



**LE CONSEIL CANADIEN  
DES SCIENCES  
DE LA TERRE**

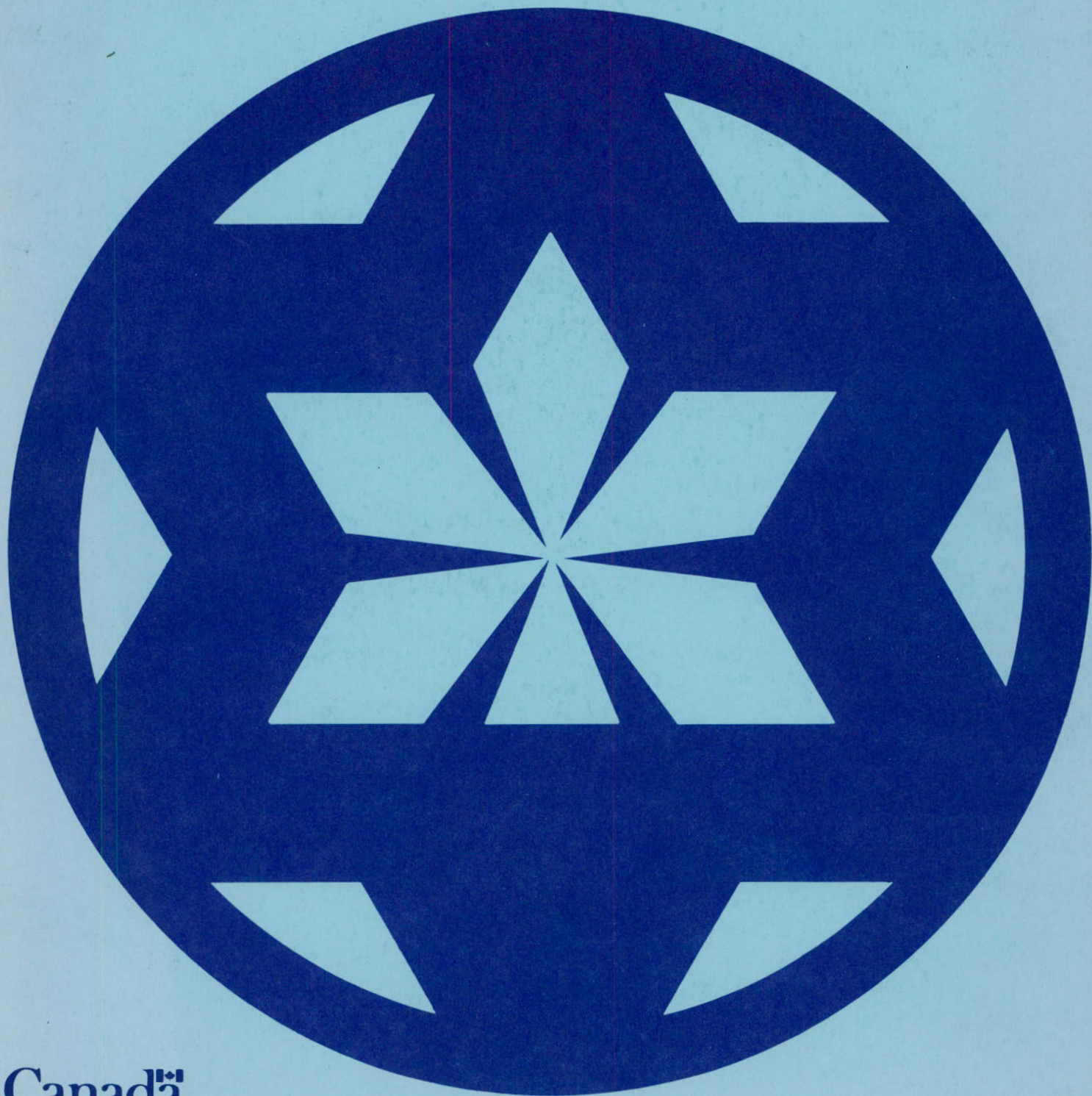
Publié par la Commission  
géologique du Canada  
pour le Conseil

Étude 80-6, partie 1

**LES SCIENCES DE LA TERRE  
AU CANADA, 1979**

Partie 1: La géologie et la  
géophysique dans les  
universités canadiennes

E.R.W. Neale et J.E. Armstrong



**Canada**



Energy, Mines and  
Resources Canada

Énergie, Mines et  
Ressources Canada

**COMMISSION GÉOLOGIQUE  
ÉTUDE 80-6, PARTIE 1**

**LES SCIENCES DE LA TERRE DU CANADA, 1979**  
**Partie 1: La géologie et la géophysique**  
**dans les universités canadiennes**

**E.R.W. NEALE ET J.E. ARMSTRONG**

**Comité des études universitaires**

**Co-présidents: E.R.W. Neale, J.E. Armstrong**

**Membres: L. Clark, M.J. Keen, R.Y. Lamarche  
P.L. Money, P.J. Savage**

**1981**

This document was produced  
by scanning the original publication.

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

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1981

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés  
et autres librairies

ou par la poste au:

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

et aussi à la

Commission géologique du Canada,  
601 rue Booth, Ottawa, K1A 0E8

N° de catalogue M44-80/6-1F	Canada: \$5.00
ISBN 0-660-90859-X	Hors Canada: \$6.00

Prix sujet à changement sans avis préalable

## PRÉFACE

Depuis sa création en 1972, le Conseil canadien des sciences de la Terre a beaucoup mûri, s'attaquant aux questions qui, les unes plus complexes et fondamentales que les précédentes, se posent aux géoscientifiques canadiens. La principale section du sixième rapport annuel du Conseil canadien des sciences de la Terre traite de l'enseignement et de la recherche en géologie et en géophysique dans les universités canadiennes. Le Conseil apprécie au plus haut point les efforts que MM. E.R. Ward Neale et Jack E. Armstrong ont consacrés spontanément, pendant deux ans, à la réalisation de cette étude, et leur est redevable pour les longues heures de recherche, de discussion, d'analyse et de rédaction animées de frustration, d'intelligence, de pénétration et de pondération qu'ils ont connues.

Le Conseil s'est engagé à mener une série de revues analytiques dans divers secteurs des sciences de la Terre. Les travaux réalisés par le passé ont entre autre compris des recherches géologiques au service de l'exploration pétrolière, des études des sols et des levés géologiques en territoire canadien; à l'heure actuelle, le Conseil mène des recherches géoscientifiques marines et minéralogiques.

Pour mener à bien ces études géoscientifiques au Canada, l'industrie, les organismes fédéraux et provinciaux et les universités comptent sur l'arrivée constante de nouveaux employés ayant la formation et les talents requis. Les départements des sciences de la Terre des universités canadiennes constituent la principale source d'approvisionnement en personnel, et il est essentiel qu'ils produisent suffisamment de géoscientifiques potentiels, ayant les connaissances fondamentales ou spécialisées nécessaires, pour répondre aux besoins du pays. Il importe donc que les universités incitent une bonne partie des étudiants pré-universitaires prometteurs à s'intéresser aux sciences de la Terre, d'enseigner les plus importants aspects de ces disciplines d'une façon stimulante et moderne, de dispenser aux intéressés des cours bien à propos dans d'autres domaines fondamentaux ou dans des disciplines connexes, et de préparer les futurs diplômés à oeuvrer efficacement dans la ou les sciences de la Terre qui les intéressent. La présente étude documente presque tous les aspects de l'enseignement et de la recherche dans les départements des sciences de la Terre des universités canadiennes, en mettant l'accent sur la géologie et la géophysique. Les responsables de l'étude ont cueilli des données dans tous les départements et consulté des enseignants, des étudiants, des représentants des secteurs industriel et public, et un grand éventail d'experts de renommée internationale.

Après avoir consulté fréquemment le Conseil, les responsables de l'étude ont fait la synthèse de tous les renseignements cueillis, en distinguant la réalité de la fiction, et présenté un grand nombre des données sous formes de tableaux fournis en annexe, et cela en essayant d'éviter de mentionner, dans la plupart des cas, les auteurs des renseignements obtenus du milieu universitaire.

L'étude a été subventionnée par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (C.R.S.N.G.) et par la Commission géologique du Canada (C.G.C.), qui y a consacré également ses propres ressources. Les auteurs du rapport ont passé en revue les aspects de la question, afin de favoriser l'amélioration du processus de formation des étudiants et d'aider les géoscientifiques et les parties intéressées des secteurs industriel et public à mieux comprendre les objectifs, les problèmes, les préoccupations et les contraintes du corps enseignant.

Les ressources financières et humaines limitées et les délais souvent courts accordés à la préparation de tels rapports donnent inévitablement lieu à une synthèse quelque peu subjective, à l'omission d'exemples pertinents et, peut-être aussi, à des critiques indues. Les auteurs du rapport se sont cependant efforcés de fournir des données aussi réalistes et récentes que possible et de présenter les vues des scientifiques et des employeurs qui, dans le milieu universitaire et dans les secteurs industriel et public, traduisent le mieux les attitudes actuelles, qu'elles soient bien fondées ou erronées.

Un des principaux objectifs du Conseil est de favoriser l'amélioration des rapports que les divers secteurs des sciences de la Terre entretiennent entre eux; la diffusion du présent rapport s'inscrit d'ailleurs dans la poursuite de cet objectif. Ne pouvant jeter mon dévolu sur l'une ou sur l'autre des nombreuses recommandations clés méritant une mention spéciale (elles font l'objet d'une description détaillée au début du rapport, chapitre 1), je me contenterai de reprendre la citation suivante de Francis Bacon (1608): "Crafty Men conteme studies: simple Men admire them; and wise Men use them". Le rapport contient beaucoup de renseignements qui s'avéreront fort utiles à ceux qui sauront bien les utiliser; dans ces cas, il faut s'attendre à ce que tous les secteurs des sciences de la Terre connaissent de grandes améliorations, qui profiteront sûrement aux Canadiens.

La partie II du présent rapport signale les nombreux travaux que le Conseil a réalisés ou amorcés l'année dernière. Ces travaux, qui sont très variés, sont passés en revue dans le "Rapport du président".

Enfin, il importe de mentionner que la présente publication annuelle du Conseil a pour but de présenter le fruit des principales études qui ont été effectuées au nom du Conseil, ainsi que ses rapports annuels et des exposés ou des déclarations importantes émanant d'organismes membres. Le C.C.S.T. désire ardemment que cette publication serve de tribune à l'échange des vues éclairées de particuliers ou de groupes, sur les questions qui préoccupent les géoscientifiques canadiens, et profite de l'occasion pour inviter les intéressés à soumettre leurs contributions pour publication dans les rapports à venir.



## TABLE DES MATIÈRES

	1.	RÉSUMÉ ET RECOMMANDATIONS
1		Les sciences de la Terre contemporaines
1		Raison d'être
1		Une décennie de croissance et de développement
3		Faits et opinions
3		Locaux et installations
3		Le corps professoral
4		Étudiants de premier cycle
4		Diplômé de premier cycle
5		Recherche
7		Relations avec d'autres départements
8		Liens avec l'extérieur de l'université
8		Recommandations
8		Administrateurs des universités
9		Chefs et membres des départements de géologie et de géophysique
11		C.R.S.N.G.
11		Conseil canadien des sciences de la Terre
12		Sociétés scientifiques
12		Council of Heads of Canadian Geoscience Departments
12		Organismes gouvernementaux
13		Sociétés d'exploitation minérale et pétrolière
13		Conclusion
14		Remerciements
14		du conseil
14		des auteurs
	2.	LES CORPS PROFESSORAUX ET LES INSTALLATIONS DANS LES DOMAINES DE LA GÉOLOGIE ET DE LA GÉOPHYSIQUE
15		Introduction
15		Évolution de la géologie et de la géophysique dans les universités
15		Départements de géologie
16		Départements de géophysique
16		Rapport entre la géologie et la géophysique
16		Corps professoraux
16		Composition
17		Que font-ils?
17		Enseignement
18		Recherche
19		Autres fonctions
19		Consultation
19		Embauche et conditions d'emploi
20		Titulariat
20		Avancement
20		Syndicats
21		Traitements
21		Personnel de soutien
22		Édifices et matériel
22		Bibliothèques
22		Matériel
23		Gestion
24		Évaluations et autres influences sur le rendement
24		Évaluations faites par les étudiants
25		Le rôle de gestionnaires supérieurs
25		Comités de révision externes
26		Les petites universités
26		Dans les petits pots...
26		Succursales
26		Universités sans départements de géologie
27		Conclusions et recommandations

### 3. ÉTUDES MENANT AU BACCALAURÉAT

31	Introduction
31	Effectif
32	Les étudiants
32	D'où viennent-ils?
32	Statistiques concernant le sexe des étudiants
32	Qu'est-ce qui pousse les étudiants vers les sciences de la Terre?
33	Que valent nos étudiants?
33	À quoi aspirent les étudiants?
34	Communications
34	Conditions d'admission
34	Programmes universitaires
34	L'éventail des cours
35	Baccalauréats majeurs et spécialisés en géologie
36	Baccalauréats majeurs et spécialisés en géophysique
36	Géologie et géophysique dans les facultés du génie
37	Programmes de coopération
37	Évaluation des programmes de l'intérieur
37	Les opinions des étudiants
38	Les opinions des facultés
38	Ce que l'industrie pétrolière pense de la formation des étudiants du 1 <sup>er</sup> cycle
38	Les évaluateurs
38	Les premiers choix des sociétés pétrolières
39	Le recrutement: situation actuelle et future
39	Critiques au sujet de la formation
39	Recommandations en vue d'améliorer la situation
40	Commentaires de l'industrie des minéraux
40	Écoles les mieux cotées
40	Recrutement, préférences et offre
40	Critiques au sujet des programmes de formation
41	Opinions des organismes provinciaux chargés des sciences de la Terre
42	Commentaires des organismes fédéraux
42	Recommandations pour corriger les lacunes relevées par l'industrie et le gouvernement
43	Évaluation des gens de l'extérieur
43	Conclusions

