de l'eau de mer, alimentation en eau de nos villes en expansion continue, défiguration du paysage, catastrophes naturelles, navigation des pétroliers étrangers dans nos eaux arctiques, et une

foule de sujets qui concerneront plus tard l'électorat formé par la jeune génération.

5. Cet enseignement sera avantageux tant pour l'élève qui poursuivra ses études au collège technique ou à l'université que pour celui des classes terminales. Il montre d'importants aspects des sciences fondamentales et l'application des connaissances à l'avantage de l'homme. L'élève comprend que la recherche scientifique peut être intéressante et rémunératrice. Ainsi, l'élève peut découvrir à son tour que les objets clairs et sombres absorbent différemment l'énergie solaire; grâce à une source lumineuse, deux thermomètres et deux boîtes, l'une noire, l'autre brillante, il peut observer que les différences de densité de l'air provoquent des déplacements qu'on peut mettre en évidence en projetant de la poussière de craie ou de la fumée dans le voisinage; l'étude des vents provoqués par un réchauffement solaire inégal des masses terrestres et marines en découle naturellement.

6. Grâce à des notions de paléontologie, l'élève peut concevoir l'évolution de la vie sur notre planète, élément culturel important.

7. Si on les enseigne de façon appropriée, les sciences de la Terre peuvent améliorer sensiblement l'attitude des élèves envers les sciences en général. La somme d'expérience acquise aux États-Unis (voir la section suivante) montre bien que l'étude des sciences de la Terre avant l'université améliore nettement les aptitudes scientifiques des étudiants. En particulier, ce cours les aide à affiner leurs facultés d'observation scientifique et améliore leur raisonnement par induction.

8. Cet enseignement au niveau secondaire aide également l'élève à choisir sa carrière future. Ceci est d'importance particulière pour le Canada qui souffre d'une pénurie chronique d'ingénieurs des mines et de géoscientifiques et dont l'industrie minière est en butte à une grave pénurie de main-d'œuvre spécialisée (voir section II.2). *Nous croyons que la faiblesse des effectifs d'étudiants en scien-*

ces de la Terre dans les universités canadiennes provient surtout de l'ignorance des élèves de l'enseignement secondaire à leur sujet. Lors de l'inscription à l'université il est souvent trop tard pour choisir ces domaines qui sont si importants pour notre pays.

9. Enfin, nous pensons que l'enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires encouragerait nombre d'élèves brillants à choisir cet important domaine scientifique. Considérant les débouchés considérables offerts par les sciences de la Terre au Canada, en recherche comme en géologie appliquée, il serait avantageux qu'une plus grande partie de l'élite étudiante fasse carrière dans ce domaine.

### **Le programme scolaire des sciences de la Terre (ESCP) aux États-Unis**

En mai 1963, l'Institut géologique américain mit en route ce programme au coût de plusieurs millions de dollars et il a fallu plus de quatre ans pour le mettre au point. On a préparé les matériaux pédagogiques avec la collaboration d'un groupe prestigieux de spécialistes qui ont rédigé des éléments du texte préliminaire au cours de séances d'été. On a mis ces matériaux à l'essai dans des écoles secondaires choisies dans tous les États-Unis, après quoi les professeurs d'enseignement secondaire ont exprimé leurs critiques et leurs suggestions. On a alors refondu le manuel d'enseignement et on l'a publié en volumes préliminaires pour une répartition plus vaste, obtenant ensuite l'évaluation des professeurs. En 1967, la firme Houghton Mifflin publia les quatre nouveaux volumes—manuel de l'élève, manuel de travaux pratiques de l'élève et deux livres du maître sous le titre d'ensemble: *Investigating the Earth* (Étude de la Terre).

Le programme ESCP destiné aux élèves de 9<sup>e</sup> année utilise toutes les techniques existantes pour rendre le sujet intéressant, substantiel et pertinent. Le manuel est à jour, et traite de sujets tels que la dérive des continents. On propose à l'élève quelques «problèmes non résolus»

pour développer sa perception, son imagination et son raisonnement déductif.

Le manuel de l'élève est un manuel de sciences, attrayant et très bien illustré. Il comprend des sections sur l'évolution de la Terre (ses matériaux constitutifs, sa forme, ses mouvements, les forces internes et l'énergie accumulée), les cycles terrestres (atmosphérique, océanique, superficiel et souterrain), l'histoire du globe (relations stratigraphiques et géochronologiques, les règnes vivants actuels et anciens), la formation des continents, l'évolution du relief, et la position de la Terre dans l'espace. La méthode, que des travaux de laboratoire complètent, est scientifique et elle utilise les principes et les méthodes de la géologie, de l'astronomie, de la physique, de la chimie, de la biologie et des mathématiques. Bref c'est un manuel hors ligne.

L'ESCP est financé par la Fondation nationale des sciences aux États-Unis dont c'est l'une des plus récentes opérations de refonte de programme. Les dépenses totales de la NSF en 1963 ont atteint 320 millions de dollars dont plus de 40 millions étaient destinés à des cours d'été aux instituteurs et professeurs du secondaire surtout, afin d'améliorer l'enseignement dans les écoles primaires et secondaires. En 1969, la NSF a parrainé 41 cours d'été pour l'ESCP et les sciences de la Terre.

### **Répercussions du programme scolaire des sciences de la Terre aux États-Unis**

On peut évaluer ces répercussions d'après le travail des élèves et le succès des cours. D'après l'Institut géologique américain, les résultats du questionnaire de connaissances scientifiques (TOSK) des étudiants de propédeutique ayant bénéficié de l'ESCP au secondaire montrent qu'ils possédaient déjà des aptitudes scientifiques équivalentes à celles d'étudiants de propédeutique ayant suivi un programme secondaire de chimie, de physique et de biologie. *Les résultats indiquent que le programme ESCP améliore fortement l'ouverture d'esprit et les aptitudes scientifiques des étudiants.*

Par ailleurs l'ESCP a connu une vaste expansion depuis son instauration; de tentative pédagogique, il est devenu un élément normal du programme des premières années de l'enseignement secondaire aux États-Unis. Ainsi, dans l'État d'Oklahoma, on enseignait en 1962-1963 les sciences de la Terre dans 18 écoles; en 1968-1969 ce nombre était passé à 162. Dans l'État d'Ohio, il y avait 60 enseignants de sciences de la Terre en 1963-1964; au début de 1969, il y en avait plus de 600.<sup>1</sup> *De 1968 à 1969, le nombre des étudiants en sciences de la Terre dans les écoles secondaires américaines s'est accru de presque 100 000 en 9<sup>e</sup> année seulement, atteignant 841 422 en 1969.*<sup>2</sup> *L'effectif actuel approche des prévisions de 1963, soit 33 pour cent de tous les élèves de 9<sup>e</sup> année. Fait significatif, on estime qu'en 1969 environ 18 000 maîtres enseignaient les sciences de la Terre dans les écoles secondaires américaines, comparativement à 2 500 en 1963, et plus de 350 000 étudiants américains de 9<sup>e</sup> année utilisaient le manuel de l'ESCP et matériaux didactiques connexes.*<sup>3</sup>

### **Un nouveau cours sur le Temps, l'Espace et la Matière**

En ces dernières années, on a également mis au point aux États-Unis un nouveau cours intitulé «*Le Temps, l'Espace et la Matière*» qui, sans être exclusivement ou même principalement un cours de sciences de la Terre, n'en utilise pas moins une méthode d'enseignement des sciences fondamentales tant soit peu analogue à celle de l'ESCP. Un tel cours a pu être mis au point grâce à l'appui financier de la Fondation nationale des sciences des États-Unis et au concours de spécialistes en enseignement des sciences de l'Université Princeton et de l'Université Rutgers.

Au lieu de raconter bonnement les vertus de la science et ses réalisations, on incite l'élève à *faire de la science*. Le cours consiste en une série de neuf études thématiques intimement reliées, qui procurent à l'élève l'occasion de se familiariser avec le monde physique qui l'entoure et

de s'interroger sur sa longue évolution.<sup>4</sup> Les thèmes étudiés suivent un ordre naturel, sorte de fil conducteur, et l'élève fait ses propres observations et en tire ses conclusions. Ces thèmes sont les suivants:

1. La découverte du milieu ambiant...la matière et le mouvement
2. La découverte de la Terre...un aperçu de sa composition
3. Du microcosme au macrocosme... la perception de l'univers
4. La notion de précision...la nature des observations scientifiques
5. Les dimensions et le mouvement de la Terre...la mesure du temps, de l'espace et de la matière
6. La surface terrestre...les évidences d'un perpétuel changement
7. Le Grand Canyon du Colorado... une étude plus détaillée des phénomènes terrestres
8. La surface lunaire...des vestiges d'un long passé
9. Le monde des planètes...les phénomènes à très grande échelle

Le contenu du cours se trouve résumé dans des Livrets du maître, un pour chaque étude thématique, de façon à permettre aux enseignants de diverses disciplines de se familiariser avec la matière au programme. Quant à l'étudiant, à mesure qu'il progresse dans chaque étude, il enregistre ses observations et ses interprétations dans son Cahier de notes. Il utilise aussi le Livret d'étude qui lui est fourni pour chacun des thèmes étudiés; de tels livrets consistent presque entièrement en photographies, ce qui permet à l'élève de pouvoir observer et interpréter des phénomènes naturels qui seraient hors de sa portée. Le choix, l'ordre et la juxtaposition des illustrations fournissent une partie de la «preuve» recherchée dans chaque étude.

<sup>1</sup>Selon le Bulletin de l'ESCP, n° 19, mai 1969.

<sup>2</sup>Bulletin de l'ESCP n° 20, page 12, septembre 1969.

<sup>3</sup>Selon le Bulletin des Enseignants de l'ESCP, novembre 1969.

<sup>4</sup>*Time, Space, and Matter...investigating the physical world*, une brochure documentaire publiée par l'Université Princeton en 1968.

«Le but du cours est de créer un milieu approprié au sein duquel l'élève peut apprendre des principes scientifiques fondamentaux tout en travaillant à répondre à des questions et à résoudre des problèmes qui soulèvent sa curiosité et éveillent son intérêt. Non seulement l'élève peut-il ainsi acquérir des connaissances scientifiques générales et spécialisées, mais il s'initie aux méthodes scientifiques, se familiarise avec les techniques qui lui permettront de résoudre des problèmes, et développe le goût de parfaire lui-même ses connaissances».<sup>1</sup>

### **État actuel de l'enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires canadiennes**

Par comparaison aux 18 000 enseignants des sciences de la Terre des États-Unis, nous estimons que moins de 100 professeurs enseignent la géologie ou les sciences de la Terre dans les écoles secondaires de tout le Canada.<sup>2</sup> D'après nos sources d'information, deux provinces seulement offrent un cours qui comprend les sciences de la Terre ou la géologie, ne serait-ce même que dans son titre. Dans la plupart des écoles secondaires, on enseigne des «bribes et des miettes» de sciences de la Terre dans des cours de sciences ou de géographie donnés par des professeurs qui très souvent en savent très peu sur les sciences modernes de la Terre ou ne manifestent aucun intérêt. L'enseignement des sciences de la Terre par «des géographes à formation et orientation littéraires» est manifestement insuffisant parce que ces professeurs n'ont pas eu une formation adéquate en sciences et en mathématiques, sans parler de leur expérience des sciences de la Terre elles-mêmes. De plus, ce qui accroît notre insatisfaction, c'est que dans la province où les sciences de la Terre; sont convenablement enseignées dans les écoles secondaires, les universités n'accordent généralement pas de points (crédits) à l'entrée pour les élèves ayant suivi le cours. Ce n'est certainement pas une situation saine pour un pays comme le nôtre, dont les nombreuses entreprises nationales et régionales

dépendent largement des sciences de la Terre.

Considérant cette situation, les arguments qui précèdent, la documentation considérable réunie dans ce rapport ainsi que les nombreux points de vue exprimés, nous soumettons cette conclusion qui est peut-être la plus importante:

---

---

#### *Conclusion III.5*

*Les ministères provinciaux de l'éducation devraient encourager et faciliter l'enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires afin que les élèves se rendent compte des rapports de ces sciences avec le monde matériel environnant et qu'ils apprennent les principes fondamentaux des sciences (physique, chimie et autres disciplines) en se référant au milieu où vit l'homme. Les universités devraient contribuer à ce progrès en aidant à la formation des maîtres et à la préparation des moyens audio-visuels et des manuels requis pour un enseignement moderne et dynamique de ces sciences.*

---

---

#### **Proposition de l'enseignement des sciences de la Terre au niveau secondaire**

L'introduction des sciences de la Terre dans le programme d'enseignement des écoles secondaires canadiennes ne peut manifestement pas se réaliser du jour au lendemain. Toutefois, si nous avons à cœur de découvrir les jeunes talents et de préparer la prochaine génération de nos savants, il nous faut dès maintenant réorienter l'enseignement des sciences au niveau secondaire vers la connaissance scientifique du milieu ambiant, et il faut développer une méthodologie axée sur la

<sup>1</sup> Pallrand, G. *Time, Space, and Matter*. Bulletin de l'ESCR n° 19, p. 11 et 12, mai 1969.

<sup>2</sup> Dans un relevé des professeurs de sciences des écoles secondaires au Canada en 1965-1966, le doyen A.B. Van Cleave, de l'Université de la Saskatchewan, compte (Chemistry in Canada, octobre 1967) 2 327 enseignants de sciences parmi lesquels 81 seulement enseignaient la géologie, 10 d'entre eux n'ayant aucune formation universitaire! D'après le doyen Van Cleave, si on exigeait de tous ces enseignants l'équivalent d'au moins quatre cours universitaires dans leurs spécialités d'enseignement, moins de la moitié des enseignants de sciences dans les écoles secondaires canadiennes seraient qualifiés.

solution de problèmes concrets. Nous devons briser les barrières entre la physique, la chimie, les mathématiques et le monde réel dans lequel vit l'élève. Afin que les sciences soient enseignées dans le contexte de la découverte scientifique du milieu ambiant, nous proposons que les sciences de la Terre soient officiellement inscrites au programme. Les mesures suivantes permettront une telle réforme:

1. Un groupe d'enseignants des sciences de la Terre (GEST) devrait être constitué dans chacune des provinces, ayant pour mandat:

a) d'évaluer la qualité de l'enseignement des sciences de la nature dans les premières années de l'enseignement secondaire;

b) de faciliter le dialogue entre universitaires et professeurs du secondaire s'intéressant à l'enseignement des sciences de la Terre et de les encourager à mener une action concertée;

c) d'obtenir des industriels et des corps publics s'intéressant à l'exploitation des richesses naturelles des avis importants sur l'introduction des sciences de la Terre dans le programme de cours du niveau secondaire;

d) de faire les représentations nécessaires aux ministères de l'éducation et de faire entériner par eux la recommandation III.5 ci-dessus.