### 4. ÉTUDES SUPÉRIEURES

47	Importance
47	Progrès et état actuel
48	Les exigences des programmes d'études supérieures
48	La maîtrise
49	Le doctorat
49	Les étudiants
49	Qui sont-ils?
51	Qu'étudie-t-on?
52	Où étudie-t-on et pourquoi?
53	Supervision des études supérieures
54	De quelle aide bénéficient les étudiants?
55	Pourquoi les études sont-elles si longues?
57	Embauche des M.SC. et des PH.D.
58	Opinions sur les études supérieures
58	Opinions des étudiants supérieurs
59	Commentaires de l'industrie
59	Industrie pétrolière
59	Sociétés d'exploration minérale
59	Évaluations par des scientifiques gouvernementaux
60	La réponse des enseignants
60	Résumé

## 5. LA RECHERCHE

66	Le moment est venu de faire le point
66	Bref historique
67	Nature et portée de la recherche universitaire
67	La diversité
68	La classification de la recherche
68	La recherche de pointe
68	La réflexion scientifique
69	La recherche en géologie et en géophysique
69	L'organisation de la recherche universitaire
70	Recherche à caractère régional
70	Recherche axée sur une discipline particulière
70	Collaboration entre les institutions
71	Innovation
71	Financement de la recherche
71	Principale source de financement
71	Subventions pour la recherche
72	Les subventions du C.R.S.N.G.
72	Nature des subventions
72	Méthode de sélection
73	Quelques exemples de financement de projets de recherche récents
73	Pratiques et statistiques récentes
74	Subventions pour l'achat de matériel
75	Subventions accordées à des groupements
75	Subventions thématiques
75	La recherche dans les universités francophones
76	Comparaisons avec d'autres sciences
76	Répartition du financement entre les disciplines
77	Les subventions du C.R.S.N.G. - un critère de qualité?
77	Financement de la recherche par des organismes provinciaux
77	Pratiques générales
78	L'Ontario - un modèle d'aide à la recherche
78	L'aide des agences fédérales
78	Rôle de la C.G.C.
79	Autres agences fédérales
80	Subventions de recherche des sociétés pétrolières
80	Financement de la recherche par les sociétés d'exploration minière
81	Un modèle de financement de la recherche
81	Qualité de la recherche
81	Comment évaluer la qualité de la recherche
82	Distinctions honorifiques et prix dans le domaine des sciences de la Terre
82	L'opinion des universitaires sur la recherche dans les universités
83	Quelles sont les meilleures institutions de recherche?
83	Quelles sont nos meilleures réalisations et quelles en sont les personnes responsables?
85	Opinion de l'industrie minière sur la recherche universitaire
85	Opinion de l'industrie pétrolière sur la recherche universitaire
86	Opinion des organismes provinciaux sur la recherche universitaire
86	Opinion des organismes fédéraux sur la recherche universitaire
88	Opinion des pays étrangers
88	Vues d'ensemble de quelques chercheurs étrangers
97	Discussions
97	Différence dans les évaluations de la qualité
98	Rationalisation du financement
99	Financement et excellence
99	Centre d'excellence
99	Conclusions

## 6. RAPPORT AVEC D'AUTRES SCIENCES

107	Introduction
107	Géographie physique
107	Portée
108	Emplacement des départements
108	Corps professoral
108	Études de premier cycle
108	Études supérieures
108	Recherche
109	Emploi
109	Rapports avec les autres géosciences
110	Résumé, conclusions et recommandations
111	Génie
111	Introduction
111	Études géotechniques
113	Recommandations
113	Science des sols
113	Introduction
113	Corps professoral
113	Enseignement du premier cycle
113	Études supérieures
114	Recherche
114	Rapports avec la géologie
114	Océanographie et géoscience marine
114	Introduction
115	Dalhousie
115	Colombie-Britannique
115	Mémorial
115	Québec à Rimouski
116	McGill
116	Autre sciences
116	Physique
117	Chimie
117	Biologie
117	Résumé et discussion

## 7. RAPPORTS ET RÉPUTATION - AU CANADA ET À L'EXTÉRIEUR

123	Genèse
124	Associations scientifiques
124	Croissance de la spécialisation
124	Importance des associations
124	Contribution des universitaires aux associations
125	Points forts et points faibles de nos milieux scientifiques
125	Milieux internationaux
126	Interactions du gouvernement et des universités
127	La Commission géologique
127	Commissions géologiques provinciales
128	Quelques aspects des rapports avec les organismes gouvernementaux
128	Les liens avec l'industrie
128	Société de recherche de minéraux
129	Société pétrolières
130	Contacts avec le public
130	Instruction secondaire
131	Expositions et affichages
131	Collectionneurs de roches et naturalistes amateurs
131	Conférences publiques
132	Publications de vulgarisation
132	Débats de politique
133	État des sciences de la Terre dans les universités
133	Une discipline scientifique vue par les professeurs
134	L'éventail des opinions des scientifiques du gouvernement
135	Notre image de marque
135	Critiques constructives
136	Quelques louanges
137	Résumé et conclusions

## FIGURES

- 2 1.1: Données de base sur les départements de géologie et de géophysique 1955-1980.  
6 1.2: Données sur les subventions de dépenses courantes versées récemment par le C.R.S.N.G. aux géoscientifiques.

## TABLEAUX

- 28 2.1: Données relevées en 1979-80 des départements de géologie et géophysique, universités canadiennes.  
30 2.2: Age moyen et années-hommes d'expérience externe de certains géoscientifiques universitaires.  
30 2.3: Salaires moyens dans certaines universités canadiennes en 1979-1980.  
45 3.1: Nombre d'étudiants inscrits: rapport étudiants/professeurs, diplômes accordés.  
46 3.2: Cours de géologie économique offerts dans trente départements géoscientifiques.  
46 3.3: Qualifications universitaires des géologues et géophysiciens employés par les sociétés pétrolières qui ont répondu à notre questionnaire, en 1979.  
62 4.1: Diplômes post-universitaires accordés en 1979  
62 4.2: Étudiants diplômés canadiens et étrangers, 1978-1979.  
63 4.3: Étudiants post-universitaires inscrits en géologie et géophysique.  
64 4.4: Pourcentage d'étudiants dans certains départements de géologie, 1979-80.  
65 4.5: Domaines des recherches effectuées par des étudiants diplômés dans les départements de géologie et de géophysique, 1978-79.  
64 4.6: Bourses d'études post-universitaires accordées par le C.R.S.N.G. en 1978-79.  
101 5.1: Subventions du C.N.R.S.G. dans le domaine des sciences de la Terre par discipline 1979-1980.  
102 5.2: Subventions de fonctionnement du C.N.R.S.G. dans le domaine des sciences de la Terre 1980-1981.  
103 5.3: Les subventions les plus élevées accordées par le C.R.S.N.G. en géoscience.  
104 5.4: Total et moyenne des subventions accordées par le C.N.R.S.G. à la géologie et à la géophysique 1979-1980 1980-1981.  
105 5.5: Subventions accordées par le C.R.S.N.G. pour équipement en sciences de la Terre - 1973-1980  
105 5.6: Subventions de dépenses courantes de recherche en sciences de la Terre accordées par le C.N.R. aux scientifiques des universités québécoises françaises.  
106 5.7: Subventions moyennes accordées par le C.R.S.N.G. dans certains domaines scientifiques 1980-1981.  
119 6.1: Universités canadiennes où le cours de géographie physique se donne au département de géographie.  
119 6.2: Domaines de spécialisation en géographie physique.  
119 6.3: Subventions accordées en géographie physique par le C.R.S.N.G., par domaine de spécialisation.  
120 6.4: Subventions de recherche et contrats accordés aux spécialistes en géographie physique dans les universités canadiennes.  
121 6.5: Répartition des chercheurs en géotechnique dans les universités canadiennes.  
121 6.6: Domaines de spécialisation en géotechnique.  
122 6.7: Financement des recherches entreprises en géotechnique aux universités canadiennes.  
122 6.8: Financement des recherches en géotechnique, par domaine de spécialisation.  
122 6.9: Domaines de recherche des étudiants diplômés en sciences des sols.  
122 6.10: Domaines de spécialisation du corps professoral, départements de sciences des sols.

#### ANNEXES (microfiches en pochette)

- 2A: Universités qui ont décerné des doctorats aux géologues et géophysiciens des corps professoraux
- 2B: Equipement principal de trois départements, Alberta, 1979
- 3A: Diversité des diplômes de premier cycle en géologie et géophysique des universités canadiennes
- 3B: Programme type en génie de deux spécialisation du premier cycle
- 3C: Sommaire des réponses d'un questionnaire envoyé aux compagnies minières et d'exploration minière
- 4A: Domaines principaux d'études de cycles supérieurs dans des départements canadiens de géologie et géophysique
- 5A: Spécialités des universitaires géologues et géophysiciens canadiens et du code du Conseil des sciences
- 5B: Index pour 1979 des universitaires géologues, géophysiciens et géographes

## 1. RÉSUMÉ ET RECOMMANDATIONS

(Rédigés par le Conseil Canadien des Sciences de la Terre)

*Crafty Men contemne studies; simple Men admire them; and wise Men use them*  
Francis Bacon, 1608

### LES SCIENCES DE LA TERRE CONTEMPORAINES

Les besoins et les intérêts publics oscillent à la manière d'un pendule, d'une concentration presque totale sur les objets les plus infimes de la Science jusqu'à ces domaines, comme les sciences de la Terre, qui cherchent à expliquer les systèmes tels qu'ils existent dans la nature. Le grand public a commencé à changer d'attitude au début des années 60, lorsqu'il est devenu évident que l'environnement commençait à subir des perturbations, presque irréversibles à long terme, sous l'effet des interventions de l'homme dans la nature. De plus, le triomphe technologique qu'a représenté l'exploration spatiale a produit des photographies de la Terre qui ont porté les intellectuels de notre monde à s'interroger sur les limites physiques de cette sphère relativement petite et en constante rotation. En dernier lieu, la récente crise énergétique, prédite avec exactitude par un géoscientifique, il y a un quart de siècle, a sensibilisé une partie encore plus grande de la population au caractère épuisable de nombreuses ressources de notre planète.

Tout à coup, la mince croûte externe de la Terre et les sols qui la recouvrent, royaume de la plupart des sciences de la Terre, ont repris, dans l'esprit des Canadiens, l'importance dont ils jouissaient durant le siècle dernier et qu'ils n'auraient jamais dû perdre si complètement. La quête de gisements de minéraux et d'hydrocarbures de plus en plus rares, l'évaluation des ressources éventuelles, la conception de pratiques saines d'économie des ressources, toutes exigent l'application de plus en plus perfectionnée des sciences de la Terre. De la même façon, également, une évaluation continue de la capacité qu'a la Terre de soutenir nos édifices et de dissimuler nos déchets est nécessaire. Plus que jamais, nous avons un besoin pressant des connaissances des géoscientifiques et ce, de plus d'une façon.

### RAISON D'ÊTRE

Les départements de géologie et de géophysique se sont multipliés dans les universités durant les deux dernières décennies. À l'heure actuelle, ils sont la plus grande source des chercheurs que requièrent nos industries des ressources en pleine expansion et nos organismes gouvernementaux. Ils sont aussi devenus une force importante d'incitation à la recherche, sous l'effet de la croissance rapide du corps professoral, de l'accent mis par les administrateurs des universités sur la recherche et de l'accès (tardif) des universités à des subventions fédérales d'aide à la recherche durant les années 60. Les étudiants n'ont plus besoin de se rendre à l'étranger pour poursuivre des études supérieures et recevoir de la formation en recherche; la plupart s'inscrivent dans des universités canadiennes. Les professeurs de géologie et de géophysique qui, durant la première moitié du siècle, s'en sont tenus principalement à des intérêts locaux ou provinciaux, semblent maintenant assumer, en nombre toujours croissant, le rôle de chef de file sur la scène tant nationale qu'internationale.

Cette prépondérance et cette importance accrues de nos géologues et géophysiciens enseignants durant la dernière

décennie ont fait de leurs départements des cibles logiques d'analyse pour le Conseil canadien des sciences de la Terre. La présente étude cherche à déterminer à quel point ils sont en mesure de répondre aux exigences et aux défis croissants que présente le pays aux sciences de la Terre.

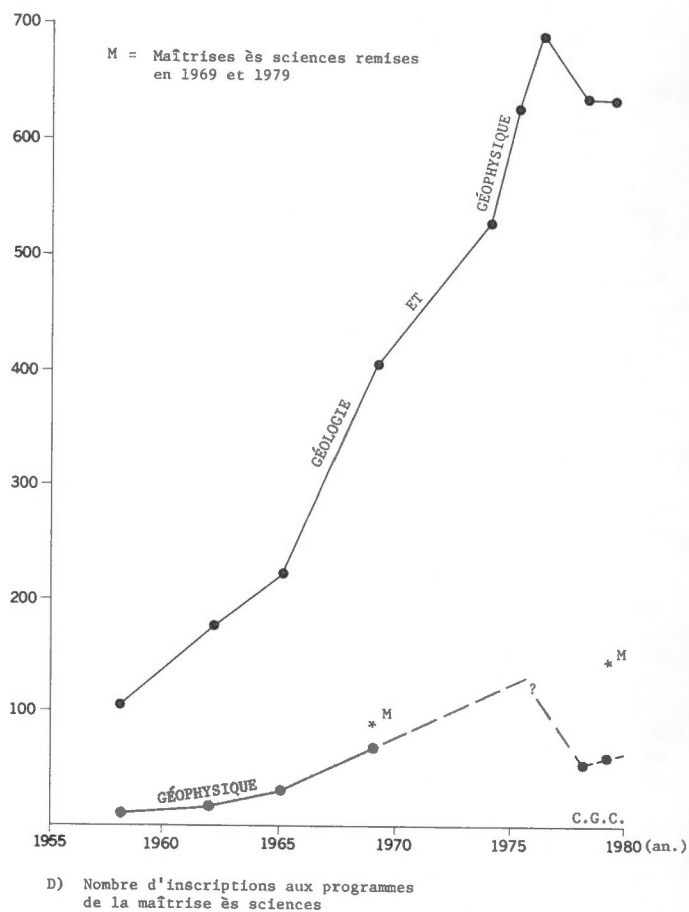
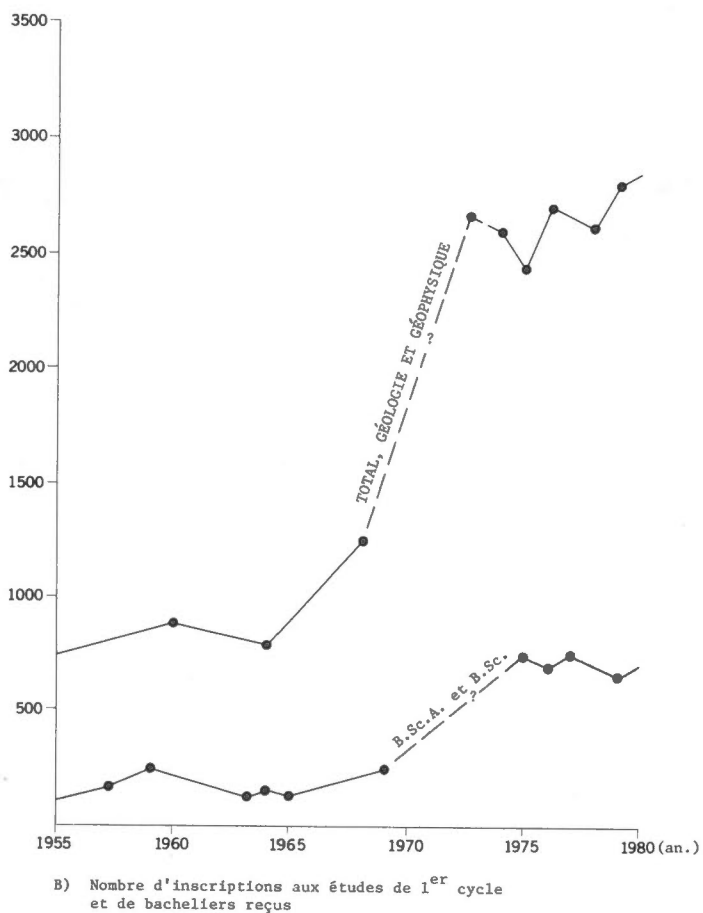
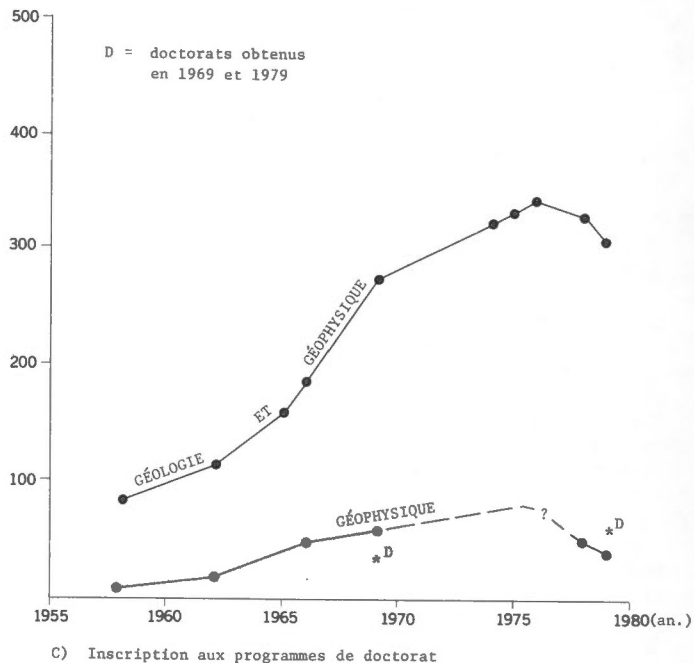
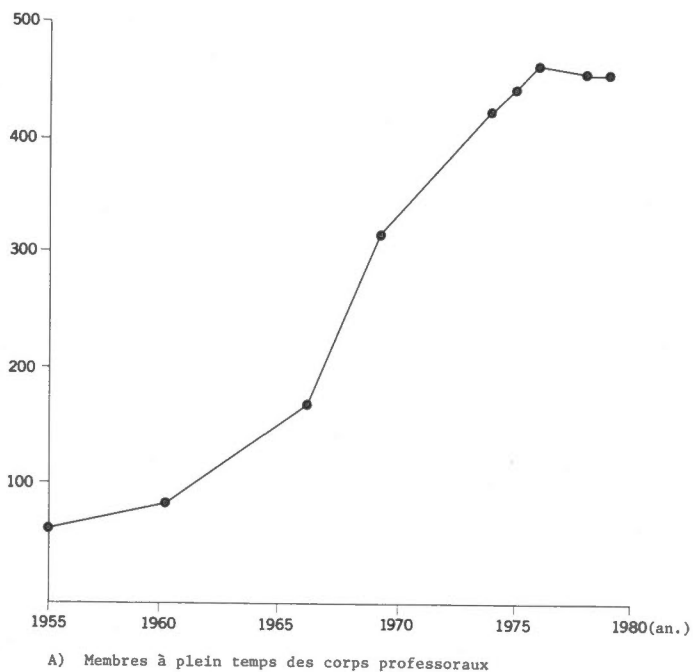
La présente étude est la quatrième d'une série que le Conseil a fait porter sur les établissements et sous-disciplines des sciences de la Terre. Toutes ces études reposent sur l'unique étude complète de toute la gamme des sciences de la Terre qui avait été entreprise il y a une décennie par un comité du Conseil canadien des sciences (Blais et coll., 1971), et la met à jour. Le présent rapport est d'une certaine façon le plus ambitieux de toute la série. Il cherche à fournir des données fondamentales sur le corps professoral, le nombre d'inscriptions et les installations de 40 départements de géologie et de géophysique; à décrire et à évaluer leurs rôles dans la dissémination des connaissances et dans l'acquisition de nouvelles; à donner un aperçu de leur liens avec d'autres sphères géoscientifiques et à examiner leurs relations avec des gens de l'extérieur du milieu.

Cette entreprise a compris des visites dans presque tous les départements, des entretiens avec des administrateurs d'université; la cueillette d'opinions et d'observations auprès de représentants de sociétés pétrolières et d'exploration minière, l'évaluation, par des chercheurs, des organismes provinciaux et fédéraux de même que des évaluations complètes de toute la scène canadienne des sciences de la Terre par des chercheurs distingués de l'étranger.

Le rapport est d'un style et d'une teneur destinés surtout à informer ceux qui ne font pas partie d'universités, des activités et de l'état de nos départements de géologie et de géophysique. Nous prévoyons toutefois que cette revue et ces observations seront également utiles à ces départements. C'est pourquoi nombre des recommandations leur sont directement adressés.

### UNE DÉCENNIE DE CROISSANCE ET DE DÉVELOPPEMENT

Les départements de géologie et, dans une moindre mesure, de géophysique ont connu une croissance assez constante durant les dix dernières années, après une courte période de croissance accélérée durant les années 60. Ils n'ont pas eu à subir les effets de fluctuations rapides du nombre d'inscriptions qui les avaient hanté par le passé. La dernière partie de cette période de croissance a été d'autant plus remarquable qu'elle est survenue durant une période d'inscription dans les universités généralement de déclin et de chute marquée du nombre d'étudiants de premier, de deuxième et de troisième cycles dans les autres sciences. Des départements de géologie à peu près inconnus à l'époque de l'étude exécutée par le Conseil des sciences à la fin des années 60 se classent maintenant parmi les établissements d'enseignement et de recherche les plus connus et les mieux cotés. La principale raison de ce nombre élevé d'inscriptions réside dans l'abondance des possibilités d'emploi, qui s'est maintenue pendant plusieurs années. La concurrence livrée pour l'embauchage des nouveaux diplômés et les possibilités



1. Données de Stearn (1968), Blais et coll. (1971), Strangway (1978).
2. Données récentes fournies par des chefs de département de géologie et de géophysique

FIGURE 1.1. Données de base sur les départements de géologie et de géophysique 1955-1980.

restreintes de faire carrière en recherche dans l'industrie canadienne se sont combinées toutefois pour stabiliser les inscriptions aux études de deuxième et de troisième cycles au cours des dernières années - un problème sérieux si nous entendons continuer à produire nos propres pionniers des sciences de la Terre.

Les fonds versés par l'État à l'appui de la recherche ont décliné constamment, en termes de dollars réels, durant la dernière décennie. Ce n'est que durant l'année visée par le présent rapport que le principal organisme de financement (C.R.S.N.G.) a reçu l'autorisation de verser des subventions de niveau égal à celles de 1969. L'appui financier est venu plus tard pour la géologie que pour la géophysique et les autres sciences étudiées à l'université. La recherche viable en géologie venait à peine d'être entamée dans les universités lorsqu'elle a subi les coups d'une décennie d'austérité et d'antipathie politiques visant toutes les sciences physiques. La recherche géoscientifique dans les universités est demeurée largement sans fonds, par rapport à l'importance qu'elle revêt pour les objectifs d'autarcie énergétique et de protection de l'environnement. À l'heure actuelle, elle compte pour moins de 10% de travaux de recherche et de développement nationaux relatifs aux sciences de la Terre. L'appui des universités et l'exécution de toute autre recherche par l'industrie demeure insignifiante, en partie en manifestation de la nature de notre économie nationale, qui en est une de succursale.

Malgré tout, certains chercheurs et certaines équipes se sont faits d'excellentes réputations durant la dernière décennie. En termes de prestige international, ils sont aisément comparables à leurs homologues des sciences apparentées les plus vigoureuses. Leurs plus grandes réalisations portent sur les synthèses régionales, la géophysique d'exploration et de la lithosphère, l'exploration des ressources et l'évaluation des terrains, tous des domaines qui correspondent particulièrement bien aux besoins canadiens. En dépit de ces nombreux points forts, la recherche universitaire est toutefois jugée comme étant très compétente plutôt qu'excellente, ce qui n'est pas étonnant, étant donné ses origines très récentes.

La géologie et la géophysique ont pris de l'importance dans les universités canadiennes, et la plupart des départements ne sont plus rangés à la toute fin de la liste de priorité des sciences, comme ils l'étaient il y a quinze ans. Dans au moins deux des nouvelles et une des plus anciennes universités, ils comptent manifestement parmi les départements des sciences les plus importants. L'état des autres s'est considérablement amélioré, mais l'appui universitaire a mis du temps à s'éloigner des courbes traditionnelles, et les départements ne reçoivent pas les fonds et les installations justifiés par le nombre d'inscriptions et de travaux de recherche. Un certain nombre d'entre eux, y compris certains groupes très respectables d'enseignement et de recherche, oeuvrent toujours dans des conditions très insatisfaisantes - apparemment sans la sympathie des grands administrateurs.

Les contacts entre les départements de géologie et de géophysique se sont considérablement améliorés durant la dernière décennie. Les cours, les nominations mixtes et le partage des travaux de recherche est beaucoup plus courant qu'il y a dix ans. Plusieurs départements de géologie offrent un cours de spécialisation en géophysique au premier cycle, au deuxième et au troisième cycles. Il y a néanmoins matière à amélioration: de nombreux géologues obtiennent encore leur diplôme sans avoir été exposés à la géophysique et, de la même façon, de nombreux géophysiciens diplômés ont des connaissances insuffisantes en géologie. La liaison

avec d'autres départements est, dans l'ensemble, assez décevante. Il existe quelques bons exemples de nominations mixtes et de recherche commune avec des départements de géographie et de biologie, des échanges de professeurs en génie et en physique (particulièrement lorsque la géophysique relève de ce département), mais il y a remarquablement peu d'interaction avec les départements de chimie, compte tenu des nombreuses possibilités d'entreprises communes.

Les sciences de la Terre, au Canada, se sont bien intégrées au cours de la dernière décennie, à la suite de recommandations du Conseil national des sciences dans le rapport Blais et coll., 1971. Les pédagogues des sciences de la Terre ont tenu un rôle important dans le processus d'organisation. Il subsiste encore des lacunes de communication entre les diverses disciplines, en raison surtout de la croissance inhabituelle de ses associations, qui ont procédé de la spécialisation à la généralisation. Certains projets splendides de collaboration ont néanmoins été réalisés, par exemple dans l'enseignement de niveau secondaire et dans la géologie et la géophysique internationales.

La communication à l'extérieur de la sphère des sciences de la Terre demeure toutefois inadéquate. Seul un petit nombre de géoscientifiques sont bien connus d'autres spécialistes et du grand public. Les chercheurs des sciences de la Terre évitent habituellement la publicité et évitent de faire des observations publiques et de participer à des débats, de même qu'ils s'abstiennent de rédiger des articles et des livres populaires sur les problèmes pressants de notre époque, qui exigent pourtant une participation objective de ceux qui connaissent bien la Terre. Jusqu'à ce qu'ils le fassent, ils continueront probablement de recevoir moins d'appui que ne le mérite leur travail, tant à l'université que sur la scène nationale.

## FAITS ET OPINIONS

L'enseignement et la recherche en géologie et en géophysique se font dans 40 départements ou autres groupes distincts voués à l'un ou à l'autre des sujets. Vingt-six d'entre eux n'offrent des diplômes qu'en géologie, 8 en géologie et en géophysique, et 7 uniquement en géophysique. Ces 40 départements sont répartis dans 34 des 53 universités canadiennes.

### Locaux et installations

Les locaux des départements de géologie et de géophysique se sont améliorés durant la dernière décennie. La plupart sont maintenant adéquats, 6 sont bons et supérieurs, mais 5 restent surpeuplés et sont insatisfaisants de plus d'une manière.