2. Une fois officiellement reconnu, chaque GEST devrait entreprendre au plus tôt les études nécessaires et soumettre au ministère de l'Éducation pertinentes recommandations concernant les sujets suivants:

a) les programmes de formation géoscientifique des maîtres, y compris les cours d'été du genre de ceux du programme scolaire américain des sciences de la Terre (ESCP);

b) les meilleurs manuels d'étudiants et livres du maître en sciences de la Terre;

c) le matériel de laboratoire le plus approprié;

d) les meilleurs films géoscientifiques et autres moyens audio-visuels disponibles.

3. *Nous recommandons au Conseil canadien des Ministres de l'Éducation de te-*

*nir en 1971 un colloque national sur les sciences de la Terre, dans les buts suivants:*

a) obtenir une vue d'ensemble des efforts déployés dans chaque province pour l'enseignement des sciences de la Terre au niveau secondaire;

b) analyser la manière d'intégrer le plus harmonieusement possible les sciences de la Terre au programme d'enseignement des sciences naturelles dans les premières années de l'enseignement secondaire;

c) étudier l'organisation du programme américain ESCP et en apprécier la portée pédagogique et scientifique;

d) étudier la possibilité d'introduire un cours plus avancé de sciences de la Terre au niveau des dernières années de l'enseignement secondaire, à l'intention des élèves qui entendent continuer leurs études à l'université;

e) établir une perspective de la demande de techniciens dans l'industrie minière et évaluer les besoins d'enseignement des techniques minières dans les écoles techniques et les collèges d'enseignement professionnel;

f) obtenir des suggestions et des recommandations au sujet de l'enseignement des sciences de la Terre au niveau secondaire, et recueillir les vues des sociétés savantes à ce sujet.

4. *Nous recommandons également que les ministères provinciaux de l'éducation, de concert avec le gouvernement fédéral, élaborent un programme national de formation des maîtres destiné à améliorer l'enseignement des sciences de la nature au niveau secondaire.* En plus de fournir un soutien financier adéquat par la formation des maîtres, ce programme devrait viser la préparation d'un plus grand nombre de manuels, de films et de moyens audio-visuels à teneur canadienne.

5. Afin d'introduire les sciences de la Terre le plus rapidement possible dans le programme du cours secondaire, nous proposons que le manuel américain *Investigating the Earth* soit adopté tel quel durant les cinq prochaines années environ.

6. Les associations géoscientifiques canadiennes devraient mener immédiate-

ment une enquête afin de savoir s'il y aurait lieu d'entreprendre la préparation d'un manuel de sciences de la Terre, qui soit essentiellement canadien tant par son contenu que par les desseins des auteurs, et qui convienne à l'enseignement dans les écoles secondaires.

7. Les associations géoscientifiques canadiennes devraient voir immédiatement à la préparation d'un manuel canadien de travaux pratiques en sciences de la Terre, qui mette l'accent sur les traits géologiques du pays et qui convienne à l'enseignement au niveau secondaire. La Fondation géologique du Canada et l'industrie extractive canadienne pourraient peut-être fournir les fonds nécessaires à l'élaboration d'un tel manuel.

### III.8 Rôle des universités pour l'enseignement et la formation géoscientifiques

Les universités jouent un rôle majeur dans la société moderne. On peut dire que leur activité est double: *transmission des connaissances* par l'enseignement et la formation professionnelle et *élaboration de nouvelles connaissances* par la recherche. Dans la présente section, nous allons étudier la première de ces deux fonctions essentielles en insistant particulièrement sur la formation d'un personnel destiné à satisfaire les besoins du pays.

#### **Les universités et la formation des géoscientifiques**

La prise en charge totale par les administrateurs d'université de la fonction «d'enseignement et de formation» leur impose d'agir en accord avec les besoins nationaux en spécialistes. On peut exprimer ces besoins actuels et futurs sous forme de nombre de diplômés spécialisés et de scientifiques, mais également, et c'est tout aussi important, en fonction du genre et de la compétence des diplômés. Comme l'industrie extractive est de loin celle qui emploie le plus grand nombre de géoscientifiques au Canada (voir tableau II.5), le corps enseignant doit être particulièrement conscient des besoins en per-

sonnel de cette très importante industrie. Le corps enseignant doit également collaborer étroitement avec les organismes publics, dont la mission essentielle consiste à favoriser le progrès économique et social du Canada. L'isolement du corps enseignant dans une tour d'ivoire serait nuisible à la formation des effectifs de spécialistes, objectif malheureusement très difficile à cerner de façon réaliste et quantitative.

*Selon notre relevé, il est évident que les universités canadiennes ne forment pas suffisamment de spécialistes pour répondre aux besoins de la plupart des domaines géoscientifiques.* Il s'est produit, au cours des cinq dernières années, une pénurie de ces spécialistes, en particulier dans le secteur de la prospection minière. L'industrie, les organismes publics et les universités ont dû recruter à l'étranger pour faire face à leurs besoins. Cette pénurie est particulièrement aiguë en géologie et en géophysique. On peut décrire la crise des effectifs à l'aide des statistiques suivantes:

#### *Géologie*

1. Le nombre des géologues ayant immigré au Canada en 1968 (voir tableau II.8) est supérieur au nombre total des diplômés en géologie (à tous les cycles) de toutes les universités canadiennes réunies (voir tableau II.38), autrement dit de 30 départements.

2. Alors que le nombre des géologues de l'industrie extractive canadienne s'est accru de 215 par an au cours de la période 1964-1968, le nombre moyen de diplômés en géologie qui sont entrés sur le marché du travail au cours de la période 1966-1968 n'était que de 162 par année: 93 bacheliers, 39 titulaires d'une maîtrise et 30 titulaires d'un doctorat. Seulement 95 d'entre eux sont entrés chaque année dans l'industrie extractive, représentant 59 pour cent de ceux qui ont pénétré dans le marché du travail et 44 pour cent des nouveaux géoscientifiques engagés par l'industrie extractive.

3. Le nombre total des géologues au Canada étant actuellement de l'ordre de 3 400 (tableau II.5), un taux de remplace-

ment de 3 pour cent (pour compenser les retraites, les décès, etc.) nécessite la formation de 100 nouveaux diplômés en géologie chaque année. Ce nombre représente plus de la moitié des diplômés en géologie qui se présentent sur le marché du travail chaque année!

4. Les plus importants ministères provinciaux des mines, ceux du Québec et de l'Ontario en particulier, nous ont signalé qu'ils éprouvaient des difficultés à attirer des candidats compétents pour remplir leurs postes vacants de géoscientifiques.

5. On estime qu'au cours de la période 1966-1968, le corps enseignant des départements de géologie au Canada a augmenté en moyenne de 30 professeurs par année, soit le nombre moyen de doctorats en géologie accordés dans toutes les universités canadiennes.

6. Une évaluation des besoins en effectifs géoscientifiques devrait également tenir compte des besoins de l'industrie du bâtiment, des activités pédologiques, de l'enseignement secondaire<sup>1</sup>, de l'aide à l'étranger, etc. Malheureusement, nous ne possédons pas de bonnes statistiques sur ces besoins; nous pouvons cependant évaluer la demande totale dans ces autres domaines d'emploi à plus de 100 géologues par année.

7. La figure II.17 illustre les variations cycliques du nombre de diplômés en géologie, qui découlent largement des variations cycliques de la demande en géologues des sociétés de prospection minière et pétrolière (voir la section IV.6). Le nombre de bacheliers se trouve toujours déphasé par rapport à la demande, de sorte qu'il y a pénurie de diplômés en géologie lorsqu'on en a le plus besoin, et qu'il y en a amplement lorsque la demande de l'industrie a considérablement fléchi.

8. *Il ressort de nos statistiques pour la période 1948-1969 que l'addition d'un professeur aux effectifs universitaires en géologie a permis la formation de 1.4 diplômé supplémentaire par année.* Sur la base des données du rapport Jackson<sup>2</sup> (p. 10) et du rapport Macdonald<sup>3</sup> (p. 57), et tenant

compte d'un décalage de 2 années, nous estimons que l'actuel «rendement en bacheliers» des départements de sciences physiques et de génie au Canada est de 1.9, comparativement à 1.1 pour les départements de géologie (les titulaires d'une maîtrise et d'un doctorat étant exclus). La différence de rendement est due en partie au grand nombre d'étudiants non spécialisés recevant un enseignement en géologie (en 1968, les 278 professeurs de géologie ont donné des cours à 6 804 étudiants non spécialisés) alors qu'en général les professeurs des départements de génie n'enseignent qu'à des étudiants en génie. Une autre cause de l'écart est que plusieurs départements de géologie au Canada se sont portés vers les études supérieures et la recherche, négligeant pour cela les efforts pour attirer et former un plus grand nombre d'étudiants au 1<sup>er</sup> cycle.

9. Enfin, il faut remarquer qu'une forte proportion des étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles des départements de géologie proviennent de l'étranger. En 1968, cette proportion se chiffrait à 44 pour cent, soit la proportion d'étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles de tous les départements de sciences physiques et de génie qui, en 1968, n'étaient ni Canadiens ni immigrés.<sup>4</sup> Bien que le Canada se reconnaisse une certaine dette culturelle envers les autres pays industrialisés et que la présence d'étudiants diplômés de diverses nationalités dans nos départements de géologie offre de grands avantages, nous pensons

<sup>1</sup>Aux États-Unis, le nombre de professeurs en géosciences des écoles secondaires s'ajoutant chaque année aux 2 500 professeurs de 1963 est passé de 1 000 en 1964 à 3 000 en 1968, alors que le nombre des diplômés de quatrième année en géologie est passé de 1 800 en 1964 à 2 400 en 1968. ESCP Newsletter N° 19, page 2, mai 1969.

<sup>2</sup>Jackson, R.W., D.W. Henderson et B. Leung. *Études de base relatives à la politique scientifiques. Projections des effectifs et des dépenses R & D.* Conseil des sciences du Canada. Étude spéciale n° 6, 94 pages, Ottawa, Imprimeur de la Reine, 1969.

<sup>3</sup>Macdonald, J.B., et autres. *Le gouvernement fédéral et l'aide à la recherche dans les universités canadiennes.* Conseil des sciences du Canada, Étude spéciale n° 7, 397 pages, Ottawa, Imprimeur de la Reine, 1969.

<sup>4</sup>Bonneau, L.P. et autres. *Prospective des ressources en effectifs et en fonds de recherche, 1968-1972.* Rapport du Comité de prévision, Conseil national de recherches, p. 52, Ottawa 1969.

que la proportion des étudiants étrangers aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles est actuellement trop élevée. Nous estimons qu'une proportion de 25 pour cent serait préférable (elle est de 18 pour cent aux É.-U.) et nous demandons aux départements de géologie d'augmenter leurs efforts au niveau du 1<sup>er</sup> cycle de manière à accroître la proportion d'étudiants canadiens au 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles.

### Géophysique

1. La situation du marché de l'emploi en géophysique est même pire qu'en géologie. Pour un pays qui est au premier rang dans le monde pour son activité géophysique en prospection minière (voir chapitre IV) et qui abrite à Calgary le plus imposant groupe de géophysiciens du monde occidental après celui d'Houston au Texas, le nombre de géophysiciens diplômés en 1968 était très faible. Pour cette année nullement exceptionnelle, les universités n'avaient décerné que 27 baccalauréats, 18 maîtrises et 10 doctorats dans sept départements (dont plusieurs sont orientés vers la physique de la lithosphère et de la barysphère plutôt que vers la prospection géophysique).

2. D'après notre relevé, les effectifs de l'industrie ont augmenté de 55 géophysiciens par année au cours de la période 1964-1968 (ce qui équivaut à l'ensemble des diplômés en géophysique en 1968). Ce chiffre représente une augmentation annuelle de 8 p. 100 de l'effectif total d'environ 700 géophysiciens (tableau II.5), comparativement à une augmentation annuelle de 6 p. 100 du nombre des géologues de l'industrie extractive. Par contre, moins de 12 diplômés en géophysique sont entrés chaque année dans l'industrie extractive au cours de la période 1966-1968, c'est-à-dire à peine assez pour assurer le maintien des effectifs. En dépit de ces faits, on a dépensé 123 millions de dollars en 1968 pour la prospection géophysique au Canada, soit une augmentation de 66 millions de dollars par rapport aux dépenses de 1964 (tableau II.17). Il est donc évident que les universités canadiennes ne forment pas suffisamment de géophysiciens diplômés pour faire face aux

besoins du pays.

3. La figure II.17 montre que le nombre de bacheliers en géophysique est resté au même faible niveau au cours des vingt dernières années. Par ailleurs, au cours de la même période 1948-1968, le nombre des maîtrises ès sciences géophysiques décernées est passé de 6 à 18 par an et le nombre des doctorats de 1 à 10. *En d'autres termes la répartition des diplômés en géophysique n'a guère de rapport avec l'importance de la géophysique dans notre pays, tant pour la prospection que pour les recherches en physique du globe, sans mentionner l'importance de la géophysique dans les programmes d'aide aux pays en voie de développement.*

4. Un trait de la géophysique canadienne, qui ne se retrouve guère dans d'autres pays, est qu'une grande partie de l'enseignement et de la recherche universitaire en géophysique relève de départements de physique plutôt que de départements de sciences de la Terre (voir section II.7). En dépit de l'orientation plutôt théorique des études supérieures dans ces départements, cette situation a été bénéfique dans l'ensemble à cause de l'excellence des programmes d'études et du fait qu'un nombre appréciable de diplômés en physique et en certaines branches du génie ont ainsi été attirés à choisir une carrière en géophysique. Il est à remarquer que les géophysiciens au sein des départements universitaires de géologie jouent aussi un rôle essentiel dans la formation des géophysiciens par l'industrie. À cet égard, il y a lieu de revoir la situation de la géophysique à l'Université McGill, qui se trouve associée au génie minier. *Nous croyons qu'il serait avantageux, à la fois pour l'Université McGill et pour l'industrie minière, que la géophysique dans cette institution soit intégrée au département de sciences géologiques plutôt qu'à celui de génie minier.*

### Géographie physique

La situation dans ce domaine est un peu meilleure qu'en géophysique et en géologie, par suite des possibilités d'emploi limitées. Cependant, le nombre des diplômés

més en géographie physique ne semble pas dépasser la demande. Ainsi, fin 1969, les universités canadiennes étaient à la recherche de plus de dix nouveaux professeurs de géographie physique, détenteurs d'un doctorat, alors que les établissements canadiens n'ont formé que *quatre* docteurs dans ce domaine en 1968. L'insuffisance du nombre de diplômés en géographie physique s'illustre également par la forte proportion du corps enseignant formée à l'étranger, en dépit de tous les avantages naturels du Canada dans le domaine de la géomorphologie.