### Le corps professoral

Entre 10 et 15% du personnel enseignant sont qualifiés de "bois mort" par leurs confrères et étudiants - un pourcentage modeste, probablement meilleur que celui signalé pour les chercheurs du gouvernement et de l'industrie. Les départements les mieux administrés comportent peu de "bois mort" ou n'en ont pas du tout; ils semblent avoir trouvé un emploi utile pour ceux qui ne sont pas assez bons enseignants et pour les chercheurs moins compétents.

Quatre cent cinquante-sept enseignants d'université portaient le titre de professeur adjoint ou un titre supérieur dans l'enseignement de la géologie et de la géophysique en

1979-1980. Il s'agit là d'une augmentation de 42% depuis 1968 (figure 1).

Seules huit femmes paraissent sur la liste du corps professoral à plein temps.

L'âge moyen du corps professoral est de 43,4, contre 40,7 en 1974 et 37,5 en 1968. Seul un département (Waterloo), où la moyenne d'âge est de 37,8 révèle un déclin pendant les cinq dernières années.

Les membres du corps professoral ont des antécédents louables dans l'industrie et dans le gouvernement. La plupart de cette expérience a été acquise à l'École Polytechnique, qui compte pour 32% de l'expérience totale, mais il existe plusieurs autres établissements où elle est d'environ 20%.

Il y a dix ans, 67% des membres de facultés de géologie avaient reçu leur plus haut diplôme à l'extérieur du pays, alors qu'aujourd'hui ce chiffre a crû pour atteindre 73%. Par opposition, 39% uniquement de nos géophysiciens universitaires ont fait leur doctorat à l'étranger.

#### Étudiants de premier cycle

Deux mille huit cent dix-huit étudiants se sont inscrits au bac avec spécialisation, avec concentration ou en génie en géologie et en géophysique en 1979-1980, soit une hausse de 212 étudiants par rapport à l'année précédente et un sommet jusqu'ici inégalé (figure 1.1).

Les femmes ont compté pour environ 20% du nombre total d'inscriptions et moins dans les programmes de génie. L'université Queens, avec 40% d'inscriptions en sciences et 24% en génie, a le plus grand nombre d'étudiantes.

En 1979, le nombre de nouveaux diplômés a totalisé 647. De ce nombre, 485 sont bacheliers ès sciences en géologie, et 36 en géophysique; 112 bacheliers ès sciences appliquées en géologie, et 14 en géophysique. Ces données ont été obtenues par visites personnelles auprès des chefs de départements et elles ont été contre-vérifiées lorsque les chiffres semblaient douteux.

La plupart des diplômés en géophysique sont issus des départements de géologie qui offrent des cours d'option géophysique.

Les données sur le nombre d'inscriptions et le nombre de diplômés en géologie et en géophysique réunies par des sociétés professionnelles et des organismes gouvernementaux varient beaucoup et sont invariablement surévaluées. Les seules données fiables actuellement disponibles nous viennent du *Council of Chairmen of Earth Science Departments of Canada*.

Plus de la moitié des départements de géologie n'exigent pas de crédit en géophysique.

La plupart des étudiants s'inscrivent encore dans les programmes de géologie et de géophysique après en avoir pris connaissance par hasard, après leur arrivée à l'université.

La proportion, à l'échelle nationale, des étudiants inscrits à des études avec concentration par rapport aux professeurs de géologie est de 5. Ce chiffre varie énormément, mais le rapport de 8 semble le maximum tolérable si les professeurs doivent cumuler d'autres fonctions, par exemple diriger des études ou de la recherche. Trois établissements signalent des rapports beaucoup plus élevés, notamment 14,8, 13,4 et 12,7. Les services

d'enseignement de la géophysique affichent généralement des rapports plus faibles, bien en-deçà de la moyenne nationale pour la géologie.

Certains professeurs ont constaté une amélioration de la qualité des étudiants qui s'inscrivent aux études des sciences de la Terre. La plupart était d'avis que la qualité moyenne était demeurée la même mais que le nombre accru d'étudiants avait entraîné un nombre plus grand d'étudiants très brillants. Si l'on se fonde sur les bourses d'études accordées par le C.R.S.N.G. à des diplômés la qualité demeure inférieure à celle qui règne dans de nombreuses autres sciences.

La plainte la plus courante que font les sociétés d'exploration pétrolière et minérale et les organismes provinciaux porte sur l'incapacité des nouveaux diplômés à s'exprimer verbalement et par écrit. La deuxième plainte la plus courante est le manque de formation compétente sur le terrain, durant les études de premier cycle.

Les sociétés d'exploration pétrolière et minérale insistent sur la nécessité de leur faire suivre des cours plus pragmatiques: l'élaboration de bleus, l'exécution de levés, les techniques de diagraphe des puits et les méthodes d'exploration minérale.

Les sociétés ont exprimé une forte préférence pour les diplômés en géologie et en géophysique des programmes de génie et également du programme de l'université de Waterloo, selon lequel l'étudiant fait un stage de formation chez des employeurs.

Selon d'autres professeurs, la généralisation est souhaitable, la formation devrait être diversifiée et les étudiants devraient être encouragés à réfléchir sur un sujet et à en faire le lien avec d'autres de sorte que, lorsqu'ils obtiennent leur diplôme, ils aient l'esprit souple et qu'ils soient innovateurs.

Deux auteurs ne faisant pas partie du cercle universitaire (Baillie, 1979; Keen, 1979) sont d'accord avec ce dernier groupe et suggèrent que les thèmes spécialisés des sciences de la Terre devraient être enseignés uniquement dans le cadre de cours fondamentaux en géologie, en physique, en chimie, en mathématiques et en biologie.

De nombreux membres du milieu universitaire et d'autres sont d'avis que la période actuelle de formation devrait être prolongée de façon à produire de véritables employés professionnels.

#### Diplômés de premier cycle

En 1979-1980, 943 étudiants diplômés de premier cycle se sont inscrits à des études supérieures soit une diminution de 3% par rapport à l'année précédente, mais environ 30% de plus qu'il y a dix ans (figure 1.1). Environ 15% de ces étudiants sont des femmes.

Parmi les nouveaux inscrits, on comptait 263 candidats au doctorat et 573 candidats à la maîtrise ès sciences en géologie, et 46 candidats au doctorat et 61 candidats à la maîtrise ès sciences en géophysique.

Durant 1979, 51 géologues et 8 géophysiciens ont fait leur doctorat et 140 géologues et 12 géophysiciens ont fait leur maîtrise.

L'étudiant met en moyenne trois ans pour terminer sa maîtrise ès sciences et six ans, après le baccalauréat, pour

obtenir le doctorat. Ces études sont beaucoup plus longues que dans la plupart des autres pays.

. Environ 30% des étudiants diplômés de premier cycle viennent de l'étranger, surtout du Royaume-Uni et des États-Unis.

. Dans plus de la moitié des départements, n'importe quel professeur est libre de superviser les étudiants diplômés, quels que soient ses antécédents de recherche et sa personnalité. Peu d'écoles qui exigent un examen de compétence vérifient par la suite pour s'assurer que les professeurs sont suffisamment qualifiés pour diriger des études supérieures.

. Les professeurs d'université craignent que le léger déclin dans le nombre d'inscriptions connu récemment (figure 1) marque le début d'une tendance. Les meilleurs diplômés de nos universités sont incités à se trouver un emploi plutôt qu'à poursuivre leurs études, et il est de plus en plus difficile d'obtenir des permis de travail ou de l'aide financière de quelque sorte que ce soit pour les étudiants étrangers.

. Presque tous les étudiants canadiens et un certain nombre d'étudiants étrangers qui terminent des études supérieures demeurent au Canada. Quelques-uns d'entre eux sont employés à la recherche pionnière(1) par le gouvernement ou dans des genres de recherche pionnière appliquée, par de grandes sociétés de l'industrie tertiaire. Les autres se joignent à des sociétés d'exploration pétrolière ou minière, où ils travaillent surtout au niveau de l'exploitation, un certain nombre d'entre eux étant affectés à des services spéciaux.

. On estime à \$15 000 par année en 1978-1979 la somme requise pour faire vivre un étudiant diplômé moyen et financer sa recherche. Les fonds à cette fin viennent d'une variété de sources mais principalement de l'université et de subventions versées par le C.R.S.N.G. au corps professoral. La contribution faite par les organismes de sciences de la Terre du gouvernement est faible, et celle de l'industrie encore plus.

## Recherche

. En termes de prix et de mentions au niveau international, les sciences de la Terre se classent parmi les premières.

. Le présent rapport fait la critique et l'évaluation de la recherche universitaire effectuée par les chercheurs d'université eux-mêmes, par des chercheurs de l'industrie et du gouvernement, et par toute une gamme de chercheurs de l'étranger. Nos meilleurs chercheurs ont, en règle générale, une vue plus favorable et plus optimiste de nos efforts nationaux que ceux qui ne sont que marginalement engagés dans la recherche pionnière. Fait peu étonnant, ceux de l'étranger ont habituellement une meilleure opinion de notre recherche en sciences de la Terre que ceux d'ici.

. Presque tous les chercheurs universitaires interrogés ont déclaré que tous les professeurs d'université devraient s'engager dans de la recherche afin de maintenir leurs compétences à jour. La plupart conviennent que bien qu'une certaine reconnaissance soit donnée au bon enseignement et à d'autres activités, la recherche est le principal critère

d'avancement dans tous les départements, à l'exception de quelques-uns, petits. Les comités du Conseil ont néanmoins observé que les étudiants de premier cycle qualifiaient d'excellents enseignants certains professeurs qui effectuaient très peu de recherche.

. La plupart des professeurs d'université étaient d'avis que nous manquons de départements de premier ordre comparativement à ceux de l'université Cambridge, du *California Institute of Technology* ou de l'*Australian National University*. Certains ont déclaré que l'université de Toronto était près de remplir ce rôle. Les auteurs du présent rapport concluent que c'est effectivement le cas.

. Les chercheurs ont mis du temps à pénétrer des domaines tels que la géochimie organique, la géologie des charbons et la diagenèse, en dépit d'un besoin, restreint mais croissant, de travaux du genre.

. La plupart des départements canadiens misent sur l'excellence dans les sous-disciplines classiques, bien que plusieurs aient certains chercheurs explorant des voies jusqu'ici inconnues. Le département de Waterloo s'est attiré une renommée internationale pour son approche innovatrice et interdisciplinaire à l'égard de problèmes de génie et d'environnement par le truchement de l'hydrogéologie, l'hydrogéochimie et la géologie du Quaternaire. Le département de la science des ressources de la Terre de Guelph travaille également à briser des barrières disciplinaires rigides.

. Les dépenses fondamentales les plus importantes de la recherche universitaire sont payées par les universités elles-mêmes, c'est-à-dire par les provinces qui les financent. Ces frais comprennent les traitements des professeurs et de la plupart de leur personnel de soutien, l'installation et l'entretien des laboratoires et de l'équipement et au moins la moitié des frais de scolarité des étudiants diplômés.

. Les subventions d'aide à la recherche en sciences de la Terre versées aux chercheurs par le C.R.S.N.G. (figure 1.2), établies par leurs pairs selon le mérite, sont libres de toute restriction. Elles ont rendu possible de la recherche pionnière de qualité mondiale dans plusieurs départements de géologie et de géophysique durant les quinze dernières années. En 1979, un total de 6,5 millions de dollars en subventions de dépenses courantes de recherche et subventions d'équipement ont été versés à 456 géoscientifiques. En 1980, ce chiffre a été porté à 7,3 millions de dollars, le nombre de subventionnés étant le même. Ces subventions comprennent des bourses aux géographes physiciens, aux ingénieurs géotechniciens et à d'autres, mais la plupart sont accordées à des géologues et à des géophysiciens d'université, dont 70% reçoivent des subventions. De plus, en 1979-1980, ils ont reçu 22 subventions stratégiques évaluées à \$914 800 pour de la recherche en matière d'énergie, de toxicologie environnementale et d'océanologie.

. Les subventions du C.R.S.N.G. versées à des particuliers ne sont pas forcément un critère de mesure de la valeur de leur recherche. Certains projets exigent beaucoup moins que d'autres. De plus, les jeunes chercheurs doivent faire leurs preuves pendant plusieurs années avant d'être admissibles à des subventions importantes. La subvention totale à un département important ou de taille moyenne est

(1) Cette expression est utilisée dans le sens que lui ont donné Bonneau et Corry (1972), c'est-à-dire de la recherche très empirique fondée sur des expériences et de l'observation. Son emploi est discuté au chapitre 5.

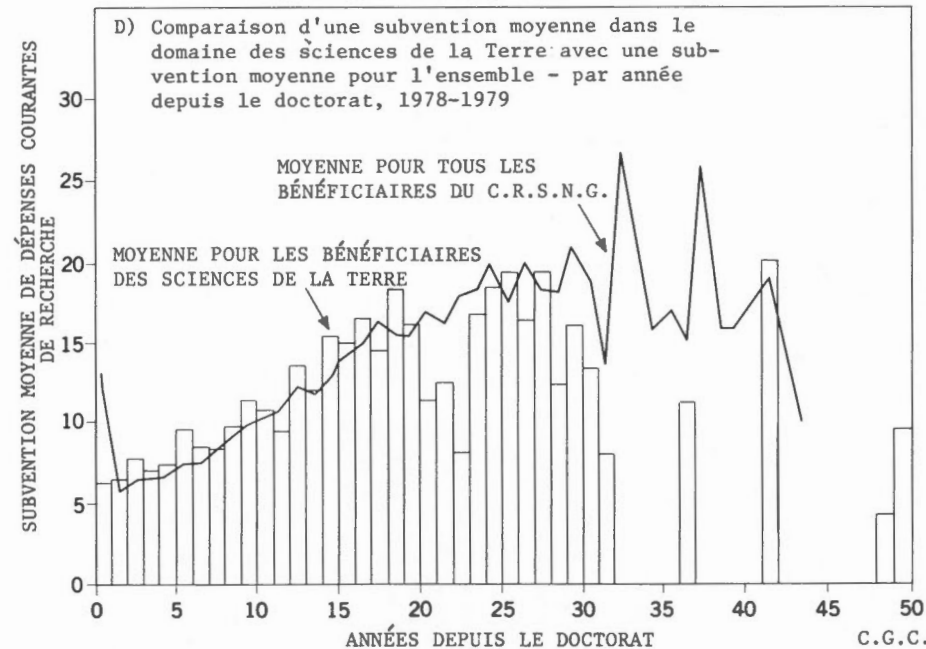
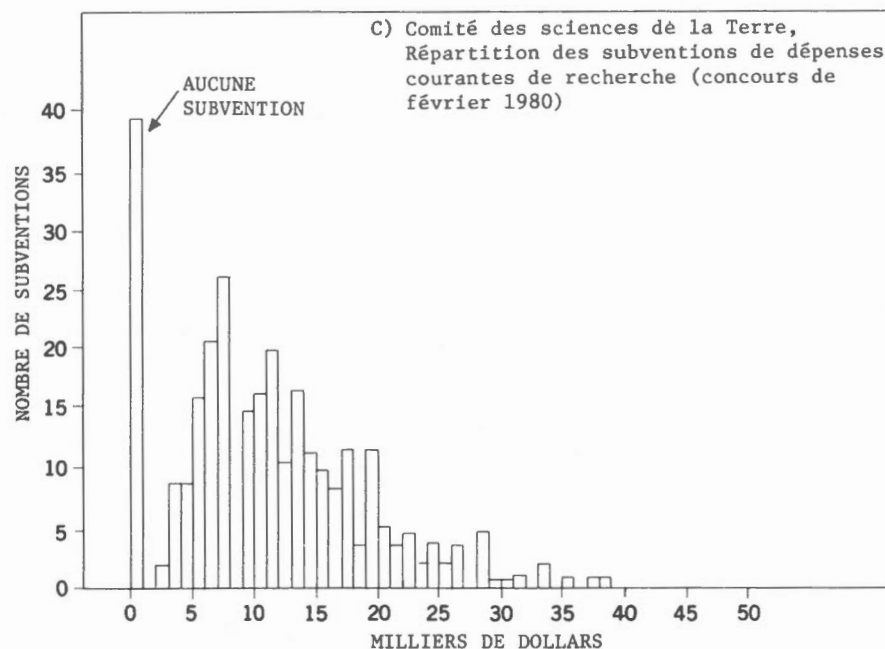
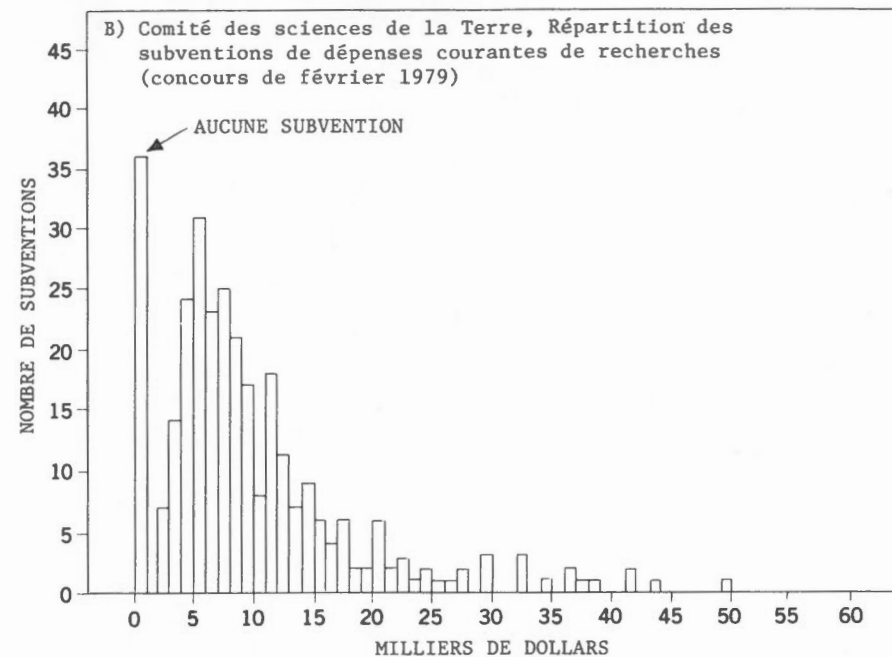
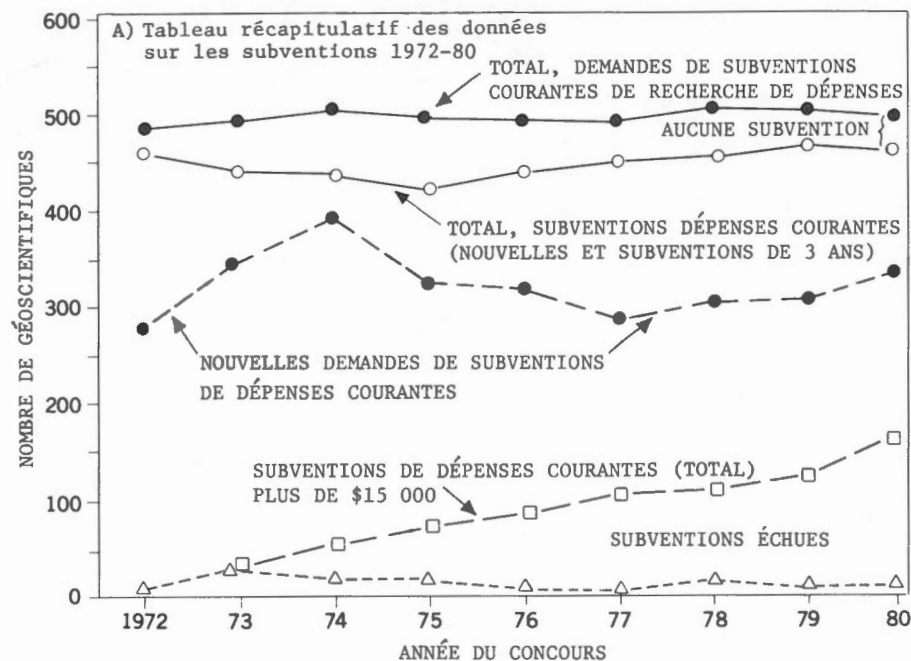


FIGURE 1.2. Données sur les subventions de dépenses courantes versées récemment par le C.R.S.N.G. aux géoscientifiques.

probablement une mesure assez juste, néanmoins, de son activité dans le domaine de la recherche pionnière. Ces chiffres sont donnés aux tableaux du chapitre 5.

Par le passé, le C.R.S.N.G. a toujours accordé des subventions plus importantes aux chercheurs dont le travail s'effectuait surtout en laboratoire, c'est-à-dire, les géophysiciens et les pétrologues, plutôt qu'aux chercheurs dont la recherche s'effectue surtout sur le terrain, c'est-à-dire les géologues régionaux et les biostratigraphes. Le coût du travail sur le terrain, qui monte en flèche, dans les régions éloignées rend ce type de recherche inaccessible aux géoscientifiques universitaires, à moins qu'ils soient en mesure de tirer avantage du transport industriel et gouvernemental dans cette région. Ce type de transport, principalement destiné à d'autres fins, restreint habituellement la portée des projets universitaires.

Les organismes gouvernementaux contribuent à la recherche universitaire de diverses façons. La Commission géologique du Canada verse actuellement environ 0,5 million de dollars en vertu d'accords de subventions à la recherche. Le ministère de Mines de l'Ontario a lancé un programme quinquennal de subventions évalué à 0,5 million de dollars par année. Ces organismes, de même que plusieurs autres organismes fédéraux et provinciaux, adjugent également des contrats annuels pour l'exécution de projets axés sur des missions. Nombre d'entre eux fournissent le soutien logistique, particulièrement en ce qui a trait au transport.

Les départements de géologie des universités d'Alberta, de Waterloo et de Toronto ont reçu plus d'un million de dollars par année en fonds de l'extérieur pour financer de la recherche en 1978-1979. Ces sommes comprennent des subventions et l'adjudication de contrats tant de gouvernements étrangers que de gouvernements au Canada, de même qu'une certaine mesure de parrainage par des sociétés privées.

Les sociétés apportent relativement peu de soutien direct à la recherche universitaire. Baillie (1979) estime que la contribution des sociétés pétrolières n'égale que \$200 000. L'appui de l'industrie minière est probablement le triple de cette somme. Les deux fournissent également un certain soutien logistique. Une société d'exploration minière (Riocanex) a récemment introduit un programme innovateur qui accorde environ \$200 000 par année à la recherche fondamentale sur les gisements de minéraux effectuée dans les universités.

Les membres de l'industrie interrogés ont des vues dans l'ensemble négatives de la recherche universitaire, les vues de l'industrie minière étant habituellement plus défavorables que celles de l'industrie pétrolière. Les deux se plaignent du manque de recherche sur des problèmes relevant des aspects économiques des sciences de la Terre.

Ceux de l'étranger, en règle générale, admirent les liens étroits qui existent entre nos chercheurs universitaires et leurs homologues gouvernementaux et industriels, ainsi que la nature pragmatique de la plus grande partie de notre recherche universitaires. Certains sont préoccupés du fait que, selon eux, les liens sont trop étroits et pourraient entraver les progrès de la recherche, surtout dans les domaines de la théorie et de l'expérimentation.

Les vues des chercheurs du gouvernement varient, d'une position très positive et favorable à une position décidément négative. Ceux qui traitent le plus avec des chercheurs d'université sont généralement ceux qui ont les réactions les plus positives. Dans le cas des organismes provinciaux, les

vues sont dans l'ensemble limitées au rendement des universités de la région.

Les noms de chercheurs de la Commission géologique du Canada ont souvent été cités lorsqu'il était question d'évaluer les réalisations d'universités, non seulement par les étrangers mais également par certains Canadiens, y compris les chercheurs universitaires eux-mêmes!

La plupart des participants ont convenu que notre milieu universitaire a fait des contributions d'ordre mondial en synthèse régionale, en géologie des gisements de minéraux, en géophysique de l'exploration et en géophysique de la lithosphère. Certaines sous-disciplines ont été signalées pour leur excellence: la sédimentologie, la biostratigraphie régionale, la théorie de la pétrologie, l'hydrogéologie, la géochimie à basse température, la géologie du Quaternaire, le magnétisme des roches et les sciences du terrain qui mettent l'accent sur les régions septentrionales.

Certains chercheurs distingués, ici comme à l'étranger, ont évalué les sciences de la Terre au Canada comme étant dans l'ensemble très compétentes, c'est-à-dire à un échelon de moins que l'excellence. Nous sommes pionniers dans plusieurs sous-disciplines et nous avons quelques leaders conceptuels de renommée mondiale, mais très peu. Ceci est dû en grande partie à notre régime de financement prudent - la crainte d'investir beaucoup d'argent dans une entreprise innovatrice et différente, mais aussi en partie en raison du manque de collaboration entière et enthousiaste entre les divers éléments des sciences de la Terre.

#### Relations avec d'autres départements

Les recoupements sont probablement plus nombreux avec le département de géophysique qui, dans plusieurs établissements, entreprend de la recherche et de l'enseignement en géologie du Pléistocène, en géomorphologie, en sédimentologie, en glaciologie et en hydrologie. La collaboration est très bonne dans diverses écoles, par exemple, l'université de la Colombie-Britannique et l'université McMaster, mais dans la plupart d'entre elles elle est très faible. Les nominations mixtes aux départements de géologie et de géographie sont comparativement rares.

Les géophysiciens, à l'exception de ceux des départements de géologie, enseignent généralement des cours ordinaires dans des départements de physique. La plupart des universités dotées de facultés de génie ont recours au département de géologie pour enseigner les cours fondamentaux à tous les étudiants et les cours avancés à ceux de certaines sous-disciplines, par exemple le génie civil et le génie minier.

Il existe quelques bons exemples de cours mixtes de sciences de la Terre et de biologie (par exemple, à l'université de la Saskatchewan) et de recours à des professeurs de chimie pour aider à l'enseignement de la géochimie (par exemple, à l'université de Waterloo). Dans l'ensemble, les occasions où ceux qui enseignent des cours dans des sciences connexes sont priés d'utiliser des exemples et des problèmes de conception liés aux sciences de la Terre sont rares.

Compte tenu du fait que les sciences de la Terre sont interdisciplinaires, par la façon dont elles abordent les problèmes que présente la planète, il est étonnant de constater combien peu de recherche est entreprise avec des professeurs d'autres disciplines. La physique et la géologie aux universités de Toronto et de Calgary; la chimie et la

géologie à l'université de l'Alberta, à celle de Toronto et dans l'ouest de l'Ontario: voilà quelques exemples signalés au représentant du Conseil.

. Bien que les échanges entre les spécialistes en géologie et en géophysique se soient améliorés considérablement durant la dernière décennie, on peut observer un manque de rapport et d'interaction dans au moins la moitié des établissements où ces sciences sont étudiées au sein de départements distincts.

#### Liens avec l'extérieur de l'université

. Les liens avec d'autres établissements du milieu des sciences de la Terre sont bons. La plupart des échanges se font pas l'entremise des sociétés scientifiques, mais l'interaction prend aussi de nombreuses autres formes.

. Les liens avec l'extérieur du cercle sont faibles. Les géoscientifiques écrivent moins dans les revues populaires. Aucun ouvrage populaire sur le sujet n'a été rédigé depuis l'oeuvre de J. Tuzon Wilson vers la fin des années 50 et au début des années 70 - bien qu'un autre ouvrage important soit, selon la rumeur, en rédaction. Très peu de géoscientifiques canadiens ont fait des observations publiques sur des questions d'intérêt national ou international. Les géoscientifiques d'université n'ont dans l'ensemble pas tiré profit de la dépendance nationale croissante à l'égard de leur travail pour faire connaître à leurs concitoyens leur profession et leurs vues.