#### *Autres domaines géoscientifiques*

Nous ne possédons pas de statistiques dignes de foi sur ces autres domaines, mais nous croyons bien que *les diplômés canadiens en hydrogéologie, en mécanique des roches, en physique et en chimie des sols et en biogéochimie ne sont pas en nombre suffisant pour répondre aux besoins du pays*, sans parler des besoins des programmes d'aide extérieure du Canada (voir chapitre VIII). Par contre, les universités ont acquis une solide compétence en *mécanique des sols* et semblent former un nombre suffisant de diplômés dans cet important domaine, en partie parce que cette spécialité est rattachée aux départements de génie civil et non aux départements géoscientifiques (lesquels ont éprouvé des difficultés à attirer un nombre suffisant d'étudiants). Enfin, probablement à cause d'une faible demande de l'industrie et des organismes publics et de l'inattention des administrateurs universitaires, le nombre d'étudiants ayant acquis une formation canadienne dans les domaines importants et en progrès rapide de la *géologie des régions urbaines, de la géologie des terrains nordiques, de la géologie de l'ingénieur, et de l'utilisation polyvalente des terrains*, est insuffisant. En conséquence, nous sommes d'avis que:

---

#### *Conclusion III.6*

*Les universités canadiennes ne forment pas des effectifs suffisants dans la plupart des domaines des sciences de la Terre; elles n'offrent pas non plus tout l'éventail des*

*spécialisations dont le pays a besoin. Elles devraient s'efforcer de remédier à cette situation, et en particulier elles pourraient loger les départements de sciences de la Terre dans des locaux plus appropriés, encourager un plus grand nombre d'étudiants à opter pour une carrière géoscientifique, adapter les programmes d'enseignement de façon à mieux subvenir aux besoins du pays, et promouvoir l'enseignement d'un cours moderne de sciences de la Terre au niveau secondaire.*

---

#### **Estimation des besoins futurs en effectifs géoscientifiques**

Nous avons déjà indiqué au tableau II.9 qu'un total d'environ 515 nouveaux géoscientifiques seraient requis chaque année jusqu'en 1972, si l'on désire satisfaire les besoins du pays. Il s'agit là d'une estimation fondée sur l'expérience des années 1964 à 1968. Si on considère également les besoins de nouveaux géoscientifiques pour l'enseignement dans les écoles secondaires et les écoles techniques (voir section III.7), l'accroissement de l'aide géoscientifique aux pays en voie de développement (voir section VIII.3), l'augmentation des activités en géologie urbaine et les divers champs de la géotechnique (voir chapitre V et VI), les nouveaux effectifs requis pourraient fort bien atteindre 835 par an au cours de la période 1972-1975 (voir tableau III.2). Même si ces besoins ne devraient pas tous se faire sentir en même temps et au taux prévu, il n'en reste pas moins que le tableau III.2 fournit une bonne indication de la demande totale prévisible, il pourrait ainsi guider le développement des universités.

#### **Opinions des étudiants sur l'enseignement et la formation**

L'université est avant tout une association d'étudiants et de professeurs. Dans notre désir d'intéresser la collectivité étudiante à la présente étude et d'obtenir son opinion au sujet des sciences de la Terre, nous avons rencontré 20 groupes distincts comprenant au total 417 étudiants du 1<sup>er</sup> et des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles en

Tableau III.2—Prospective pour 1972 à 1975 des besoins annuels du Canada en nouveaux diplômés ès géosciences (évaluation tenant compte du roulement)

Secteurs principaux	Total des géoscientifiques pour 1968	Besoins annuels prévus, 1972-1975				
		Géologie	Géophysique	Géochimie	Géographie physique	Géotechnique <sup>b</sup>
Industrie extractives <sup>a</sup>	3 969	255	55	25	2	28
Industrie du bâtiment <sup>a</sup>	250	10	2	—	3	40
Secteur des richesses renouvelables	150	5	2	5	10	5
Secteur fédéral	666	20	6	5	5	15
Secteurs provinciaux <sup>c</sup>	366	20	5	5	5	20
Secteurs municipaux	50	3	—	—	8	10
Universités	593	20	10	10	10	10
Instituts de technologie	50	7	5	—	2	5
Écoles secondaires <sup>d</sup>	100	60	25	5	35	—
Aide extérieure <sup>e</sup>	16	20	10	5	5	17
<b>Totaux</b>	<b>6 210</b>	<b>420</b>	<b>120</b>	<b>60</b>	<b>85</b>	<b>150</b>
Besoins annuels selon les diplômés <sup>f</sup>	titulaires de: baccalauréats	200	50	15	45	75
	maîtrises	120	40	25	20	30
	doctorats	100	30	20	20	45
Nombre moyen de diplômés arrivant sur le marché du travail chaque année au cours de la période 1966-1968 <sup>g</sup>	titulaires de: baccalauréats	90	12	3	15	?
	maîtrises	30	9	9	8	?
	doctorats	25	9	5	4	?

<sup>a</sup> Y compris le personnel des firmes d'ingénieurs-conseils, et en supposant qu'il ne se produise pas de bouleversement des besoins en personnel par rapport à la période 1964-1968.

<sup>b</sup> Y compris, pour plus de commodité, la mécanique des roches, la mécanique des sols et l'hydrogéologie, groupées avec la géotechnique.

<sup>c</sup> Y compris les conseils des recherches provinciaux.

<sup>d</sup> Ne s'applique qu'aux besoins de l'enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires.

<sup>e</sup> En supposant que le programme d'aide géoscientifique à l'étranger proposé au tableau VIII.3 soit accepté par l'Agence canadienne de développement international.

<sup>f</sup> Répartition basée sur la proportion de titulaires de baccalauréats, maîtrises et doctorat parmi les effectifs totaux de géoscientifiques pour 1968.

<sup>g</sup> Fondé sur les statistiques d'emploi au cours de 1966 à 1968, telles qu'indiquées au tableau II.37.

géologie, en géophysique, en géochimie, en géographie physique et quelques-uns en mécanique des sols. Ils représentent environ le quart de tous les étudiants en géosciences du Canada. Certains groupes d'étudiants ont également soumis des mémoires. Le but de la présente section est d'exposer brièvement les principaux points de vue des étudiants:

1. *Les sciences de la Terre sont pratiquement inconnues dans les universités, sauf dans les départements géoscientifiques proprement dits. Plusieurs étudiants ont fait remarquer que les géologues sont considérés «comme des gars habillés bizarrement, qui vivent sous la tente...des types qui vont dans la nature, qui examinent les roches». Les groupes d'étudiants ont unanimement relié cette ignorance plus ou moins crasse au fait qu'on n'enseigne pas les sciences de la Terre de façon moderne dans les écoles*

secondaires canadiennes (par contraste frappant avec les États-Unis: voir la section III.7). Les étudiants nous ont déclaré que souvent les professeurs donnant les quelques cours existants ignorent les principes scientifiques fondamentaux de l'étude de la Terre ou sont indifférents et attendent qu'on leur fournisse tous les éléments nécessaires à leurs cours, même les cailloux. Le cours, s'il est donné, apparaît comme un bouche-trou, de peu d'importance.

C'est l'absence d'enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires qui est la cause principale du petit nombre d'étudiants en sciences de la Terre dans nos universités. Vingt-quatre pour cent seulement des étudiants en sciences de la Terre interrogés envisageaient une carrière géoscientifique lors de leur inscription à l'université. Le reste a découvert ces carrières lorsque le ha-

zard a voulu qu'ils suivent un cours universitaire sur ce sujet.<sup>1</sup> Les étudiants qui acquièrent une instruction générale choisissent rarement les cours de géosciences, car on n'aborde pas ce sujet dans les écoles secondaires.

2. *Les sciences de la Terre donnent souvent une impression défavorable, car nombre de départements de géologie sont logés dans les immeubles les plus médiocres et les plus vieux du campus universitaire.*

Nombre d'étudiants ont mentionné l'exiguïté des locaux alloués aux départements de sciences de la Terre. Il est par exemple tout à fait anormal qu'un département de géologie comptant le plus important effectif d'étudiants en géologie du Canada soit logé dans des baraques temporaires et dispersé dans 10 bâtiments différents du complexe universitaire. Ce département a pourtant joué un grand rôle pour la mise en valeur des minéraux de la province où il est situé, ainsi qu'aillleurs (ses diplômés ont directement contribué au cours des années à la découverte de gisements minéraux d'une valeur de plus de 26 milliards de dollars!) Il semble que les sociétés minières fassent des donations assez généreuses lors des campagnes de financement universitaires, mais il est rare que cet argent serve à l'amélioration des installations des départements de génie minier ou de sciences de la Terre.

3. *L'université ne doit pas devenir une école technique.* Les étudiants sont sensibles aux campagnes tant extérieures qu'au sein de l'université pour accroître la formation professionnelle au 1<sup>er</sup> cycle et transformer une partie du second cycle en un cours d'orientation industrielle. Les étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles en géologie de l'Université de Toronto ont résumé leur opinion en reconnaissant le besoin en géologues spécialisés possédant parfaitement les techniques actuelles. En tant qu'étudiants dont la carrière culminera dans 20 ou 25 années, ils estiment qu'il leur faut acquérir une solide formation théorique pour pouvoir s'adapter aux progrès futurs. Ils affirment: «Pour que l'université transmette des connaissances, il faut qu'elle en crée constamment.» Ils

croient que le Canada ne doit pas se concentrer exclusivement sur l'application des connaissances, au détriment des progrès de la science pure.

4. *Il ne faut pas éloigner les sciences de la Terre des problèmes pratiques.* Quelques étudiants réfléchis ont exprimé leur inquiétude sur le milieu pédagogique:

«La géologie est le fils prodigue de la famille universitaire. Il faut l'enseigner au laboratoire; or en géologie, le laboratoire, c'est le terrain. La plupart des laboratoires des étudiants ne soulèvent aucun intérêt et nous n'y apprenons pas grand'chose, parce que la salle de classe n'est pas un milieu approprié pour l'enseignement des sciences de la Terre. Il ne faut pas que les travaux estudiantins se trouvent sans rapport avec les problèmes et les applications pratiques».

5. *C'est la méthode de résolution des problèmes qui est importante.* Certains étudiants ont remarqué qu'«on peut glaner les connaissances dans un manuel quelconque, mais le professeur d'université a pour rôle d'enseigner aux étudiants la façon d'aborder un problème et de le résoudre.»

6. *Les sciences de la Terre offrent un défi passionnant.* Lorsqu'on leur a demandé quels étaient les domaines géoscientifiques qui leur semblaient particulièrement intéressants, la plupart des étudiants ont mentionné: la dynamique de la croûte terrestre et l'orogénèse, les nouvelles méthodes de prospection pour les substances minérales, l'océanographie et la prospection des plate-formes continentales, l'étude des nappes phréatiques, les recherches sur la pollution, l'exploitation rationnelle des gisements miniers et des terrains, les recherches sur la glace et sur

<sup>1</sup> Par une étude menée en 1968-1969 dans 400 départements de géologie des États-Unis et du Canada, l'Institut géologique américain a appris grâce à 1 200 réponses aux questionnaires adressés à des étudiants en géologie, que dans 29.2 pour cent des cas les cours propédeutique d'introduction à la géologie ou l'influence du professeur de collège étaient des facteurs principaux du choix de la carrière. Ensuite, 12.6 pour cent avaient choisi la géologie à cause de leurs passe-temps antérieurs et 10.4 pour cent avaient été influencés par un cours des sciences de la Terre à l'école secondaire. Tous les autres facteurs intervenaient chacun pour moins de 6 pour cent.

la neige, les propriétés de la barysphère, la genèse du pétrole, la technologie des ordinateurs et l'application des statistiques aux sciences de la Terre, les activités géoscientifiques pour la mise en valeur des pays en voie de développement. Après plusieurs débats, notre Groupe d'études a acquis la nette impression que les étudiants s'intéressent généralement aux problèmes sociaux et à ceux du milieu ambiant, en contraste avec l'attitude des générations antérieures qui s'en souciaient fort peu.

7. *Les communications entre les étudiants et les firmes industrielles sont insuffisantes.* Les étudiants accusent souvent les sociétés minières d'utiliser des techniques périmées et de ne divulguer les informations techniques qu'avec réticence. Les étudiants ne semblent pas apprécier suffisamment l'efficacité et le faible coût de nombreuses techniques bien éprouvées et utilisées depuis longtemps par de nombreuses firmes minières. Ils ne reconnaissent pas suffisamment l'importance de l'information qui permet d'affronter la concurrence et sont peu conscients des avantages, tout autant que des inconvénients, du système de la libre entreprise.

De nombreux étudiants ont fait des remarques acrimonieuses sur leurs emplois d'été au service des sociétés minières et pétrolières et ils se sont plaints d'avoir été affectés à des travaux routiniers offrant peu de possibilités d'apprendre. Cependant ils ne semblent pas se rendre compte que si on avait donné ces mêmes postes à des techniciens ou à des élèves d'école secondaire, leurs possibilités de travail estival auraient été considérablement réduites. On comprend que les étudiants désirent remplir des tâches responsables et intéressantes. Ils n'ont généralement pas peur de travailler dur et la plupart d'entre eux n'ont rien contre la vie rustique, loin de la civilisation, au cours des travaux d'été.

On déplore souvent la variation cyclique de l'emploi dans l'industrie; la plupart des grandes sociétés reconnaissent maintenant les conséquences fâcheuses à

long terme des fluctuations prononcées de leurs offres d'emploi et elles essaient de suivre de meilleures méthodes de recrutement. Il semble que les déclarations des employeurs sur la valeur formatrice de leurs travaux soient souvent exagérées et que les étudiants soient vite désillusionnés par leur emploi d'été.

Pour les étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles en sciences de la Terre, l'industrie ne se rend pas compte de la valeur de leur formation à la recherche et de leur contribution possible au développement industriel. Les étudiants diplômés déclarent que les possibilités de recherches dans l'industrie sont extrêmement rares. Cependant, de nombreux étudiants diplômés ignorent les buts et les méthodes de l'industrie.

8. *Les travaux sur le terrain sont de grande importance en sciences de la Terre.* Les étudiants aiment le travail sur le terrain. Ils estiment généralement que le travail sur le terrain est un élément indispensable de l'enseignement et de la formation géoscientifiques. Ils font l'éloge du système d'enseignement canadien qui offre de nombreuses possibilités d'emploi d'été (voir section II.2). Plus de 80 pour cent des étudiants interrogés avaient acquis de l'expérience pratique. Les deux tiers environ ont dit qu'ils s'attendaient à travailler encore sur le terrain dix ans après leur sortie de l'université « parce qu'il faut que les travaux sur le terrain soient effectués ».