. Certains départements de géologie établis de longue date entretiennent d'excellentes relations avec le grand public grâce à leur association et à leur collaboration avec les musées. L'association de l'université de Toronto avec le *Royal Ontario Museum* et l'association de l'université McGill avec le Redpath sont bien connues. L'université de Regina et l'université de Winnipeg sont également bien connues pour leurs bonnes relations avec les musées. Quelques départements, par exemple à l'université Laval, à celle de Waterloo et à celle de la Saskatchewan, ont présenté d'excellentes expositions publiques.

#### RECOMMANDATIONS

Le Conseil a choisi les recommandations importantes qui suivent parmi celles que les auteurs ont incluses dans le présent rapport. Il recommande que ceux à qui s'adresse le rapport cherchent à se documenter en lisant les parties qui s'imposent dans les chapitres pertinents. Il appuie également toutes les recommandations d'ailleurs nombreuses du rapport.

Le conseil désire s'adresser aux groupes suivants:

##### Administrateurs des universités

- 1) Nous suggérons que les corps professoraux, les administrateurs d'université et les membres de comité de sélection réévaluent le rôle des chefs de département de géologie et de géophysique et qu'ils accordent une haute priorité aux capacités manifestes de gestion qui permettront aux départements de relever les défis des années 80. Ces capacités comprennent des aptitudes à inciter à la collaboration et à l'interaction avec des intérêts industriels et des organismes gouvernementaux, ou encore à les améliorer.
- 2) Nous recommandons que les départements de géologie qui n'emploient pas à plein temps un géophysicien ou qui ne peuvent pas faire appel à une unité d'enseignement

de géophysique dans leur université tentent de remédier à cette lacune grave lorsque viendra le temps d'engager des employés professionnels.

- 3) Nous recommandons par ailleurs que ces départements offrent des diplômes avec spécialisation et avec concentration en géophysique, en collaboration peut-être avec les départements de physique et les facultés de génie, à l'instar de l'université Queen's, de l'université de la Saskatchewan, du Manitoba, de Calgary, McGill et d'autres départements de géologie qui travaillent actuellement à satisfaire à une demande de plus en plus forte de géophysiciens de l'exploration.
- 4) Nous recommandons en outre que des unités autonomes de géophysique et que ceux qui sont associés à des départements de physique redoublent leurs efforts en vue de créer des liens d'enseignement et de recherche avec des géologues. Dans le cas de l'université de Victoria, il faudrait embaucher des professeurs de géologie. Les objectifs à atteindre seraient un nombre supérieur d'inscriptions et une formation plus poussée des étudiants, de même qu'une réorientation de certaines recherches actuelles vers des objectifs plus pragmatiques, à l'instar de l'université de Toronto et de l'École Polytechnique.
- 5) Nous demandons aux administrateurs des universités de la Saskatchewan, du Manitoba, de Toronto, de Carleton et du Nouveau-Brunswick de prendre connaissance de l'état florissant de la géologie et de la géophysique en ce pays et de l'importance qu'elles ont pris dans leur propre établissement en termes d'inscription des étudiants et de travaux de recherche. Ils devraient comparer ces faits aux installations surpeuplées ou décrépies qu'ils offrent et ils devraient prendre des mesures immédiates afin de rectifier cette anomalie trop longtemps négligée.
- 6) L'élément cosmopolite de nos départements de géologie est digne d'admiration - 73% des membres du corps professoral ont fait leurs études diplômées à l'étranger. Nous constatons par contre qu'il n'y a eu qu'un seul géoscientifique de plus formé par année au Canada, pendant les dix dernières années, et nous prions instamment les comités de recherche de tenir compte des diplômés des départements de géologie et de géophysique canadiens lorsqu'ils comblent des postes ou qu'ils en créent de nouveaux.
- 7) Des comités externes dont le mandat des membres, soit des représentants des trois secteurs des sciences de la Terre, est renouvelable, visitent régulièrement trois départements canadiens de géologie et font rapport aux administrateurs de leurs points forts et de leurs points faibles. Nous recommandons cette pratique très réussie à tous les autres départements de sciences de la Terre.
- 8) Afin de promouvoir un bon enseignement et la communication avec le grand public et afin de réduire la recherche sans intérêt, les administrateurs devraient s'assurer que le régime de bourses de l'université ne se concentre pas indûment sur la production de travaux de recherche. L'excellence dans plusieurs domaines devrait être récompensée, et des directives très précises établies pour sa reconnaissance.
- 9) Afin de promouvoir la recherche et l'enseignement interdisciplinaires, ainsi que d'autres interactions entre les départements, les administrateurs d'université sont instamment priés d'encourager les nominations mixtes aux départements distincts de géologie et de géophysique

et aux départements comme ceux de la chimie, de la géographie, du génie civil, de la physique et de la biologie. Les membres du corps professoral qui cumulent des fonctions dans divers départements devraient être encouragés à l'aide de primes et de récompenses plutôt que d'être pénalisés comme certains affirment l'être en ce moment.

- 10) Nous recommandons que les départements étudient la possibilité d'ajouter une année à leur programme donnant droit à des diplômes pour la formation professionnelle de géologues et de géophysiciens. Un tel programme de diplômes professionnels permettrait une formation générale souhaitable durant les études de premier cycle, suivie des études spécialisées exigées par de nombreux employeurs et étudiants.

**Chefs et membres des départements de géologie et de géophysique**

#### *Etudes de premier cycle*

- 1) Nous recommandons que des cours et des travaux de rédaction technique soient introduits à tous les niveaux de formation de premier cycle de préférence dans le cadre de cours qui nécessitent la rédaction de rapports, par exemple les expéditions sur le terrain, et de préférence par des gens qui ont des compétences manifestes de rédacteur ou de réviseur scientifique.
- 2) Lorsque la géologie et la géophysique sont enseignées dans des départements distincts de la même université, nous recommandons que ces départements collaborent plus étroitement au niveau de l'enseignement et de la planification des programmes. Ils devraient faire appel à des dirigeants de l'industrie pour les aider et les conseiller dans de telles entreprises de planification commune.
- 3) Nous recommandons que, dans les universités qui ont des facultés de génie, les départements de géologie et de géophysique qui n'offrent pas déjà des cours donnant droit à un diplôme par l'intermédiaire de ces facultés déploient tous les efforts possibles afin de le faire.
- 4) Nous recommandons en outre que des départements de géologie de géophysique entreprennent d'établir des programmes de stage de formation chez les employeurs en collaboration avec l'industrie, suivant l'exemple de l'université de Waterloo et de celle de Victoria. Ces programmes pourraient être mis en place par l'intermédiaire des programmes de coopération en génie existants ou par l'intermédiaire de facultés de sciences.
- 5) Nous recommandons que tous les départements de géologie et de géophysique fassent périodiquement appel à des chercheurs du gouvernement et de l'industrie pour les aider à planifier et à réviser leur programme d'études de premier cycle, et qu'ils invitent des spécialistes de ces domaines à donner une série de conférences durant les cours pertinents, à l'instar de plusieurs départements de géologie comme l'université de Calgary et l'université de Toronto. Par ailleurs, nous conseillons qu'ils fassent une très vaste publicité de cette consultation externe dès qu'elle a lieu. Nous reprenons une recommandation faite aux administrateurs, notamment:
- 6) Nous recommandons que les départements étudient la possibilité d'ajouter une année en sus des programmes donnant droit aux diplômes pour la formation

professionnelle de géologues et de géophysiciens. Un tel programme de diplômes professionnels permettrait une formation générale souhaitable au niveau des études du premier cycle, suivie d'études spécialisées exigées par de nombreux employeurs et étudiants.

#### *Etudes de 2<sup>e</sup> et de 3<sup>e</sup> cycles*

- 1) Les étudiants, employeurs et professeurs déclarent tous que les programmes de maîtrise ès sciences avec spécialisation comprenant la rédaction d'une thèse sont beaucoup trop longs. Tous, à l'exception de quelques professeurs, sont du même avis à propos du doctorat. Nous recommandons:
  - a) Que la qualité des étudiants admis aux études de 2<sup>e</sup> et de 3<sup>e</sup> cycles soit mieux contrôlée. De nombreux étudiants qui ne sont pas enclins à faire de la recherche ou qui n'y sont pas aptes pourraient être orientés vers les programmes de diplôme d'études supérieures recommandés ci-dessus ou vers des programmes de maîtrise ès sciences sans thèse.
  - b) Que les chefs de départements s'assurent que les échéances pour la remise de diplômes sont fixées dès le début des études et raisonnablement respectées, c'est-à-dire que les examens complets et les examens oraux pour le doctorat ne soient pas retardés à plusieurs reprises, comme c'est pratique courante en ce moment.
- 2) Les départements devraient encourager l'inscription directe à des études de doctorat plutôt que d'exiger un processus épuisant au niveau de la maîtrise ès sciences. Quatre années devraient être fixées comme durée normale maximale des études de doctorat et ceux qui travaillent sur des problèmes complexes devraient être encouragés à poursuivre leurs travaux après avoir obtenu leur doctorat.
- 3) Les chefs de département devraient traiter de main ferme les chercheurs inadéquats et les superviseurs ineptes et les éloigner de la supervision directe des étudiants diplômés de premier cycle, même si de tels professeurs pourraient officiellement être approuvés comme superviseurs en vertu de leurs antécédents.
- 4) Les membres du corps professoral, que ce soit individuellement ou collectivement, devraient chercher à faire comprendre aux dirigeants des sociétés pétrolières et minières l'importance des études de deuxième et de troisième cycles pour ces industries et le coût réel de soutien des projets de recherches des étudiants.
- 5) Les membres du corps professoral font des efforts spéciaux afin de conseiller leurs meilleurs étudiants de premier cycle quant au défi que présente le travail d'études de deuxième et de troisième cycles. Les conférenciers invités devraient être priés de leur toucher quelques mots de l'importance des études supérieures, et des invités spéciaux de l'industrie et du gouvernement devraient être priés de leur parler des avantages que présente pour la carrière la recherche après les études.

#### *Communications et contrôle*

- 1) Nous recommandons que les départements qui n'invitent pas des représentants des étudiants à assister à leurs réunions de façon périodique fassent tout en leur possible en ce sens.

- 2) Nous recommandons par ailleurs que les départements qui ne disposent pas d'un comité externe d'examen fassent tous les efforts possibles afin d'établir un tel comité et de prendre des dispositions afin qu'il puisse les visiter périodiquement.
- 3) Nous louons les départements de géologie et de géophysique qui pratiquent volontairement une ou plusieurs méthodes rigoureuses d'évaluation interne et externe de leur activité. Nous recommandons fortement aux autres d'étudier ces méthodes et d'en envisager l'adoption, puisqu'elles ont démontré leur utilité dans la recherche de l'excellence.

#### *Relations avec le gouvernement*

Nous recommandons:

Que les organismes gouvernementaux et les départements d'universités examinent toute la gamme des pratiques et qu'ils en adoptent quelques-une ou toutes les pratiques qui se prêtent à leur situation: nommer des chercheurs du gouvernement en tant que professeurs adjoints et conférenciers pour le semestre; avoir recours à nombre d'entre eux afin de donner certaines conférences; assister à des conférences et à des séminaires dans les établissements de l'autre, engager les professeurs lorsqu'ils appuient en partie la recherche des étudiants de ces derniers; inviter des représentants de l'autre groupe aux réunions d'établissement de politique et de planification; discuter des nouvelles nominations et des nouvelles installations.

#### *Relations avec l'industrie*

- 1) Que les départements d'université désignent une personne agissant à titre d'agent de liaison principal afin de communiquer avec chacune des industries (minéraux, pétrole, ingénierie, etc.) lorsque des liens seraient bénéfiques en ce qui concerne l'emploi, la recherche et d'autres questions. Les personnes désignées seraient les membres du corps professoral dont les intérêts se rapprochent le plus de ceux de l'industrie concernée. Ceci suivrait l'exemple d'essais réussis par plusieurs universités, vieilles et nouvelles.
- 2) Les départements d'université devraient chercher à obtenir une plus grande participation de géologues et de géophysiciens du pétrole et de l'exploration pour des conférences - particulièrement pour la présentation de cas concrets.
- 3) Les départements d'université devraient chercher à obtenir la participation de plus de chercheurs des industries du pétrole et de l'exploration des minéraux, selon une méthode de roulement, à des comités consultatifs de nombreux genres. Les deux ont tiré avantage au fur et à mesure que chacun se familiarisait avec les méthodes de travail et les buts ultimes de l'autre.

#### *Relations avec le public*

- 1) Les départements de géologie et de géophysique des universités devraient améliorer la qualité de leurs expositions (au besoin) et faire des expositions publiques périodiquement, surtout durant le semestre d'hiver.

Lorsque cela est possible, ils devraient le faire en collaboration avec le musée local. Plusieurs exemples dignes d'être imités sont cités dans le texte du présent rapport.

- 2) Les géoscientifiques universitaires devraient comprendre l'importance de communiquer avec d'autres chercheurs et avec le public au moyens des médias, de livres et de conférences publiques. Les chefs de département devraient encourager ceux qui ont les talents requis à consacrer une partie importante de leur temps à de telles activités.
- 3) Les géoscientifiques universitaires devraient apprécier le besoin croissant d'observations publiques bien informées sur des questions concernant les ressources, l'environnement et d'autres questions importantes auxquelles doit faire face le pays. Ils ne devraient pas fuir les débats avec d'autres géoscientifiques, à condition que le sujet soit traité avec objectivité. Ils devraient chercher de façon dynamique des occasions pour eux et leurs collègues de contribuer leurs vues de géoscientifiques sur certaines des questions importantes de l'heure.