Cependant, de nombreux étudiants diplômés préfèrent travailler pour l'université pendant l'été plutôt que d'accomplir des travaux sur le terrain pour l'industrie ou les organismes publics, même s'ils sont bien rémunérés, car ils peuvent ainsi raccourcir leurs études d'un an ou davantage. De nombreux étudiants diplômés jouissent de bourses de recherche ou occupent des postes d'assistant de recherche et, s'ils sont mariés, leur femme travaille, de telle sorte que les revenus provenant des travaux sur le terrain ne sont plus indispensables comme auparavant. Les organismes publics accordent des subventions à tous les départements universitaires

res pour financer les emplois d'été et les administrateurs d'université ne feront probablement pas un cas d'exception des sciences de la Terre. Comme ces emplois d'été ne concernent généralement que le travail de laboratoire, il faudrait également qu'on puisse offrir des emplois pour la recherche sur le terrain afin que les étudiants puissent participer à un programme bien mené et administré de recherches sur place. Les organismes publics et les sociétés minières devraient prendre note de ces tendances et offrir des salaires et des possibilités scientifiques de nature à intéresser un plus grand nombre d'étudiants diplômés brillants à entreprendre des recherches sur le terrain au cours de l'été.

9. *La discrimination à l'égard des femmes désirant occuper un emploi géoscientifique devrait cesser.* Les étudiantes en sciences de la Terre sont généralement frustrées par suite du peu de formation sur le terrain et des faibles possibilités de carrière qu'on leur offre dans le domaine qu'elles ont choisi. Actuellement, les femmes représentent moins d'un pour cent des géoscientifiques praticiens du Canada: cette situation contraste fortement avec celle de la plupart des pays socialistes où des femmes géologues et géophysiciennes ne travaillent pas seulement sur le terrain mais même dans les galeries de mines. *Au Canada les préjugés sont si forts que de nombreuses sociétés minières ne permettent même pas à une femme géologue de visiter des travaux souterrains.*

Les femmes feront, bientôt peut-être, d'importants progrès sur le marché des emplois géoscientifiques. La plupart des travaux sur le terrain ne sont plus aussi ardues que par le passé. Les moyens de transport modernes ont détrôné les voyages en canot qui duraient des mois dans nos régions vierges, de même que les marches sac au dos dans les montagnes. Les heures de travail sont sans doute plus longues sur le terrain que dans d'autres professions mais on peut facilement compenser ce surcroît d'efforts par des congés périodiques et par une rémunération plus élevée.

Nous avons maintenant atteint le stade où les femmes pourraient accomplir de nombreuses tâches sur le terrain. Bien des femmes ont d'excellentes aptitudes pour relever des détails importants et leur patience dépasse souvent celle des hommes. Elles sont généralement plus méticuleuses, ce qui leur permet d'effectuer des tâches spéciales telles que l'étude détaillée des carottes de sondage, les levés détaillés de terrain, l'interprétation des données scientifiques, les études en laboratoire, la préparation des rapports, la traduction, etc. Les usages modernes permettent le travail côte à côte des hommes et des femmes. *Il y a peu de raisons maintenant de perpétuer l'ascétisme du travail sur le terrain; cette occupation devrait devenir attrayante tant pour les hommes que pour les femmes.* Les firmes industrielles n'envoient pas pendant plusieurs mois des employés dans d'autres villes sans leur famille et il leur est courant de payer l'aller-retour par avion des vendeurs qui veulent passer leur fin de semaine à la maison. Pourquoi espéreraient-elles que le personnel géoscientifique végète dans l'isolement et supporte des conditions difficiles pendant de longues périodes? Le coût de l'amélioration des conditions de vie s'ajouterait au coût élevé du travail sur le terrain, mais ces dépenses supplémentaires n'équivalent pas, de très loin, au quart de million de dollars que peut coûter un forage profond.

On croit que la nouvelle orientation des sciences de la Terre vers l'étude du milieu et des villes offrira des carrières appropriées pour les géoscientifiques hommes ou femmes. Le large enseignement des sciences de la Terre dans les écoles secondaires canadiennes offrirait un vaste domaine d'emploi pour les femmes. *Il est donc nécessaire que les femmes aient toutes facilités pour acquérir une formation pratique et de l'expérience sur le terrain.*

### **Rôle du corps enseignant dans l'enseignement et la formation**

Le concept monolithique du professeur, à

la fois autorité indiscutée et machine à enseigner, est actuellement ébranlé par les étudiants qui, cela se comprend, veulent participer au processus d'enseignement et demandent la parole pour mener les affaires qui les intéressent. À titre de conseiller, le professeur doit guider l'étudiant dans la meilleure voie de manière que ce dernier utilise complètement ses aptitudes naturelles et forme son jugement.

Tous conviennent que nous devons avoir des professeurs d'université très capables, qu'ils doivent dominer la profusion de nouvelles publications scientifiques, assimiler les théories et connaître les faits « importants » et « pertinents » de la science moderne, réviser périodiquement le contenu de leurs cours et se trouver à la pointe du progrès scientifique. Le professeur ne doit pas seulement tendre vers l'excellence dans ses travaux de recherche, il doit également exceller dans l'art d'intéresser les étudiants à la science et éveiller leur curiosité tout en formant leur jugement. De plus, le professeur doit passer environ un cinquième de son temps à des travaux de comité, à la rédaction de rapports et à d'autres tâches administratives.

En ce qui nous concerne, après avoir visité la plupart des départements de sciences de la Terre du pays, nous croyons fermement qu'il y a beaucoup de bons spécialistes et d'excellents éducateurs dans ces départements. Cependant, trop nombreux sont les professeurs qui vivent dans une tour d'ivoire et qui ne se soucient guère de ce qui se passe en dehors de l'université. Au cours de notre enquête, nous avons entendu de nombreuses remarques désobligeantes au sujet de l'orientation actuelle de la recherche géoscientifique dans les universités. L'industrie considère que cette recherche est trop ésotérique et ne tient pas suffisamment compte des besoins pratiques du pays. Selon plusieurs, les universités ne forment pas en nombre suffisant les genres de spécialistes dont le pays a besoin. Les universitaires devraient prendre bonne note des critiques formulées par

les organismes publics et privés et réorganiser leurs programmes d'enseignement et de recherche de telle sorte que la formation des nouveaux diplômés soit plus équilibrée.

Dans l'ensemble, l'industrie minière, qui est de loin le plus important employeur de géoscientifiques au pays, estime que les étudiants du 1<sup>er</sup> cycle reçoivent une bonne formation dans les universités canadiennes. Cependant, beaucoup (y compris des étudiants) ont fait remarquer que nombre de professeurs tendent à se désintéresser de ces étudiants pour s'occuper plutôt de leurs recherches personnelles, d'envergure souvent restreinte. Il semble aussi que l'enseignement ne tienne pas suffisamment compte des concepts synthétiques de la géologie et des idées modernes sur l'évolution du globe.

À notre avis, il faut maintenant étoffer les cours de géologie et de géographie physique par un enseignement plus poussé des méthodes statistiques d'analyse et des méthodes d'informatique. En plus, les cours de sciences fondamentales devraient être conçus de façon à procurer une meilleure formation de base en sciences de la Terre, ainsi qu'une meilleure préparation à la pratique professionnelle.

Le cloisonnement qui sépare la géologie de la géophysique d'une part, et de la géographie physique d'autre part, est déplorable. On sait que la spécialisation est avantageuse pour l'individu, mais ceci ne veut pas dire que des départements entiers doivent être bornés dans leurs objectifs; au contraire, tout département doit s'ouvrir sur les disciplines connexes afin d'assurer le progrès scientifique et la pleine utilisation des sciences de la Terre dans leur ensemble. Dans le passé, lorsque les méthodes géophysiques étaient moins perfectionnées et qu'on s'intéressait moins à la géodynamique et à l'évolution du globe, la séparation entre la géologie et la géophysique était excusable. De même, lorsque la géographie physique n'était en somme qu'un exercice

littéraire, on pouvait comprendre que les géologues soient peu enclins à travailler avec les géographes. Mais maintenant, en raison des grands travaux de synthèse qui s'avèrent nécessaires pour comprendre l'évolution du globe et déchiffrer les processus géologiques, et à cause de l'intérêt croissant pour l'étude du milieu ambiant et des répercussions de l'emploi des sciences de la Terre pour la société, il n'y a plus de raisons pour maintenir une telle dichotomie.

Plusieurs départements de sciences de la Terre sont l'objet de pressions, tant au sein de l'université que de l'extérieur, visant à limiter leur expansion. La meilleure façon de résister à ces pressions consiste à attirer un plus grand nombre d'étudiants vers les sciences de la Terre et de rendre ainsi ces départements aussi viables que les autres au sein des facultés des sciences. Les départements de sciences de la Terre doivent s'intéresser et participer activement à la formation des maîtres pour l'enseignement éventuel des sciences de la Terre dans les écoles secondaires. Ils doivent faire campagne pour que ces sciences soient enseignées dans toutes ces écoles, car leurs futurs effectifs d'étudiants en dépendent. L'importance de la demande en exploration minérale influencera sans doute durant plusieurs années l'orientation de nombre d'étudiants vers la géologie et la géophysique, mais il n'en reste pas moins vrai que la «survie» de plusieurs départements ne sera assurée que par leur rayonnement intrinsèque, notamment en ce qui concerne la formation des maîtres en géosciences pour le niveau secondaire. Compte tenu de ce qui précède, nous proposons que:

---

---

#### *Conclusion III.7*

*La formation du 1<sup>er</sup> cycle en sciences de la Terre devrait être générale et fondée sur les sciences fondamentales, les grandes synthèses géologiques, les théories modernes d'évolution du globe, les statistiques et la technologie des ordinateurs. On devrait accorder plus d'attention aux besoins nationaux en spécialistes des divers domai-*

*nes; le contenu du programme devrait aussi être amélioré grâce à de meilleures communications et à une plus grande collaboration entre départements ainsi qu'entre professeurs. Il faudrait enfin offrir des programmes d'études supérieures «sans thèse» de façon à former un nombre suffisant de spécialistes dans les secteurs d'avant-garde de l'économie et dans les domaines interdisciplinaires où notre pays pourrait faire de rapides progrès.*

---

---

---

---

#### *Conclusion III.8*

*Il faudrait favoriser la formation de groupes géoscientifiques universitaires comprenant des géologues, des géophysiciens, des géochimistes, des géographes, etc., ainsi que la formation de groupes pédoscientifiques offrant un éventail aussi complet que possible des disciplines indispensables à la connaissance et à l'utilisation rationnelle des sols.*

---

---

---

---

#### *Conclusion III.9*

*L'industrie devrait offrir des possibilités de formation géoscientifique aux étudiantes comme aux étudiants et offrir un plus grand nombre de postes géoscientifiques aux femmes.*

---

---

### III.9 Rôle des universités dans la recherche géoscientifique

#### **Considérations générales**

Les universités ont à jouer un rôle déterminant pour le progrès des connaissances et on admet partout qu'elles ont la responsabilité primordiale de la recherche fondamentale (voir section I.4 pour les définitions). On range souvent les travaux de recherche fondamentale sous deux rubriques; la recherche désintéressée ou pure et la recherche dirigée ou thématique. Traditionnellement, la recherche désintéressée et la formation qui en découle ont caractérisé des institutions de haut savoir.<sup>1</sup> Par ailleurs comme l'indique son nom, la recherche dirigée est une recherche fondamentale menée générale-

ment en équipe, dans les domaines thématiques particuliers dont sont chargés les ministères ou les organismes publics. Comme exemple de travail thématique en géosciences, on peut citer l'étude des caractéristiques régionales du champ magnétique terrestre, de la répartition et des grands traits des zones orogéniques du Canada, de la géomorphologie des îles de l'Arctique, des caractéristiques des roches sédimentaires précambriennes, etc. La plus grande partie de cette recherche est effectuée par des organismes publics, de concert avec quelques universités. Au contraire, la plus grande partie de la recherche géoscientifique appliquée est entreprise par l'industrie (voir les sections IV.3 et V.7); les organismes publics fédéraux et provinciaux y contribuent un peu, ainsi qu'accessoirement les universités (voir le tableau II.2).

Bien peu voudraient réduire ou supprimer les recherches géoscientifiques fondamentales au Canada; les scientifiques de l'industrie ne le veulent pas non plus, car il y a tellement à faire au pays (voir la section III.3). La recherche fondamentale en ce domaine constitue le fondement indispensable à l'exploration minière (section IV.3), aux améliorations de la géotechnique (chapitre V) et à la mise en valeur des richesses naturelles (chapitre VI). De plus, le Canada a la responsabilité morale de répandre les connaissances sur le géorama canadien (voir la section III.5). *Cependant, en raison de la limitation des ressources, le développement futur des sciences de la Terre au Canada devrait s'y faire dans le sens suggéré par le présent rapport et la recherche fondamentale devrait être soutenue en fonction des objectifs nationaux choisis.* Si on considère que la prospérité nationale doit être le but primordial de la science au service du pays<sup>2</sup>, il s'ensuit que la recherche fondamentale en sciences de la Terre est un élément indispensable pour le Canada, dont l'essor économique dépend si largement de l'industrie extractive (voir la section IV.2). «Si l'on estime que la science est un facteur décisif pour la croissance économique et une force socia-

le réelle, il faut lui donner un but et une orientation. Du fait qu'elle absorbe une partie appréciable des dépenses du pays, on doit la comparer avec d'autres objectifs d'importance nationale. Il faut choisir entre les différentes voies possibles et canaliser les efforts vers un certain nombre d'objectifs bien choisis.»<sup>3</sup>

### **Financement de la recherche universitaire**

Dans la plupart des pays, on considère habituellement que les universités ont le devoir, ou l'exclusivité de la recherche désintéressée. Cependant, en raison de la charge croissante que le contribuable supporte pour entretenir les universités, et de la croissance presque exponentielle du coût de la formation supérieure des étudiants et de la recherche universitaire au cours de la dernière décennie (figure 5.3, annexe 5), les universités se rendent mieux compte que la recherche universitaire devrait jouer un plus grand rôle pour la solution des problèmes économiques, politiques et sociaux de notre pays; ce point de vue est largement partagé par l'industrie et le gouvernement.

Quelle est la cause de ce changement d'attitude des universités? Dans le cas des sciences de la Terre, l'un des facteurs principaux semble avoir été l'augmentation rapide des fonds consacrés à la recherche au cours de la dernière décennie. À titre d'exemple: les subventions totales du Conseil national des recherches et de la Commission géologique à la recherche géoscientifique étaient 30 fois plus fortes en 1969 qu'en 1958, passant de 120 000 dollars à 3.6 millions, alors que le corps enseignant n'a que quadruplé. Il y a 10 ou 15 ans environ, il y avait si peu de fonds disponibles pour la recherche géoscientifique universitaire que l'idée même

<sup>1</sup>Blackett. P.M.S. dans *Comptes rendus des réunions du Comité spécial de la politique scientifique*. Le Sénat. page 89, Ottawa 1968; et O.M. Solandt. *National Science and Engineering Critique*. Trans. Soc. Roy. Can.. Vol. VI. Série IV. page 38, juin 1968.

<sup>2</sup>*Vers une politique nationale des sciences au Canada*. Conseil des sciences du Canada. Rapport n° 4. Imprimeur de la Reine, Ottawa, 1968.

<sup>3</sup>Wynne-Edwards. H.R. *Science, the moon, and the mission*. Science Forum, décembre 1969.

d'un financement public ne surgissait pas. Jusqu'en 1958, la recherche géoscientifique universitaire recevait moins de 100 000 dollars par année, provenant surtout de la Commission géologique du Canada. Depuis 1958, la situation s'est fortement améliorée grâce aux subventions du CNRC et des gouvernements provinciaux, alors que la Commission géologique offre actuellement moins de 10 pour cent du total (tableau II.27).

L'activité géoscientifique a connu un important rebondissement au cours de l'exercice 1964-1965:

1. Cette année a marqué le début d'une activité sans précédent de la prospection minière et pétrolière (figure IV.1).

2. Il se produisit un accroissement rapide du corps enseignant en géologie (ce corps ayant augmenté de 65 professeurs entre 1950 et 1965, et de 155 nouveaux professeurs depuis 1955).

3. Enfin, on nota une rapide augmentation des subventions annuelles du CNRC à la recherche universitaire (figure 5.3).

Le taux d'accroissement des subventions accordées à la recherche géoscientifique par le CNRC au cours de la dernière décennie est similaire à celui des sciences physiques et du génie (figure 5.3). Le pourcentage des subventions accordées aux sciences de la Terre est actuellement d'environ 10 pour cent du total accordé à tous les domaines des sciences physiques et du génie.

La décroissance continue du rapport des montants accordés relativement aux montants demandés illustre la croissance rapide des installations et des activités de recherche géoscientifique dans les universités canadiennes. Pour les subventions de fonctionnement, il est passé de 77 pour cent à 55 pour cent en 1969; celui des subventions pour l'achat d'équipement valant de 5 000 à 50 000 dollars a baissé de 42 pour cent en 1963 à 23 pour cent en 1969.

Quoiqu'il en soit, nous croyons que l'aide du CNRC à la recherche universitaire est raisonnable, compte tenu de l'importance du corps enseignant et du nom-

bre d'étudiants canadiens diplômés dans les départements concernés. Ce soutien semble suffisant pour autant qu'il soit destiné aux chercheurs individuels. Cependant, il existe un pressant besoin de ressources additionnelles pour la recherche universitaire menée sur le terrain, qui exige de nombreux travaux et occasionne des frais élevés. Nous estimons que c'est le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources qui devrait subventionner de tels travaux, en autant qu'il s'agisse là de travaux d'intérêt national, cadrant bien avec les grands programmes thématiques de ce ministère. L'aide que fournit le ministère à la recherche géoscientifique universitaire n'est pas aussi utile qu'elle devrait l'être car elle s'adresse en grande partie aux chercheurs individuels; étant basée sur l'évaluation du *mérite individuel* elle fait en quelque sorte double emploi avec celle que fournit le CNRC, même si elle sert surtout au soutien d'étudiants diplômés. Comme il y a urgente nécessité de subventionner des projets *pluridisciplinaires* et *thématiques*, en particulier ceux qui exigent d'importants travaux sur le terrain, nous avons préconisé à la section II.5 que les fonds normalement accordés au Comité consultatif national pour la recherche en sciences géologiques soient versés en totalité à des comités consultatifs pour la recherche thématique, tel que celui que nous avons préconisé pour la recherche en sciences minérales (voir section II.5).

En principe, le Conseil national des recherches devrait demeurer le principal organisme subventionnant la recherche scientifique universitaire, mais il faudrait que chaque ministère fédéral s'intéressant à l'industrie puisse subventionner largement la recherche géoscientifique cadrant avec sa vocation thématique. Le Conseil de recherches pour la Défense, par exemple, continuerait à soutenir la recherche *extra-muros* intéressant la défense nationale.

Nombre de programmes de recherche géoscientifique universitaire exigent de nombreux travaux sur le terrain. La récente mise en œuvre par le CNRC d'un

programme de subventions triennales aux universitaires à partir de 1970 est particulièrement louable parce qu'il permettra aux géoscientifiques de préparer longtemps d'avance leurs travaux de recherche sur le terrain, améliorant ainsi la qualité des travaux. Par ailleurs, cette nouvelle méthode apaisera peut-être la démangeaison des universitaires désireux de publier à tout prix et encouragera, espérons-le, la publication d'un plus grand nombre de synthèses magistrales plutôt qu'une foule de communications de peu d'importance

### **Comité de sélection des boursiers géoscientifiques du Conseil national des recherches**

Comme chacun sait, le Comité a la tâche difficile d'évaluer la valeur scientifique des candidats aux subventions. Nous pensons que les comités de sélection ne devraient pas se composer uniquement de professeurs d'universités, aussi bons et impartiaux qu'ils puissent être. Il y a certainement des scientifiques dans l'industrie qui peuvent également juger de la qualité d'un projet scientifique, même en recherche fondamentale. C'est pourquoi nous croyons qu'il faudrait inviter un ou deux scientifiques de l'industrie ou des services gouvernementaux à faire partie de ce Comité de sélection en vue d'évaluer les mérites scientifiques des postulants, que ce soit en recherche fondamentale ou en recherche appliquée. Il ne faudrait en aucune façon interpréter cette action comme un encouragement de la recherche appliquée, à moins que le CNRC ne cherche délibérément à le faire.

On se demande souvent si ce Comité devrait jouer un rôle direct en politique scientifique. Le Comité pourrait par exemple recommander qu'on accorde le plein montant demandé dans le cas des meilleurs projets, soumis par les candidats les plus compétents et les plus dynamiques. Il pourrait aussi donner la priorité à des domaines ou à des projets de recherche paraissant les plus importants pour le pays. Ces deux concepts ont de nobles motifs, mais leur mise en œuvre

susciterait de grandes difficultés.

Au point de vue du mérite, nous sommes d'avis que ce Comité de sélection a été souvent trop généreux au cours des dernières années pour les candidats les moins compétents ou les moins dynamiques et pas assez pour les meilleurs et les plus féconds. C'est pourquoi nous exhortons ce comité à être plus exigeant à l'avenir (voir la conclusion II.11). De nombreux candidats expriment des vœux pieux et considèrent que les subventions du CNRC sont surtout destinées au soutien d'étudiants diplômés. Cette notion n'est valable que si la formation à la recherche, ainsi facilitée, arme l'étudiant pour la découverte de nouvelles voies de progrès scientifique et de nouvelles applications bénéficiant à la population. *C'est la fécondité de l'étudiant diplômé qui doit motiver le soutien; en d'autres termes, il n'y a guère de raisons d'accroître continuellement le financement de la recherche si les universités ne forment pas proportionnellement plus de spécialistes pour faire face aux divers besoins du pays.*

Nous pensons qu'une plus grande partie de la recherche universitaire devrait porter sur les objectifs géoscientifiques nationaux, par exemple sur l'étude approfondie du Bouclier précambrien (voir section III.3). Cette opinion ne menace en rien la liberté universitaire et ne réduit pas les possibilités d'effectuer des recherches désintéressées, parce que le chercheur aurait toute liberté de mener des recherches dans le domaine qu'il préfère.

### **La formation à la recherche dans les universités**

Dans l'ensemble, les professeurs canadiens de géosciences s'occupent surtout d'enseignement. Ainsi, les professeurs de géologie consacrent en moyenne 45 p. 100 de leur temps à l'enseignement, alors qu'en géographie physique ce pourcentage est de 48 p. 100. En géophysique cette proportion n'est que de 29 p. 100; cependant, comme l'indique le tableau III.3, seule la géophysique se compare avantageusement avec les autres sciences naturelles en ce qui concerne la proportion du

temps consacrée à la recherche et à la direction des études supérieures. En géologie, mécanique des sols, pédologie et géographie physique, le corps enseignant consacre plus de temps à l'enseignement au 1<sup>er</sup> cycle que la plupart de ceux des autres départements.

**Tableau III.3—Répartition du temps consacré à la recherche et à la direction des études supérieures**

Départements universitaires	Proportion du temps %
Études aérospatiales	67
Astronomie	56
Géophysique	51
Chimie	47
Physique	44
Sciences biologiques	44
Sciences de l'ingénieur (génie)	35
Géologie	34
Mathématiques	33
Géographie	30

*Source:* Les chiffres estimatifs pour la géophysique, la géologie et la géographie physique ont été obtenus au moyen de questionnaires en rapport avec la présente étude, alors que les chiffres concernant les autres disciplines ont été tirés du Rapport Bonneau, *op. cit.*, p. 46.

Les universités canadiennes forment trop peu de diplômés en sciences de la Terre. C'est ainsi qu'en géologie, pour chaque professeur enseignant aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles, on n'accorde qu'une maîtrise tous les trois ans (un titulaire canadien tous les cinq ans) et un doctorat tous les cinq ans (un titulaire canadien tous les neuf ans). À part les fonds versés pour l'équipement, chaque professeur reçoit en moyenne du gouvernement fédéral une subvention de 8 500 dollars par année pour ses recherches.

En géophysique, on accorde en moyenne une maîtrise tous les deux ans, et un doctorat tous les quatre ans par professeur. Chacun d'eux reçoit en moyenne du gouvernement fédéral une subvention annuelle de 10 000 à 15 000 dollars pour ses recherches.

En géographie physique, on accorde en moyenne une maîtrise tous les cinq ans et un doctorat tous les 10 à 20 ans par professeur enseignant aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles.

### La recherche géoscientifique fondamentale dans les universités

Notre étude a porté sur le nombre de publications des professeurs canadiens de géologie au cours de la période 1963-1967, selon les titres des communications dans les divers domaines géoscientifiques. Tel qu'indiqués au tableau III.4, les résultats de cette étude montrent que chaque professeur a publié en moyenne deux communications tous les trois ans. Les auteurs les plus prolifiques se classent dans les domaines de la stratigraphie, de la paléontologie et de la minéralogie, alors qu'en géologie économique et en pétrologie on compte très peu de publications (voir tableau III.4).

Le tableau III.5 illustre également la gamme des recherches géoscientifiques dans les départements universitaires de géologie, de géophysique, de géographie physique, ainsi que dans quelques écoles d'ingénieurs. Il s'agit là d'un ensemble complexe de travaux dont l'orientation a été largement influencée par toutes sortes de décisions des administrateurs d'universités et des départements de sciences de la Terre, ainsi que par les préférences personnelles des chercheurs. Une telle répartition des travaux de recherche n'est pas sans influencer appréciablement l'orientation des étudiants inscrits aux études géoscientifiques supérieures dans nos universités.

Le groupe le plus important du tableau III.5 se classe dans le domaine de la mécanique des sols, qui est enseignée presque exclusivement dans les départements de génie civil. Selon le Conseil national de recherches<sup>1</sup>, il y avait en 1968-1969 un total de 145 étudiants préparant une thèse en mécanique des sols ou sur un sujet connexe du domaine de la géotechnique.

Le second groupe le plus important se classe dans le domaine de la géographie physique et de la géomorphologie, ce qui reflète l'expansion récente des départements universitaires de géographie. De nombreux professeurs de géographie

<sup>1</sup> *Étudiants des cycles supérieurs en génie et en sciences dans les universités canadiennes au cours de 1968-1969.* CNRC, Ottawa, juillet 1969.

**Tableau III.4—Publications du corps enseignant des départements universitaires de géologie au cours de 1963-1967**

Spécialités	Nombre de publications <sup>a</sup>	Moyenne annuelle du nombre de publications
1. Stratigraphie et sédimentologie	145	36
2. Paléontologie	103	26
3. Minéralogie et cristallographie	84	21
4. Géologie générale	64	16
5. Géologie structurale	63	16
6. Pétrographie et pétrologie	53	13
7. Géochimie minérale	45	11
8. Géologie économique	40	10
9. Synthèses minérales et études des relations d'équilibre	36	9
10. Géologie du Quaternaire	31	8
11. Autres domaines de la géologie	30	8
12. Géologie des isotopes et géochronologie	28	7
13. Géologie historique	15	4
14. Prospection géochimique	15	4
15. Géologie des fonds marins	11	3
16. Utilisation géoscientifique des ordinateurs	11	3
17. Géomorphologie	10	3
18. Géologie mathématique	9	2
19. Hydrogéologie	8	2
20. Palynologie	7	2
21. Études géothermiques	6	2
22. Études des propriétés physiques des roches et des minéraux	6	2
23. Volcanologie	5	1
24. Séismologie	5	1
25. Biogéochimie	5	1
26. Autres domaines de la géochimie	5	1
27. Mécanique des roches	2	< 1
28. Prospection géophysique	2	
29. Géomagnétisme	2	
30. Gravimétrie	2	
31. Géochimie organique	2	
32. Géologie de l'ingénieur	1	
33. Géologie du milieu ambiant	1	
34. Paléobotanique	1	
35. Géologie du pétrole	1	
36. Photogéologie	1	
<b>Total</b>	<b>855</b>	<b>212</b>

<sup>a</sup> Ces publications comprennent des manuels (cette compilation en comprend dix) tout aussi bien que de courts articles pour des itinéraires géoscientifiques. Les sommaires n'ont pas été comptés. Les communications traitant de plus d'un domaine ont été arbitrairement assignées au sujet principal de l'ouvrage. Dans le cas des articles écrits en collaboration, leur nombre fut divisé par le nombre des auteurs; étant donné que chaque membre du corps enseignant a fourni une liste de publications, cette méthode de calcul n'a pas entraîné de réduction dans le nombre total de leurs communications; toutefois, lorsque les co-auteurs étaient des étudiants ou des personnes n'appartenant pas au secteur universitaire, les professeurs n'en ont reçu que partiellement le mérite.