#### *Recherche*

Le Conseil constate que trop d'accent est mis sur l'importance de la recherche pionnière dans de nombreux départements de géologie et de géophysique, de grande taille et de taille moyenne, souvent au détriment d'autres activités importantes. Dans de nombreux cas, ce fait a entraîné des situations où ceux qui se sont montrés incapables de faire du travail de premier ordre, y compris d'anciens pionniers qui ont perdu leur initiative et leur entrain, ont continué des projets qui sont coûteux en temps et en argent. Nous recommandons que:

- 1) ceux que l'étude empirique n'intéresse plus soient encouragés à se concentrer sur la recherche conceptuelle plutôt que sur des éléments coûteux de recherche pionnière<sup>1</sup>.
- 2) Les professeurs qui ne font plus de recherche devraient tenir un rôle plus important dans l'enseignement ou dans la communication avec le public et ils devraient recevoir des preuves convaincantes qu'ils seront récompensés justement pour un bon rendement dans ce rôle.
- 3) Les bons chercheurs devraient être reconnus au moyen d'une réduction de leur charge d'enseignement aux étudiants de premier cycle, s'ils en font la demande.

Tous devraient participer, sous une forme ou une autre, à l'enseignement des cours de premier cycle, car il est important que les étudiants débutants soient exposés à certains des chercheurs pionniers.

- 4) Que les départements, particulièrement les petits départements, qui font de nouvelles nominations prennent sérieusement en considération la possibilité d'abandonner la pratique courante qui consiste à dresser la liste des candidats à partir uniquement des membres des sous-disciplines classiques de la géologie et de la géophysique. Ils devraient chercher à nommer les candidats capables de travailler dans les principales

<sup>1</sup>Telle que définie par Bonneau et Corry (1972), la recherche conceptuelle s'intéresse à l'élément de synthèse tandis que la recherche pionnière comprend les éléments empirique et analytique. De nombreux chercheurs, bien sûr, combinent les deux méthodes.

disciplines et d'ouvrir de nouveaux domaines de recherche.

- 5) Qu'une attitude totale de laisser-faire à l'égard de la recherche dans un département peut entraîner gaspillage et manque de production. Elle ne produit pas de point central qui permette de partager des idées, de l'espace, des fonds, de l'équipement et des étudiants diplômés. Les chefs de départements devraient entreprendre de bâtir des unités d'intérêt et d'objectif similaires, en se servant pour modèle des départements qui ont réussi au moyen de divisions régionales, disciplinaires ou autres pour la recherche afin de composer des équipes viables.
- 6) Nous louons le C.R.S.N.G. pour son nouveau programme innovateur d'appui stratégique à la recherche et nous prions instamment les géologues et les géophysiciens de se rassembler avec leur collègues d'autres disciplines afin de concevoir des projets qui sont dans l'intérêt national et qui sont admissibles à ces subventions stratégiques.

Étant donné le coût croissant de la logistique sur le terrain, il est essentiel que les géoscientifiques universitaires explorent toutes les méthodes disponibles d'accès aux régions éloignées. Nous recommandons:

- 7) Qu'ils fassent valoir auprès des organismes gouvernementaux et des sociétés d'exploration pétrolière et minérale la valeur éventuelle de leur recherche, et l'importance d'une certaine liberté d'exécution des travaux sur le terrain, pour eux comme pour leurs étudiants diplômés. Ils devraient tenter d'obtenir voix au chapitre de la planification des grands ouvrages, de sorte que leurs projets ne soient pas indûment restreints par les exigences logistiques des parrains.

#### C.R.S.N.G.

##### *Bourses d'études*

Nous recommandons que le C.R.S.N.G. prêche l'exemple aux autres organismes en accroissant la valeur des bourses qu'il accorde aux étudiants de deuxième et de troisième cycle par 50% ou plus par rapport à 1978-1979. Par ailleurs, nous recommandons que son comité national des bourses cherche à comprendre les raisons pour lesquelles relativement peu de bourses sont accordées en géologie et en géophysique et qu'il rende ces raisons publiques.

##### *Financement de la recherche*

Le Conseil félicite le C.R.S.N.G. pour l'augmentation des bourses à compter de 1980-1981, ce qui ramène l'appui à la recherche universitaire au niveau de 1969-1970. Nous le félicitons également pour les mesures qu'il a prises afin de combler le fossé entre les subventions totales et les subventions par habitant accordées aux sciences de la Terre et celle accordées à certaines autres disciplines.

Nous recommandons:

- 1) d'accélérer considérablement l'augmentation par rapport aux autres sciences afin de reconnaître: a) l'activité vigoureuse en cours dans presque toutes les sous-disciplines des sciences de la Terre; b) le nombre élevé d'inscriptions d'étudiants diplômés dans les sciences de la Terre; c) l'estime manifeste dans laquelle sont tenues les sciences de la Terre universitaires dans le monde entier; et d) le sentiment prédominant, ici comme à l'étranger, selon lequel un accroissement du

financement produirait d'excellents spécialistes dans plusieurs autres sous-disciplines des sciences de la Terre universitaires au Canada.

Nous recommandons en outre que:

- 2) l'escalade des coûts des travaux sur le terrain dans le domaine des sciences de la Terre soit reconnue, particulièrement en ce qui a trait au transport dans les régions éloignées. Par le passé, les subventions les plus élevées ont été accordées aux géoscientifiques travaillant en laboratoire - principalement à l'appui des techniciens et pour l'entretien des instruments. Les chercheurs sur le terrain ont dû compter sur un appui logistique des sociétés et des organismes gouvernementaux. Ceci restreint habituellement la portée des projets, qui doivent se conformer aux exigences de la logistique du parrain, ce qui exclut pratiquement tous les grands projets de recherche universitaire sur le terrain.
- 3) Nous louons les tentatives continues faites par le comité de sélection des subventions en vue d'être toujours plus sélectif dans les méthodes utilisées pour déterminer à qui iront les subventions. Les subventions de C.R.S.N.G. devraient être dirigées vers ceux qui sont engagés dans de la recherche pionnière de premier ordre, et ceux qui sont incapables de le faire devraient être éliminés du système et encouragés à élaborer d'autres projets ou à chercher d'autres sources de financements. Nous recommandons que le comité rende son processus de sélection plus strict.
- 4) Nous recommandons que le comité de sélection de subventions aux sciences de la Terre du C.R.S.N.G., dans le cadre de son processus de visite par roulement, organise des rencontres avec de hauts fonctionnaires des organismes fédéraux et provinciaux afin de discuter de la rationalisation de l'aide à la recherche.
- 5) Nous recommandons le processus de sélection par des pairs pratiqué d'abord au Conseil national de recherches et maintenant au C.R.S.N.G. L'anonymat des arbitres venus de l'extérieur fait partie intégrante du système, et nous prions les dirigeants de C.R.S.N.G. de continuer à exercer des pressions pour faire en sorte que le régime d'arbitrage scientifique soit exempté des dispositions d'application de la Loi canadienne sur les droits de la personne.

#### Conseil canadien des sciences de la Terre

##### *Études de niveau secondaire*

Nous recommandons que le Conseil des sciences de la Terre et ses sociétés membres lancent une campagne auprès des ministères provinciaux de l'Éducation afin que les sciences de la Terre soient introduites dans le programme des études de niveau secondaire à titre d'introduction aux cours de biologie, de chimie et de physique enseignés par la suite.

##### *Études de deuxième et de troisième cycles*

- 1) Le Conseil canadien des sciences de la Terre devrait continuer à faire des représentations auprès des députés et devrait aussi communiquer directement avec des représentants de ministère de l'Immigration concernant la nécessité d'accorder, en une période de besoin national névralgique, des permis de travail aux étudiants diplômés étrangers et à leurs conjoints lorsque le nombre prévu d'inscriptions en géologie et en géophysique,

dans nos écoles d'études supérieures, est à la baisse.

- 2) Le Conseil canadien des sciences de la Terre devrait envoyer des personnes ou des groupes avisés pour prendre la parole devant les organismes d'établissement de la politique industrielle, notamment la *Canadian Petroleum Association* et l'association minière du Canada, concernant l'importance de bonnes écoles supérieures de géologie et de géophysique pour les industries pétrolière et minière et les besoins d'un plus grand appui industriel de ces écoles.
- 3) Le Conseil canadien des sciences de la Terre devrait discuter avec les ministres du Cabinet et avec de hauts fonctionnaires de méthodes qui pourraient servir à encourager les sociétés pétrolières et minières dont le siège social est au Canada à exécuter de la recherche dans les sciences de la Terre appliquées, de sorte que plus de nos titulaires de doctorat nouvellement diplômés puissent poursuivre leurs études fondamentales plutôt que d'avoir à accepter de l'emploi dans des rôles d'exploitation ou de service. À long terme, cette initiative produirait les méthodes d'exploration plus raffinées et perfectionnées et des gains économique plus grands pour les sociétés et le pays.
- 4) Le Conseil canadien des sciences de la Terre est heureux de voir que le C.R.S.N.G. poursuit sa politique de réévaluation des besoins de diverses disciplines, mais il le prie instamment d'accélérer encore plus rapidement le versement de sommes aux sciences de la Terre, compte tenu des exigences nationales croissantes d'évaluation des terrains, de protection environnementale, d'exploration et d'économie des ressources.

#### Sociétés scientifiques

Parce que les premières sociétés géoscientifiques établies étaient des sociétés de spécialistes et parce que les universitaires sont surtout membres de sociétés générales, dont le nombre de membres ne représente qu'un petit pourcentage de la population globale des sciences de la Terre, le Canada a entretenu un provincialisme des disciplines. L'étendue et les divisions politique de notre pays ont donné lieu à des exemples de provincialisme géographique. Nous recommandons:

- 1) que les sociétés de spécialistes, par exemple les sociétés pétrolières de Calgary, continuent leurs efforts splendides en vue de se ramifier dans d'autres régions du pays en travaillant en étroite collaboration avec les sociétés locales et avec les sections et les divisions locales des GAC et CIM.
- 2) que les sociétés et les sections locales de sociétés nationales, comme celles de Winnipeg, de Regina et d'Edmonton, organisent chaque année une réunion, de préférence dans une université, ayant pour principal objet de faire visiter les installations et d'expliquer l'activité du département local de géophysique et de géologie et de l'organisme provincial des sciences de la Terre.

#### Council of Heads of Canadian Geoscience Departments

- 1) Nous recommandons que le *Council of Chairmen* continue à dresser chaque année une liste des étudiants de premier cycle avec spécialisation, concentration ou

génie en géologie et en géophysique dans tous les pays et une liste des diplômés de ces programmes durant l'année à l'étude. Ces listes devraient être envoyées chaque année à des groupes qui rassemblent périodiquement de telles données, par exemple l'*American Geological Institute* et l'Institut canadien des mines et de la métallurgie. Les présidents des départements devraient être priés de se reporter à ces listes lorsqu'ils complètent des questionnaires ayant pour but de fournir de tels chiffres.

- 2) Le *Council of Chairmen* devrait continuer à produire annuellement un rapport sur le nombre d'inscriptions, à l'échelle nationale, aux études de deuxième et de troisième cycles, sur le nombre de diplômes décernés et sur les projets de recherche supérieure en cours. Ce rapport devrait faire l'objet d'une distribution à grande échelle, et des articles qui s'y rapportent devraient être rédigés pour le *Northern Miner*, l'*Oilweek* et d'autres revues techniques à grand tirage.

Nous désirons reprendre la recommandation adressée à notre Conseil des sciences de la Terre, notamment:

- 3) que le *Council of Chairmen*, travaillant possiblement sous l'égide du Conseil canadien des sciences de la Terre, communique de façon officielle avec des groupes tels que la *Canadian Petroleum Association* et la *Canadian Metal Mining Association* afin de leur souligner la valeur de la recherche et des études supérieures en sciences de la Terre pour l'industrie primaire. Il devrait leur fournir des faits et données concernant le niveau relativement faible du financement de ces industries et les avantages qu'ils tireraient d'un appui plus grand.
- 4) Le *Council of Chairmen of Earth Science Departments*, en collaboration avec des sociétés nationales telles que la *C.I.M.*, la *C.S.P.G.* et la *C.S.E.G.*, devraient parrainer la publication d'une série permanente de courts articles dans diverses revue et la tenue d'ateliers lors de diverses réunions afin de décrire et d'expliquer la recherche en cours dans les universités, dans tout le pays. Des cas concrets devraient être décrits pour illustrer comment la recherche fondamentale a produit des notions et des techniques pratiques qui pouvaient être immédiatement adoptées par des chercheurs de l'industrie et du gouvernement.

#### Organismes gouvernementaux

##### Appui des travaux de chercheurs diplômés des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles

- 1) Les organismes gouvernementaux et les sociétés qui parrainent des projets exécutés dans le cadre de la thèse devraient faire participer les superviseurs des étudiants à la planification et à la supervision sur place de ces thèses.
- 2) la pratique louable de certains organismes fédéraux et provinciaux qui consiste à engager des étudiants diplômés dans leurs projets de recherche devrait être plus répandue. Cette pratique permet aux étudiants diplômés de faire leur apprentissage en prévision d'un emploi permanent avec ces organismes. L'expansion et la généralisation de cette pratique permettraient de donner de l'information dans les domaines spécialisés qui exigent actuellement du recrutement à l'étranger.

## Installation communes

Nous recommandons aux organismes des sciences de la Terre des gouvernements provinciaux qui projettent de construire des laboratoires pour satisfaire à leurs propres besoins de le faire en collaboration avec les universités locales. Au fur et à mesure qu'ils croissent en taille et en importance, ces organismes devraient assumer de plus en plus de leurs responsabilités afin d'éviter les recoupements et d'alimenter une plus grande collectivité des sciences de la Terre, dans l'intérêt tant de l'exécution de leur propre mandat que de la promotion de l'harmonie et de la collaboration dans le milieu des sciences de la Terre.