**Tableau III.5—Répartition selon les sujets de la recherche géoscientifique dans les universités canadiennes durant l'exercice 1968-1969**

Spécialités	Nombre équivalent de chercheurs par départements <sup>a</sup>				
	Totaux	Géologie	Géophysique	Géographie physique	Départements de génie <sup>b</sup>
1. Mécanique des sols	55.9	0.3	—	0.6	55.0
2. Géographie physique et géomorphologie	38.9	2.5	—	36.1	0.3
3. Stratigraphie et sédimentologie	35.7	33.5	—	2.2	—
4. Pétrographie, pétrologie et volcanologie	31.6	31.6	—	—	—
5. Géologie économique	24.5	22.0	—	—	2.5
6. Paléontologie, palynologie et paléobotanique	24.1	23.6	—	0.5	—
7. Géologie structurale et tectonophysique	23.6	21.1	2.5	—	—
8. Minéralogie et cristallographie	21.8	21.5	—	0.3	—
9. Géochimie des isotopes et géochronologie	15.8	10.3	5.5	—	—
10. Géologie du Quaternaire	13.5	11	—	2.5	—
11. Géochimie minérale	10.5	10.5	—	—	—
12. Séismologie	10.4	3.2	7.2	—	—
13. Utilisation géoscientifique des ordinateurs	9.3	4.5	2.8	0.7	1.3
14. Synthèse minérales et études des relations d'équilibre	9.2	9.2	—	—	—
15. Prospection géophysique	8.3	6.7	1.3	—	0.3
16. Mécanique des roches	8.1	3.5	—	—	4.6
17. Géomagnétisme	8.0	1.7	6.3	—	—
18. Prospection géochimique	6.3	6.3	—	—	—
19. Autres domaines de la géologie	6.2	5.0	—	1.2	—
20. Géologie de l'ingénieur	6.0	4.2	—	—	1.8
21. Autres domaines de la géologie	4.8	4.8	—	—	—
22. Étude des propriétés physiques des roches	4.8	1.7	2.2	0.6	0.3
23. Géologie des fonds marins	4.7	4.0	0.5	0.2	—
24. Études géothermiques	4.1	1.0	1.8	—	1.3
25. Pédologie	4.0	—	—	4.0	—
26. Photogéologie	3.9	2.3	—	1.3	0.3
27. Autres domaines de la géophysique	3.5	—	2.5	1.0	—
28. Études magnétotelluriques	3.4	—	3.4	—	—
29. Géologie du pétrole	2.8	2.8	—	—	—
30. Hydrogéologie	2.6	2.6	—	—	—
31. Géologie historique	2.6	2.6	—	—	—
32. Géologie générale et levés géologiques	2.5	2.5	—	—	—
33. Biogéochimie	2.3	1.3	1.0	—	—
34. Géophysique des fonds marins	2.3	1.0	—	1.0	0.3
35. Télédétection	1.9	1.0	—	0.9	—
36. Mise au point d'instruments géophysiques	1.7	—	1.7	—	—
37. Gravimétrie	1.2	1.2	—	—	—
38. Géologie du milieu ambiant	0.7	0.7	—	—	—
39. Géologie du charbon	—	—	—	—	—
40. Géodésie	—	—	—	—	—
<b>Totaux</b>	<b>421.5</b>	<b>261.7</b>	<b>38.7</b>	<b>53.1</b>	<b>68</b>

<sup>a</sup> Les professeurs ont indiqué leur principal domaine de recherche en se référant à la liste des 49 spécialités géoscientifiques jointe au questionnaire qui leur fut distribué. Lorsque plus d'un domaine fut mentionné la réponse fut divisée proportionnellement au nombre de domaines indiqués. Pour obtenir le nombre équivalent d'années de recherche et de direction des études supérieures, il faut multiplier les chiffres ci-dessus par un facteur de 0.30 en géographie, 0.35 en géologie et 0.50 en géophysique.

<sup>b</sup> Des données ne sont pas complètes.

physique ont été recrutés du Royaume-Uni, en Australie et en Nouvelle-Zélande, soit dans des pays où l'enseignement de la géographie physique est beaucoup plus répandu qu'aux États-Unis. Toutes proportions gardées, la géographie physique occupe une plus grande place dans les études supérieures en géographie des universités canadiennes que dans les universités américaines.

Il n'est donc pas surprenant de trouver plus de cent étudiants inscrits aux études supérieures en géographie physique dans les universités canadiennes, d'autant plus que notre pays se prête bien aux recherches en ce domaine. Plusieurs de ces étudiants, toutefois, poursuivent des travaux dans les domaines de l'hydrosphère et de l'atmosphère en plus de leurs recherches géomorphologiques. Il n'en reste pas moins que la majorité des travaux de recherche sur les formes de terrain et les matériaux superficiels se font au sein des départements de géographie plutôt que dans ceux de géologie. La majorité des nouveaux diplômés en géographie physique font carrière dans l'enseignement universitaire ou secondaire.

La somme des travaux de recherche en stratigraphie, pétrologie, paléontologie, géologie économique, minéralogie, géologie structurale et les divers domaines de la géochimie équivaut à une «situation d'équilibre», qui reflète les diverses aspirations des 30 départements de géologie et leur volonté bien arrêté de donner une formation fondamentale en géologie. Certains départements de géologie tendent à s'orienter vers la géologie des matériaux superficiels (géologie du Quaternaire, géomorphologie et géographie physique), ce qui peut plaire ou déplaire aux départements de géographie; il est évident qu'en ce domaine les départements de géologie et de géographie devraient œuvrer en étroite collaboration.

Comme on peut s'y attendre, il existe un chevauchement considérable entre les départements de géologie et de géophysique, le domaine magnétotellurique étant la seule spécialité qui ne soit pas enseignée dans les départements de géologie.

Cette situation est fort désirable, car elle permet à l'étudiant en géologie d'acquérir des connaissances indispensables sur la physique du globe et l'utilisation pratique de la géophysique; de même, l'étudiant en géophysique doit posséder les fondements de la géologie pour mener à bien ses travaux. C'est un fait assez remarquable que l'enseignement de la géophysique au sein des départements de géologie vise surtout les applications pratiques (prospection, télédétection, étude des fonds marins), alors que celui qui est dispensé au sein des départements de physique est de nature beaucoup plus fondamentale et se rattache surtout à la physique du globe.

Le nombre de chercheurs universitaires en géophysique est relativement faible comparativement au corps enseignant en géologie et en géographie physique, voire même très faible en considération des sommes énormes consacrées à la prospection géophysique au pays. *En conséquence, il y a lieu de se demander si l'actuelle concentration de l'enseignement et de la recherche sur la physique du globe dans nos universités n'est pas exagérée et si on ne devrait pas y faire plus large place à la prospection géophysique.*

Enfin, la gamme des travaux universitaires de recherche géoscientifique est également illustrée par le tableau II.27, qui dresse le bilan des subventions fédérales à la recherche universitaire par rapport aux divers domaines des sciences de la Terre. Ce tableau étaye les conclusions suivantes:

1. Si on se fie à l'importance des subventions, le domaine de la mécanique des sols se classe au 1<sup>er</sup> rang au point de vue de l'activité de recherche (9 p. 100 du total), ce qui corrobore d'ailleurs une observation précédente, découlant de l'étude du tableau III.5. Ensuite viennent les domaines de la paléontologie, de la stratigraphie, de la pétrologie, de la minéralogie et de la cristallographie, qui à eux seuls absorbent 25 p. 100 du total des subventions à la recherche géoscientifique universitaire.

2. La géochimie des isotopes et la géo-

chimie minérale occupent aussi une place de choix (11 p. 100 du total).

3. La sismologie et le géomagnétisme dominant la recherche géophysique (9 p. 100 du total).

4. Par contre, la somme des travaux de recherche en géologie économique et en prospection géophysique et géochimique ne représente que 6 p. 100 de toutes les subventions. Cela est d'autant plus étonnant que:

a) l'industrie minérale a consacré 391 millions de dollars à la prospection en 1968, cette somme représentant 83 p. 100 des frais d'activités géoscientifiques du pays (tableau II.1);

b) l'industrie minérale emploie 68 p. 100 de tous les géoscientifiques au pays (tableau II.5);

c) l'industrie minérale pourrait fournir des emplois à 71 p. 100 de tous les niveaux diplômés canadiens en sciences de la Terre (tableau II.9).

### III.10. La future orientation de la recherche géoscientifique et la formation des étudiants diplômés dans les universités

Les travaux documentaires cités en annexe 4 fournissent le détail de l'ampleur et de la nature des grands objectifs de recherche, ainsi que des aspects d'enseignement et de la formation universitaire dans les divers domaines des sciences de la Terre. Aussi limiterons-nous notre examen aux questions générales seulement.

Dans la section III.8, nous avons recommandé que la formation donnée au 1<sup>er</sup> cycle soit générale, quelle que soit l'orientation future des étudiants. Au niveau des études supérieures, cependant, il faut bien reconnaître que la spécialisation est désirable, voire même indispensable au progrès de la recherche scientifique. La formation de chercheurs émérites exige un bon climat de recherche, un milieu approprié. Il faut donc au pays un certain nombre d'écoles supérieures, qui puissent regrouper plusieurs spécialistes dans des domaines prédéterminés (voir section III.12) et qui soient pour-

vues d'installations adéquates. De plus, les professeurs dans ces écoles doivent pouvoir disposer de temps suffisant pour se consacrer à la recherche, en plus des tâches d'enseignement et de direction qui leur sont dévolues.

La recherche universitaire et la formation des étudiants diplômés constituent deux tâches essentielles et inséparables qui, selon nous, devraient être l'objet d'évaluations périodiques, telles que les suivantes:

1. L'orientation des recherches et des études universitaires devrait être périodiquement examinée par des comités consultatifs nationaux de recherche. Dans l'intérêt du pays, ces comités devraient se charger de transmettre aux universités les vues principales de l'industrie et des organismes publics sur les questions d'enseignement et de formation professionnelle en sciences de la Terre.

2. À l'intérieur de chaque province ou d'un groupe de provinces devrait exister un comité regroupant tous les directeurs des départements universitaires de sciences de la Terre. Ces comités devraient se charger des tâches suivantes:

a) *discussion* des problèmes communs;

b) *coordination*, afin d'éviter les doubles emplois d'installations coûteuses et d'assurer l'utilisation maximale des installations existantes;

c) *planification*, en ce qui concerne les domaines de future expansion et le choix des spécialités à introduire dans des départements particuliers;

d) *collaboration*, afin d'élaborer des programmes conjoints d'études supérieures;

e) *union*, lorsqu'il s'agit de solliciter l'appui de l'industrie et la collaboration des organismes publics au sujet des programmes de formation des étudiants diplômés;

f) *liaison* avec les associations locales des enseignants des sciences au niveau secondaire;

g) *pression*, lorsqu'il s'agit de convaincre l'industrie et l'État d'adopter un plan rationnel d'extension des sciences de la Terre dans les universités.

3. Afin d'établir de meilleures commu-

nications avec le «monde extérieur», de tracer une meilleure orientation et de définir de bons objectifs, nous croyons que chaque département devrait être visité par un comité consultatif constitué d'experts n'appartenant pas au milieu universitaire; ce Comité serait chargé des tâches suivantes:

a) *revue* annuelle des progrès accomplis dans les divers départements géoscientifiques d'une même université;

b) *examen* critique des problèmes courants et entrevues avec étudiants, professeurs et administrateurs universitaires;

c) *recommandations*, qui seraient soumises aux autorités de l'université.

4. La valeur de la formation des étudiants diplômés peut être jugée selon les critères suivants:

a) la qualité de la recherche (est-elle de qualité? est-elle pertinente?);

b) la nature et le degré de spécialisation des diplômés (formons-nous le genre de spécialistes dont nous avons le plus besoin?);

c) le nombre de diplômés (en formons-nous assez?).

Beaucoup de scientifiques non universitaires estiment que la formation universitaire à la recherche est trop axée sur des travaux d'intérêt restreint, plus ou moins ésotériques, et sur des études en laboratoire. On estime en général que les universités canadiennes manquent à leur devoir en ne fournissant pas au pays tous les effectifs géoscientifiques dont il a besoin (par exemple, les géophysiciens miniers, les géologues miniers, les spécialistes de l'économie des minéraux, les hydrogéologues, les spécialistes des terrains nordiques, les ingénieurs spécialisés dans les questions d'environnement, etc.), et en produisant trop de titulaires du doctorat dans d'autres domaines (par exemple, la géochimie isotopique, les synthèses minérales, la paléontologie, etc.).

Il y a peu d'objections au principe de la liberté universitaire d'entreprendre les recherches fondamentales désirées, quoique cette philosophie ait engendré une concentration de la recherche et une surproduction de titulaires de doctorats dans

les domaines choisis par les professeurs eux-mêmes. Même si la quête des connaissances est en soi un objectif louable, qui doit être poursuivi, on devrait encourager les universités à se préoccuper davantage des besoins pratiques du pays et à accroître leurs travaux de recherche dans les domaines où les possibilités d'emploi sont les meilleures.

Plusieurs domaines géoscientifiques ont beaucoup évolué au cours de la dernière décennie. Les notions empiriques et les méthodes largement descriptives cèdent rapidement leur place à des méthodes scientifiques plus rigoureuses, fondées de plus en plus sur les mathématiques, la cybernétique, la physique et la chimie. Ces changements, désirables en eux-mêmes, doivent cependant s'appuyer sur une recherche théorique suffisante de façon que nous puissions déchiffrer les mystères de notre planète et ouvrir la voie à de nombreuses applications nouvelles des connaissances ainsi acquises.

6. La recherche sur les problèmes de terrain devrait demeurer au premier plan dans l'élaboration des programmes d'études supérieures en sciences de la Terre. On nous a dit que certains départements de géologie n'acceptent plus que des thèses doctorales portant sur des problèmes de terrain. En autant que nous sachions, ces rapports sont sans fondement. Cependant, il est vrai que la majorité des départements refusent maintenant de considérer un rapport géologique de nature essentiellement descriptive comme sujet valable de thèse doctorale.

7. En dépit du besoin de spécialisation en recherche, il importe de rapprocher le plus possible les diverses disciplines, de manière à obtenir une vue d'ensemble des problèmes. Ainsi, on a tout à gagner à rapprocher la géophysique et la géologie. De même, en géotechnique, le spécialiste doit non seulement maîtriser les techniques du génie civil et de la mécanique des sols, il doit aussi avoir de bonnes connaissances géologiques (voir chapitre V). Les universités devraient s'ingénier à promouvoir la recherche pluridisciplinaire sur des problèmes d'intérêt national,

plutôt que de tolérer une situation où de trop nombreux chercheurs isolés font à peu près ce qu'ils veulent, sans que cela serve à résoudre les problèmes du milieu.

8. Une plus grande part de la recherche géoscientifique universitaire devrait, selon nous, suivre des objectifs thématiques, nationaux et être mieux coordonnée avec les travaux des organismes publics.

9. Un trop grand nombre de professeurs des sciences de la Terre n'ont aucune expérience pratique et trop peu se soucient de maintenir de bons contacts avec les scientifiques de l'industrie et des organismes publics. Notons aussi que les normes salariales des universités devraient être suffisamment flexibles pour leur permettre d'engager des géoscientifiques de grande expérience.

10. Un trop grand nombre d'étudiants diplômés envisagent leurs études supérieures comme une fin en elles-mêmes et ambitionnent, une fois en possession de leur diplôme, de mener exactement le même genre de recherches que lors de la préparation de leur thèse. Les professeurs devraient encourager les étudiants à s'ouvrir sur le monde et à appliquer leurs connaissances à la découverte de nouvelles utilisations pratiques de la science.

11. Les universités devraient faire pression sur l'État et l'industrie afin qu'ils instituent des systèmes de congés sabbatiques afin de permettre à des scientifiques de ces secteurs de pouvoir séjourner dans les universités pour certaines périodes prolongées. Les talents ainsi rassemblés ne pourraient qu'être très profitables aux universités, en plus de bénéficier aux stagiaires eux-mêmes. C'est un fait déplorable que nous ne possédions pas au Canada un centre universitaire de grande réputation qui traite de tous les aspects de l'industrie pétrolière; nous n'avons pas non plus de centre universitaire de recherches en exploration minière qui rivalise tant soit peu avec certaines écoles américaines ou britanniques. Nous ne sommes guère mieux pourvus en ce qui concerne les études universitaires des terrains septentrionaux et arctiques.

12. Outre leur rôle de recherche et de

formation d'étudiants, les universités devraient être sensibles aux besoins de l'industrie et organiser des cours de recyclage. Les universités ne sont pas à blâmer pour le faible nombre de tels cours qui se donnent actuellement car, fait assez étrange, l'industrie minière a présenté très peu de demandes pour des cours géoscientifiques, alors que le fait est courant de la part des sociétés pétrolières. Pourtant, nombre de géologues et d'ingénieurs miniers de l'industrie se plaignent souvent que les jeunes diplômés issus de nos universités parlent un langage fort différent de ceux qu'ils ont appris durant leurs études il y a de cela bien des années.

### III.11 La recherche fondamentale dans l'industrie et les organismes publics

Les tableaux II.2 et II.10 donnent la répartition générale des dépenses de recherche géoscientifique au Canada. On peut en tirer trois conclusions principales. Premièrement, les dépenses de recherche fondamentale de l'industrie pétrolière dépassent de loin celles de l'industrie minière. Deuxièmement, ce sont les plus importantes sociétés qui effectuent la plupart des travaux de recherche fondamentale, sans que leur activité soit fonction de leur taille. Troisièmement, les dépenses de développement technique et d'interprétation des données scientifiques dépassent largement l'ensemble des dépenses de recherche fondamentale et appliquée.

Par ailleurs, on estime que les dépenses universitaires en recherche et formation géoscientifique aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles atteignent 4.5 millions de dollars au total (voir les tableaux II.39, II.40 et II.41). Les subventions fédérales à la recherche géoscientifique s'élèvent à 4 millions de dollars (tableau II.27). Les universités sont donc, et de loin, les organismes qui accomplissent le plus de recherches géoscientifiques fondamentales. Elles ont dépensé en ce domaine plus de 8 millions de dollars en 1968, comparativement à 4 millions de dollars dépensés par les organismes fédéraux, 2 millions de dollars par

l'industrie, et 0.5 million de dollars par les ministères et les conseils des recherches des provinces.

L'industrie extractive et l'industrie du bâtiment ont généralement fort apprécié la nature et l'envergure des recherches fondamentales effectuées par les organismes fédéraux. On n'a mentionné qu'accessoirement les organismes publics provinciaux dans les réponses au questionnaire, probablement parce qu'ils n'effectuent que très peu de recherche fondamentale eux-mêmes, à l'exception d'un Conseil provincial des recherches.

### III.12 La création de centres d'études géoscientifiques spécialisées

#### **Considérations générales**

Les progrès des sciences canadiennes n'ont pas répondu à l'attente générale. Nos savants canadiens n'ont jamais mérité un prix Nobel en sciences naturelles. Cependant, compte tenu du nombre de nos spécialistes et des dépenses considérables en recherche scientifique, on aurait espéré qu'un Canadien au moins reçoive cette distinction internationale. Il est vrai que le prix Nobel ne donne pas une mesure absolue des réalisations scientifiques et qu'on ne peut créer des lauréats du prix Nobel ou des génies. On peut cependant leur offrir un milieu favorable.

Nous avons quelque raison d'être peu enthousiastes pour nos réalisations dans les divers domaines de la science. *Il est temps que nous repensions nos activités et nos institutions de manière à atteindre l'excellence en recherche scientifique.* Les plans grandioses ne sont pas indispensables, non plus qu'un plus fort pourcentage du produit national brut. On peut obtenir une recherche de haute qualité en renforçant les programmes les plus avancés aux points de vue scientifique, social et économique.

Quelle est donc la valeur de nos organes scientifiques? On doit appliquer le critère de qualité particulièrement à nos institutions de haut savoir, de même qu'au corps enseignant et aux étudiants diplômés. Nos départements géoscientifiques

disposent-ils des meilleurs spécialistes? La recherche est-elle menée par des géoscientifiques appréciés de l'industrie et du secteur public? Nos étudiants du 3<sup>e</sup> cycle sont-ils doués d'originalité, de flair et de capacité intellectuelle? La recherche géoscientifique dans nos universités est-elle partout appréciée ou tout au moins bien connue sur le plan international?

Nous pensons posséder au Canada les éléments primordiaux pour que les sciences de la Terre connaissent un grand succès, tant par l'accumulation des connaissances géoscientifiques fondamentales que par leur application en vue du progrès économique et social. Nous cherchons simplement comment il serait possible d'améliorer la qualité des travaux géoscientifiques pour atteindre l'excellence.

Bien que nous n'ayions pas tenté d'étudier les établissements étrangers qu'on peut qualifier de centres d'excellence en recherche géoscientifique, nous sommes néanmoins conscients de quelques différences marquantes entre certains de ces établissements et les nôtres. Deux faits essentiels se dégagent de ces comparaisons préliminaires: la «concentration des talents et la focalisation des efforts».

#### **Concentration des talents**

Donnons comme exemple la section de géologie et de géographie de l'Université Charles, à Prague, qui comprend 65 professeurs titulaires, professeurs agrégés et professeurs adjoints. Ce groupe ne comprend pas le corps enseignant les sciences de la Terre dans le département de géographie économique et régionale.

La population de la Tchécoslovaquie n'atteint que les deux tiers de celle du Canada; cependant aucune de nos universités ne dispose de la concentration de talents de l'Université Charles, qui comprend autant de spécialistes dans une seule spécialité qu'un département tout entier dans une université canadienne.

On peut espérer qu'une plus forte concentration des talents soit proportionnellement plus productive au Canada. Cependant, nous devons conserver la large

répartition actuelle des départements géoscientifiques, le pays étant si vaste, et nous devons concentrer les talents sur une base régionale. On ne peut douter par exemple qu'il faille un solide groupe géoscientifique universitaire à Vancouver, à Calgary, Edmonton, Winnipeg, Saskatoon, Toronto, Montréal et dans chacune des provinces de l'Atlantique, ainsi que dans quelques autres villes canadiennes. Cependant, on peut se demander si la multiplicité des départements géoscientifiques dans la même ville n'amène pas un éparpillement nuisible des efforts. Montréal, par exemple, dispose de *six départements de géologie* (École Polytechnique, Université de Montréal, Université du Québec, McGill, Collège Loyola et Sir George Williams), et de *quatre départements de géographie*<sup>1</sup> (Université de Montréal, Université du Québec, McGill et Sir George Williams). Il y a de plus *deux départements de génie minier* (l'un à McGill qui enseigne la prospection géophysique et l'autre à l'École Polytechnique). Cette prolifération est due en partie à la nécessité de créer des départements francophones. Bien que l'École Polytechnique et l'Université de Montréal se soient mises d'accord pour donner un enseignement commun, il y a une certaine répétition d'efforts et double emploi des installations de recherche des deux départements.

*L'Ontario dispose d'onze départements de géologie, dix départements de géographie et deux départements de géophysique.* Le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse ont ensemble quatre départements de géologie, une section de géophysique (dans le département de physique de l'Université Dalhousie), mais *aucun département de géographie.*

Il y a, bien entendu des raisons pour l'existence de départements géoscientifiques dans tant d'universités. On peut se demander cependant si cette prolifération est favorable à la qualité de l'enseignement. Nous donnerons les principes suivants:

1. Il faudrait donner un enseignement géoscientifique au 1<sup>er</sup> cycle partout où il

y a une demande régionale durable pour des diplômés en sciences de la Terre. *On propose que le nombre minimal de cinq bacheliers par année serve de critère d'établissement du cours, soit 50 étudiants (y compris les étudiants de première année).* Les départements actuels d'enseignement au 1<sup>er</sup> cycle qui ne sont pas viables devraient s'associer à d'autres. Ainsi, certains départements de géologie des provinces de l'Atlantique et de l'Ontario, qui ont formé moins de cinq bacheliers en moyenne par année au cours des cinq dernières années, devraient sérieusement envisager une association avec les départements de géographie. Nous recommandons par exemple que les plus petits départements de géologie des provinces maritimes donnent un programme d'enseignement de géologie-géographie du 1<sup>er</sup> cycle et s'occupent de la formation des professeurs de géosciences de l'enseignement secondaire. Ces départements, et d'autres, ne peuvent raisonnablement donner un enseignement supérieur dans un avenir proche, et à cause de leur milieu environnant, ils ne peuvent créer de solides départements d'enseignement au 1<sup>er</sup> cycle. Ils pourraient offrir une solide formation de base dans les diverses spécialités géoscientifiques s'ils s'alliaient des professeurs de géophysique et de géographie physique, sans parler de la pédologie.

2. Il ne faudrait favoriser l'élaboration de programmes d'enseignement supérieur que dans les régions où l'on a clairement besoin de géoscientifiques de ce niveau, et avec la ferme intention d'offrir des programmes de qualité. Ces nouveaux programmes devront tenir compte de l'enseignement déjà dispensé dans les autres universités de la province ou de la région. Il faut éviter autant que possible la répétition des grands efforts de recherche. Compte tenu de ces considérations, ainsi que d'autres, nous estimons que:

---

---

### *Conclusion III.10*

#### *Pour éviter l'éparpillement des efforts et*

<sup>1</sup>Seuls les universités McGill et de Montréal présentent cependant un programme de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles en géographie physique.

*pour favoriser l'excellence des recherches et de la formation géoscientifiques, les ministères provinciaux et les universités ne devraient autoriser la mise en œuvre de nouveaux programmes d'enseignement géoscientifique supérieur que lorsqu'il existerait une demande évidente de géoscientifiques de certaines spécialisations. Il ne faudrait mettre en œuvre ces programmes que lorsque l'université aurait formé 2 bacheliers au moins par professeur pendant quatre années consécutives, et que l'administration provinciale et l'université se seraient engagées à former un corps enseignant comprenant dix professeurs de géosciences au minimum et à fournir des installations adéquates d'enseignement et de recherche.*

---

### **Focalisation des efforts**

Une des caractéristiques importantes des centres d'excellence étrangers est la spécialisation de leurs recherches. Dans la plupart des cas cette focalisation dure depuis un certain nombre d'années, permettant la formation d'un grand nombre de spécialistes. Ces centres attirent les sommités scientifiques, réalisent de nombreuses recherches et introduisent d'importantes innovations. Le centre de géochimie de l'École royale des mines, à Londres, constitue l'un des meilleurs exemples de cette focalisation d'efforts. Le centre de morphologie mathématique de Fontainebleau, dirigé par le Professeur G. Matheron, en est un autre. Ce centre occupe environ 25 spécialistes de morphologie mathématique, de statistique et de technologie des ordinateurs.

Le Canada a perdu nombre de ses meilleurs scientifiques par émigration vers d'autres pays. L'attraction qu'exercent les grands centres étrangers de recherche, bien équipés et bien pourvus en spécialistes et en techniciens, a sans aucun doute constitué un facteur déterminant de leur départ. Il est clair que nous pourrions neutraliser cette attraction par la création de centres comparables au Canada, grâce à la réorganisation et à la focalisation des recherches.

Le Canada est dépassé même dans ses domaines d'excellence traditionnels. Nous étions fiers de la supériorité de nos techniques de prospection, mais actuellement le Canada n'a même pas un centre disposant des laboratoires, du personnel et des installations de recherche comparables à ceux de la division de recherche géologique de la Kennecott Copper Corporation à Salt Lake City en Utah. On y met au point de nouvelles techniques qui dépassent nos possibilités actuelles.

### **La scène canadienne**

Les départements géoscientifiques des universités canadiennes sont nombreux, mais leur personnel est restreint (voir les tableaux II.39 à II.41). Ces scientifiques sont traditionnellement éparpillés en de nombreuses spécialités couvrant tout l'éventail de la recherche géoscientifique pure et appliquée. Les efforts sont généralement trop dispersés pour donner un ensemble pluridisciplinaire de synthèse et d'analyse des données. Une tendance apparaît, poussant les écoles supérieures à effectuer leurs recherches dans quelques domaines spécialisés seulement, en vue d'éviter les répétitions inutiles d'efforts. Des centres d'excellence commencent ainsi à apparaître, mais peu de départements géoscientifiques disposent de vingt professeurs, nombre utilisé comme critère de taille minimale des départements de sciences de la Terre dans les universités américaines.

Les groupes de géologues des organismes provinciaux sont généralement petits et s'occupent surtout du rassemblement de données intéressant l'industrie extractive. Plusieurs de ces groupes ont maintenant inauguré des programmes de recherches, ce qui leur permet non seulement de résoudre les problèmes qui les concernent mais aussi de conserver un personnel très compétent.

On a récemment critiqué la centralisation excessive à Ottawa des organismes géoscientifiques fédéraux et les possibilités restreintes de formation de nouveaux scientifiques offertes par leurs programmes de recherches fondamentales. Notre

étude a montré que la recherche effectuée par ces organismes est généralement de haute qualité. Cependant, il en résulte surtout des publications plutôt que la formation du personnel de recherche nécessaire du pays. Leur rôle primordial consiste bien entendu à s'occuper des besoins nationaux et on ne peut espérer que la Commission géologique du Canada, par exemple, consacre toute son attention à la formation de spécialistes, car sa productivité scientifique en serait réduite. *Cependant, au risque de trop simplifier la question, nous voudrions la décentralisation des organismes géoscientifiques fédéraux et l'intensification de leur collaboration avec les universités du pays, pour que nous puissions utiliser au mieux nos ressources humaines non seulement pour la recherche mais aussi pour la formation de géoscientifiques.*

Il faut admettre à la décharge des organismes fédéraux que les universités de Vancouver et de Calgary n'ont pas tiré tous les avantages possibles de la présence de groupes de géoscientifiques de la Commission géologique. Il faut que la collaboration s'effectue dans les deux sens et que les universités sollicitent activement le soutien des organismes fédéraux pour réaliser leurs programmes de recherche, tout en évitant de gêner l'action de ces organismes en faveur de l'industrie.

L'industrie canadienne, l'industrie extractive en particulier, a suscité d'importants progrès géoscientifiques. Notre économie concurrentielle nous a donné une production de substances minérales qui fait l'envie du monde. La compétition qui règne entre les sociétés de prospection exige des recherches appliquées et il faut que les résultats applicables directement à la prospection restent confidentiels pendant quelque temps. Cette compétition réduit les possibilités de collaboration directe et entière entre l'industrie et les autres secteurs de recherche. En fait, l'industrie extractive soutient bien peu de programmes de recherche universitaire et elle ne contribue que faiblement au paiement de l'équipement de recherche des

départements géoscientifiques (voir tableaux II.39 à II.41). C'est en partie pour ces raisons que l'industrie pourrait se contenter d'offrir conseils et financement, mais il faudrait explorer toutes les voies possibles de collaboration entre les universités et les firmes industrielles. Ces dernières pourraient ainsi financer des bourses industrielles, grâce auxquelles le chercheur de l'industrie pourrait accomplir une partie de ses recherches dans une université. Nous étudierons plus complètement la collaboration de l'industrie à l'échelle nationale à la section IV.6.

Le financement fédéral direct a permis la création de quelques centres de recherche tels que l'Institut d'océanographie Bedford à Dartmouth, l'Institut des Grands Lacs à Hamilton, l'Institut de sédimentologie et de géologie pétrolière à Calgary et la Section des Rocheuses de la Commission Géologique du Canada. On estime que ces centres font un travail d'excellente qualité. Ils sont maintenant bien assis, mais il faudrait assurer leur fécondité future pour l'élite des scientifiques de demain.

*En conclusion, nous affirmons que l'effort de recherche géoscientifique au Canada est généralement si dispersé qu'il ne peut susciter l'excellence en recherche, malgré les dépenses et les efforts consentis.* Une meilleure coordination des efforts et la création de centres convenant aux conditions canadiennes pourraient nous permettre d'atteindre l'excellence en recherche et produire les innovations désirées, mais non réalisées.

### **Facteurs d'excellence d'un centre de recherche géoscientifique**

1. Le centre devrait organiser ses travaux en fonction des programmes à réaliser et non s'inspirer des méthodes d'ailleurs. Nous avons besoin d'innover lors de la conception des organismes de recherche, tout autant qu'ailleurs.

2. Il faut que le centre convienne au Canada. Il devrait constituer un foyer d'étude des problèmes scientifiques importants pour le pays, spécialement de ceux qui ont d'importantes conséquences

pratiques. Nous devrions tirer pleinement profit des traits géologiques soit particuliers, soit très étendus au Canada. Il faut aussi éviter la répétition inutile d'efforts ou la concurrence avec d'autres organismes spécialisés déjà bien établis dans d'autres pays industriels, sauf dans les domaines qui intéressent particulièrement le Canada (voir section III.8) et l'économie canadienne (voir chapitres IV, V et VI). *Le programme idéal de travail du centre serait basé sur les besoins nationaux et sur les possibilités scientifiques de la scène canadienne.*

3. Il faudrait que le centre groupe les organes existants en tenant compte des résultats antérieurs.

4. Il faudrait si possible que le centre soit installé dans un lieu favorable à la conjonction des installations de recherche des universités et de l'État pour favoriser leur dynamisme mutuel. Il faudrait utiliser les installations de recherche et de rassemblement des données des organismes de l'État pour la formation de nouveaux spécialistes. Le campus universitaire semble constituer le meilleur emplacement pour le centre, car les spécialistes auraient facilement accès au corps enseignant et aux étudiants et pourraient utiliser les installations des universités: équipement de recherche, bibliothèques spécialisées, services techniques et ordinateurs.

5. L'industrie devrait participer à la direction de certains centres, soit directement, soit comme surveillante technique. Autant que possible, l'industrie devrait participer aux programmes de recherche par l'octroi de bourses de recherche, de contrats de recherche ou par d'autres moyens. L'industrie devrait utiliser les résultats de ces recherches, et elle devrait s'intéresser fortement à ce qu'on forme les spécialistes indispensables.

6. La plupart des centres devraient accomplir des programmes de recherche pure, de recherche appliquée, de développement technique, de rassemblement des données, d'information scientifique et d'innovation. Ils devraient se garder de la spécialisation exagérée et la plupart de-

vraient utiliser une approche pluridisciplinaire pour la résolution des problèmes. Certains centres devraient se spécialiser dans l'étude des problèmes industriels dont la résolution procurerait des avantages économiques sans dépenses exagérées.

7. Le domaine d'activité du centre devrait être choisi pour offrir un champ d'action à long terme ou ouvrir des perspectives nouvelles afin d'éviter l'ossification nécessitant une réorganisation complète ou une orientation nouvelle grâce à de nouveaux programmes.

8. Il faudrait encourager les meilleurs spécialistes à rester dans la recherche et à s'occuper de la formation des étudiants au lieu de les accabler de tâches administratives. *Au Canada, l'exode des scientifiques éminents a plutôt lieu vers l'administration qu'outre-frontières*, empêchant ainsi que les recherches atteignent à l'excellence. L'administration des centres d'excellence scientifique pourrait fort bien ressembler à celle des grands hôpitaux.

9. Le choix de l'emplacement du centre devrait tenir compte de la géographie et des communications, car de nombreux centres géoscientifiques s'occuperont largement de travaux sur le terrain.

10. Le centre devrait réaliser une gamme très diverse de projets, offrant ainsi au scientifique individuel de nombreuses voies d'action, dans certaines limites. La liberté complète de la recherche n'est pas possible, en raison des limitations financières et matérielles et de l'orientation thématique du centre.

11. Ce centre devrait viser à l'amélioration des communications entre les chercheurs des secteurs universitaire, public et industriel, et de la collaboration des intéressés à la recherche dans son principal secteur d'activité.

### **Organisation des centres d'excellence**

Les divers mémoires soumis à notre Groupe d'études (voir annexe 3) ont proposé deux grands types opposés d'organisation. L'un prévoit la création d'un institut de recherche entièrement nouveau situé dans un parc universitaire. L'institut serait «un organisme entièrement auto-

nome, constitué en société d'intérêt public, financé par l'industrie et par l'État, sous la direction majoritaire d'administrateurs nommés par l'industrie». L'industrie serait étroitement associée à une université disposant d'une bibliothèque technique bien fournie et d'installations de recherche. L'institut agirait dans le cadre d'accords officiels avec des firmes industrielles. Il aurait son propre bâtiment, et ses installations et son personnel lui permettrait de mener des recherches indépendantes, grâce au parrainage de l'industrie.

À l'opposé, le second type d'organisation envisagé résulterait de la coordination et de la collaboration de groupes de scientifiques existant dans les secteurs universitaire, public et (si possible) industriel, conduisant à la création d'un centre commun dans un complexe universitaire. Chaque groupe conserverait un certain degré d'autonomie, et assumerait ses propres responsabilités, conformément aux dispositions réglementaires. Le rapprochement des spécialistes travaillant dans un domaine donné permettrait la coordination de leurs travaux grâce à des projets de recherche communs, à la direction conjointe des étudiants diplômés et d'un programme de réunions bilatérales.

### **Arguments à l'appui de la création des centres d'excellence**

Les exposés documentaires recueillis au cours de la présente étude ont largement soutenu l'idée des centres d'excellence, de même que les mémoires soumis par l'industrie, les universités et certains intéressés, et les mémoires recommandant la création de centres déterminés (voir annexe 3).

L'industrie soutient le principe de la coordination. Dans son mémoire, l'Institut canadien des mines et de la métallurgie déclare: «On peut douter que les ressources actuellement disponibles soient utilisées au mieux. On alloue maintenant des subventions pour aider la recherche individuelle ou des projets de recherche d'envergure restreinte. En raison de l'accroissement de complexité des problèmes

géoscientifiques, il serait préférable de favoriser les projets de plus grande envergure. Autrement dit, nous pourrions encourager le groupement des efforts d'organismes divers, de différents scientifiques, pour la recherche au cours de différentes phases d'un grand programme. À une échelle plus vaste encore, il faudrait encourager la réalisation conjointe de projets par les universités, les firmes industrielles et les organismes publics dans certains domaines».

Le mémoire du service d'exploration pétrolière d'*Imperial Oil Limited* contient plusieurs recommandations: «L'industrie devrait parrainer des instituts de recherche industrielle dans des universités choisies...L'État devrait aider les universités à atteindre l'excellence en certains domaines et y soutenir la réalisation de projets de recherche à long terme, les encourageant financièrement et leur permettant d'attirer un personnel exceptionnel...Les universités devraient s'efforcer à l'excellence en certains domaines... Elles devraient utiliser du personnel des secteurs public et industriel».

Il y a unanimité pour la création de centres d'excellence permettant d'accroître l'efficacité de la recherche et du développement géoscientifiques. Nous souscrivons à la création de ces centres, en fonction des facteurs mentionnés ci-dessus et des précautions et exigences exposées ci-après.

### **Précautions à prendre lors de la création des centres d'excellence**

De nombreuses considérations sont en faveur de centres de recherche dynamiques. Leurs installations seraient très accessibles, ils attireraient d'éminents scientifiques, soit comme visiteurs, soit pour se joindre au personnel, dont la créativité serait multipliée par l'action réciproque de spécialistes de diverses disciplines venant de différents établissements de recherche.

Cependant il ne faudrait pas créer ces centres pour supplanter d'autres établissements scientifiques, mais plutôt pour les étayer. Il y a danger que les spécialis-

tes travaillant hors de ces centres perdent courage et que les universités et les instituts de recherche dépourvus de centres ne réussissent pas à attirer de bons professeurs et des étudiants doués. Certains centres ou instituts pourraient faire du tort à quelques-unes de nos nouvelles firmes s'occupant de recherche, en particulier dans le domaine de la prospection géophysique. Il faut s'assurer que la recherche soutienne ce genre d'industries au lieu de les gêner. Nous croyons que les Instituts de recherche en exploration minière prévus (voir section IV.5) rempliraient le rôle de centres d'excellence pour le secteur de l'industrie extractive et qu'ils lui seraient très utiles. Il faudrait éviter la spécialisation excessive qui déséquilibre la formation des spécialistes; d'ailleurs, les étudiants du 1<sup>er</sup> cycle ne devraient pas participer trop tôt à l'activité des centres.

Nous devons prendre connaissance de l'expérience des instituts et des centres actuels. L'Institut de recherche Stanford, qui est un organisme autonome travaillant sous contrat, a été organisé à la façon du premier type d'institut proposé ci-dessus (section III.11). Il a été obligé de fermer sa section géoscientifique qui n'obtenait plus de contrats et n'avait plus l'appui de l'industrie extractive. La recherche sous contrat est risquée parce que ce type de recherche est plus facile à négliger lorsque l'argent devient rare. La suppression affecte peu le groupe commanditaire mais a des conséquences fâcheuses pour le centre de recherche. Malheureusement, les groupes commanditaires utilisent cette soupape de sûreté pour protéger les crédits de leurs services. Cette négligence peut entraîner le licenciement d'une bonne équipe de recherche laborieusement constituée et l'abandon d'importantes recherches par étroitesse de vues. Dans ces conditions, les instituts ou les centres d'excellence ne peuvent attirer un personnel de haute qualité.

Les centres exigent le groupement de leurs éléments, de préférence dans un seul bâtiment. Les groupes travaillant en divers quartiers de la même ville, comme

ceux qui participent au projet Pioneer à Winnipeg, ont constaté l'absence de communications et les difficultés de collaboration causées par un éloignement de quelques milles seulement.

### **Exemple de ce qu'une université devrait offrir à un centre**

Il est facile de proposer la création de centres d'excellence, mais il est difficile d'assurer leur croissance logique et d'obtenir les engagements financiers des organismes qui devraient les soutenir. Les secteurs public, industriel et universitaire doivent garantir un appui à long terme aux centres qui ressortissent de leurs grands domaines d'intérêt et chacun d'eux doit satisfaire à une série d'exigences. À titre d'illustration, nous indiquons ici les conditions requises pour la recherche thématique du secteur universitaire:

1. L'université doit d'abord afficher un intérêt et une compétence raisonnables dans le futur cadre de recherche du centre.

2. L'emplacement géographique de l'université doit convenir à la recherche prévue.

3. Le gouvernement provincial doit avoir témoigné un intérêt pour ce domaine de recherche.

4. L'université devrait disposer de vastes installations pour les travaux conjoints de recherche.

5. Le règlement administratif de l'université doit permettre la participation de fonctionnaires et de spécialistes de l'industrie à la recherche et à la formation supérieure des étudiants diplômés.

6. L'université doit fournir un emplacement dans le parc universitaire pour la construction des bâtiments de l'institut public ou industriel, au cas où les installations de l'université ne conviendraient pas.

7. L'université doit fournir aux autres organismes parrains l'assurance qu'elle favorisera la formation supérieure des étudiants diplômés et la recherche dans le domaine choisi.

8. L'université devrait accroître le corps enseignant dans le domaine choisi

en engageant des spécialistes qui participeraient de façon tangible aux recherches conjointes. Il est nécessaire que les scientifiques sachent qu'un tel groupe dynamique existe, et qu'ils pourront participer à des échanges fructueux. Si ce groupe universitaire est trop petit, il finira par disparaître.

Bien entendu, il faut partager et délimiter les responsabilités des divers organismes parrains avant la création du centre. Nous estimons que l'université doit prendre l'initiative de la proposition de création et qu'elle doit s'adresser d'abord au gouvernement fédéral, mais avec la preuve d'un ferme appui de l'industrie locale et de l'administration provinciale.

### **Centres d'excellence proposés**

Notre Groupe d'études a reçu des suggestions et des propositions de création d'environ dix-huit centres d'excellence différents. Nous avons soigneusement analysé ces propositions, à la lumière des remarques précédentes. Il faudrait déterminer les priorités, l'envergure du centre et son meilleur emplacement conformément aux conditions et aux facteurs mentionnés dans ce chapitre. En conséquence, nous avons choisi les domaines suivants, où il faudrait atteindre à l'excellence de la recherche (par ordre alphabétique):

1. Études sur la Cordillère
2. Études sur le Précambrien
3. Études sur le Quaternaire
4. Études sur les terrains nordiques
5. Géologie des terrains sédimentaires
6. Recherche en exploration minière
7. Sciences de la mer (divisions est et

ouest)

Un centre de sciences de la mer et un centre de géologie des terrains sédimentaires existent déjà au pays. Il faudrait accorder la priorité à la recherche en exploration minière (voir section IV.5) et à la recherche sur les terrains nordiques. La recherche sur le Quaternaire devrait aussi être prioritaire à cause de ses nombreuses applications au domaine des ressources renouvelables, à l'utilisation rationnelle des terrains et à l'urbanisme.

Les études sur le Précambrien viendraient après, conformément au programme recommandé à la section III.3. Nous estimons par conséquent que:

---

---

### *Conclusion III.11*

*Le Canada devrait s'occuper de créer les centres d'excellence géoscientifique suivants (par ordre alphabétique): études sur la Cordillère, études sur le Précambrien, études sur le Quaternaire, études sur les terrains nordiques, géologie des terrains sédimentaires, recherche en exploration minière, et sciences de la mer.*

---

---