## Liens avec des départements d'université

Ces liens sont, en règle générale, bons, mais il existe de nombreuses possibilités de les améliorer, et les exemples de coopération et de collaboration sont rares. La personnalité des chefs ou des gestionnaires joue un rôle très important dans l'établissement des relations et dans leur maintien. Nous recommandons:

que les organismes gouvernementaux et les départements d'universités examinent toute la gamme des pratiques utiles actuellement suivies, et qu'ils en adoptent quelques-unes ou qu'ils adoptent toutes celles qui se prêtent à leurs circonstances, entre autres: nommer des chercheurs du gouvernement à titre de professeur adjoint et de conférencier pour le semestre de même que pour des conférences spéciales; assister à des conférences et à des séminaires dans les établissements l'un de l'autre; engager les professeurs lorsqu'ils appuient en partie les recherches de leurs étudiants; inviter les représentants de l'autre groupe aux réunions d'établissement de politique et de planification; discuter des nouvelles nominations et des nouvelles installations.

## Recherche

La hausse des frais de transport et d'autres frais logistiques rend l'exécution d'importants ouvrages dans des régions éloignées de plus en plus difficile pour tous les membres de la collectivité des sciences de la Terre. Le milieu universitaire, qui compte surtout sur des subventions d'aide à la recherche, est le plus durement touché. Nous recommandons que:

- 1) les chercheurs d'universités et leurs étudiants diplômés soient invités à participer à des projets importants de sorte qu'ils puissent tirer avantage des installations de transport et du coût moindre du partage des logistiques. Ils devraient être invités à participer à la planification dès le début, de sorte que l'exécution puisse satisfaire à plusieurs objectifs individuels et communs;
- 2) que les autres organismes provinciaux suivent l'exemple de l'Ontario, et qu'ils accordent les subventions d'aide à la recherche appliquée aux géologues et aux géophysiciens d'universités de leur province, en plus de l'adjudication classique de contrats pour des projets particuliers;
- 3) que la Commission géologique du Canada exécute son mandat pour le bien-être de la géologie nationale en accroissant son appui à la recherche universitaire au moyen de contrats et d'accords de recherche. Elle devrait toujours chercher à ajouter aux subventions du C.R.S.N.G., dans les domaines qu'elle favorise;
- 4) que la direction de l'É.M.R. nomme des examinateurs venus de l'extérieur pour juger des demandes d'appui à la

recherche qui lui sont présentées, selon l'exemple du ministère des Ressources naturelles de l'Ontario et du C.R.S.N.G.

## Sociétés d'exploitation minérale et pétrolière

- 1) Nous recommandons que les sociétés industrielles, au moyen de conférences, de bulletins et d'autres moyens de recrutement, encouragent les étudiants compétents à participer à des travaux de deuxième et de troisième cycles avant de s'engager dans des carrières dans l'industrie. Nous suggérons également qu'elles étudient la possibilité de reporter les dates d'entrée en fonction et d'offrir de l'aide financière provisoire pendant que ces étudiants méritoires terminent leur formation professionnelle.
- 2) Bien que le domaine des sciences de la Terre dans les universités canadiennes se soit fait un nom à l'étranger pour ses liens étroits avec l'industrie et pour sa recherche pertinente en réponse aux besoins d'exploration, l'industrie semble lui offrir remarquablement peu d'appui financier. Nous recommandons que:
- 3) les géoscientifiques des sociétés prennent connaissance des travaux de recherche en cours dans tout le pays et qu'ils entreprennent de convaincre leurs employeurs que l'appui des programmes permanents de recherche pionnière de géologie et de géophysique appliquées serait à long terme dans leur intérêt. Ils devraient examiner le modèle d'appui à la recherche récemment établi par la Rio Tinto Canadian Exploration Ltd. (Riocanex); les principaux chercheurs des sociétés invitent les professeurs appropriés à se joindre à leurs sociétés dans des rôles d'exploitation ou de spécialistes pendant une partie de leur congé sabbatique ou durant l'été. Ceci permettrait aux professeurs de se familiariser davantage avec les besoins de formation et de recherche de l'industrie;
- 4) les principaux chercheurs de sociétés entreprennent d'intégrer les projets de recherche universitaire dans plus de leurs grands travaux dans des régions éloignées. En annonçant les plans d'exécution de ces ouvrages durant leurs visites de recrutement, ils permettraient aux professeurs et aux étudiants diplômés de soumettre des projets d'appui logistique dans ces régions;
- 5) les principaux géoscientifiques du secteur du pétrole devraient encourager leurs collègues à assister à au moins une assemblée annuelle ou une réunion de section de GAC/MAC par années à l'extérieur de Calgary afin d'échanger des idées avec des géoscientifiques d'universités venus du centre et de l'Est du pays.

## CONCLUSION

Le Canada est bien servi par ses départements universitaires de géologie et de géophysique. Le nombre d'inscriptions en géologie s'est accru et a presque satisfait à la demande sans cesse croissante des cinq dernières années. Le nombre d'inscriptions en géophysique a continué d'être insuffisant pour répondre à la demande, mais la participation croissante des départements de géologie à l'enseignement de la géophysique pourrait bientôt remédier à cette situation. Les départements font toujours l'objet de pressions de la part de personnes qui les invitent à reconcevoir les programmes de cours de façon à répondre aux besoins spéciaux des divers

employeurs. Des communications plus nombreuses sont assurément nécessaires dans ce domaine, mais la plupart des professeurs méritent une bonne note pour avoir soutenu qu'ils devaient avant tout donner à leurs étudiants une bonne formation générale et un sens d'interaction des sciences, de façon que ces étudiants obtiennent leurs diplômes en tant que personnes capables de réfléchir et de s'adapter à plusieurs formes d'emploi.

Les études et la recherche des diplômés du premier cycle se sont multipliées au cours de la dernière décennie, même si elles sont demeurées sous-alimentées financièrement et d'autres façons. Nous avons produit quelques grandes vedettes, mais le domaine des sciences de la Terre dans les universités canadiennes est reconnu comme étant de classe mondiale dans plusieurs sous-disciplines. La plupart de celles-ci sont directement ou indirectement liées aux grands problèmes de géologie régionale, de mise en valeur des ressources et de protection de l'environnement: tous d'importants éléments de notre qualité de vie nationale.

## REMERCIEMENTS

### Du Conseil

La présente étude a été entreprise par un comité nommé par le Conseil et chargé par celui-ci de décrire et d'évaluer l'activité des départements de sciences de la Terre des universités canadiennes. À l'automne de 1979, presque un an après le début des travaux, le Conseil a convenu de restreindre l'étude aux départements de géologie et de géophysique pour faire en sorte que le rapport puisse être terminé dans un délai raisonnable. Nous remercions les co-présidents du comité qui ont conçu les questionnaires envoyés aux sociétés d'exploration minière et pétrolière, qui en ont analysé les réponses et qui ont participé aux visites sur place dans les départements participant à l'étude. Les membres du comité sont:

Co-présidents: J.E. Armstrong, Commission géologique du Canada, à la retraite (Vancouver)

E.R.W. Neale, Commission géologique du Canada (Calgary)

Membres: M.J. Keen, Commission géologique du Canada (Halifax)

R.Y. Lamarche, ministère des Richesses naturelles (Québec)

Lloyd Clark, *Saskatchewan Mineral Development Corporation* (Saskatoon)

P.L. Money, *Texasgulf Incorporated* (Toronto)

P.J. Savage, *Pan Canadian Petroleum Ltd.* (Calgary)

L'appui financier qui a permis de payer les frais de déplacement et d'autres frais est venu de subventions spéciales accordées par la Commission géologique du Canada et par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie.

Les sociétés pour lesquelles travaillent trois des membres du Comité ont payé leurs frais de déplacement.

De nombreux membres du Conseil ont lu des ébauches des divers chapitres du rapport et en ont fait la critique. Enfin, le Conseil se joint aux membres du comité et aux auteurs pour remercier les membres des corps professoraux de 40 des départements de géologie et de géophysique et environ 20 autres départements des sciences de la Terre pour avoir donné leur collaboration pleine et entière aux membres du Comité, lorsque ceux-ci leur ont rendu visite dans leurs départements, les ont appelés au téléphone ou les ont rencontrés, à plusieurs reprises, et pour avoir rempli d'innombrables questionnaires. Leur récompense est un rapport très complet et, nous l'espérons, une série de recommandations utiles qui serviront de matière à réflexion.

Présenté par le Conseil exécutif de 1979

C.R. Barnes, président  
A. Sutherland Brown, vice-président  
K.A. Morgan, secrétaire-trésorier  
R. Ericson, membre du comité  
G. Roberts, directeur général

Le 18 mai 1980

### Des auteurs

Ils nous faut remercier nos collègues du présent Comité pour leur perception et leurs questions pénétrantes durant les visites sur place. Nous les remercions également, de même que les membres des Conseils précédent et actuel des sciences de la Terre, pour avoir lu et commenté plusieurs ébauches du présent manuscrit. Par ailleurs, nous remercions les collègues de la Commission géologique du Canada et de nombreux amis des universités et de l'industrie pour avoir fait des observations et suggestions utiles quant à la formulation de parties des chapitres. Nous assumons cependant l'entière responsabilité du manuscrit définitif, étant donnée que des contraintes de temps nous ont empêché de faire circuler toutes les parties révisées auprès de ces lecteurs.

D'agréables volontaires, dont Pat Greener, Hilde King, Jamie Gaetz, Linda In't Veld et Lynn Machan, se sont partagés le travail de dactylographie et de correction des nombreuses ébauches. Lynn a également fait la correction d'épreuves et assemblé le manuscrit définitif.

Les dispositions de traitement, de traduction, de mise en page et de publication ont été prises par M. R.G. Blackadar et ses collègues de la Commission géologique du Canada.

Nous leurs sommes extrêmement reconnaissants de leur patience et des nombreuses gentilleses qu'ils ont eu à notre égard.

## 2. LES CORPS PROFESSORAUX ET LES INSTALLATIONS DANS LES DOMAINES DE LA GÉOLOGIE ET DE LA GÉOPHYSIQUE

*.....institutions are constantly tending to gravitate. Like clocks they must be occasionally cleansed, and wound up, and set to true time.*

Henry Ward Beecher, Life Thoughts

### INTRODUCTION

L'enseignement et la recherche en géologie ainsi qu'en géophysique sont assurés par 40 départements distincts ou autres en entités qui se consacrent entièrement à l'une de ces sciences ou aux deux à la fois. Ils sont situés dans 34 des 53 universités canadiennes qui offrent des programmes menant à l'obtention d'un diplôme. D'autres départements de ces universités, ainsi que certains qui sont situés dans les 19 autres universités, offrent certains cours et font une certaine recherche qui pourraient être considérés comme de la géologie ou de la géophysique. Notre rapport porte surtout sur les 40 groupements dont les mandats ont trait directement à la géologie et à la géophysique. Dans ce chapitre, nous étudierons leur évolution, leur personnel et ses responsabilités, l'importance de leurs installations matérielles, la gestion et l'évaluation de leurs activités ainsi que certaines des influences extérieures. Dans les chapitres subséquents, nous étudierons et évaluerons, dans cet ordre, les principales fonctions de ces départements, c'est-à-dire la formation de premier cycle, les études et la recherche de niveaux supérieurs ainsi que leur rapport avec d'autres départements, l'industrie, le gouvernement et le grand public. Tout au long du rapport, nous ferons des suggestions et des recommandations visant à accroître la contribution qu'apportent au Canada les universités dans les domaines de la géologie et de la géophysique.

### ÉVOLUTION DE LA GÉOLOGIE ET DE LA GÉOPHYSIQUE DANS LES UNIVERSITÉS

Le bref compte rendu qui suit s'inspire principalement de Stearn (1968) ouvrage auquel viennent s'ajouter des renseignements tirés de Garland (1968) et Blais et coll. (1971) mis à jour par le présent rapport. Il ne porte que sur la création des départements et de l'enseignement de premier, de deuxième et de troisième cycles qu'offrent ceux-ci. Ce n'est qu'au chapitre cinq que sera fait un bref historique de la recherche.

#### Département de géologie

C'est au Séminaire de Québec que furent donnés les premiers cours de géologie et de minéralogie par l'abbé John Horan en 1845. Après la fondation de l'université Laval, l'abbé Horan continua ses cours et en 1856, lui succéda le professeur T. Sterry Hunt qui occupa ce poste jusqu'en 1862. Malgré ces débuts prometteurs, l'université ne reteint les services d'un professeur à plein temps pour l'enseignement de la géologie qu'en 1923, et celui d'un géologue de métier comme professeur de géologie avec la nomination de l'abbé J.W. Laverdière qu'en 1931. C'est à l'université de Toronto que revient l'honneur de revendiquer le premier département de géologie au Canada. En effet, il est fondé en 1853 par E.J. Chapman qui continuera d'y donner des cours pendant 42 ans. J.W. Dawson commence à enseigner la géologie à McGill, à partir de sa nomination au poste de directeur de cet établissement en 1855. Toutefois, la chaire Logan de géologie à McGill n'est pas créée avant 1871. En 1865,

l'université Dalhousie offre des cours de géologie et le révérend D. Honeyman y est nommé professeur en 1879. Pour ce qui est d'Acadia, les débuts remontent en 1866 bien qu'un poste de professeur indépendant n'ait pas été créé avant 1913. L'École Polytechnique est fondée en 1873 et C.A. Pfister y donne des cours de géologie. C'est en 1885 qu'est nommé le premier géologue, Joseph Obalski, au corps professoral.

Pour ce qui est de l'université Queen's, l'enseignement de la géologie remonte à 1876 environ. Les autres universités ont commencé plus tard: l'université du Manitoba, en 1904; McMaster, en 1909; l'université de l'Alberta, en 1912 et l'université de la Colombie-Britannique, en 1914. En 1920, treize universités canadiennes offraient des programmes d'étude dans des départements de géologie. En 1960, on en comptait 22 et, par la suite, il y a eu une augmentation rapide (figure 2,1) pour donner finalement les 30 départements dont parlent Blais et coll. (1971) dans leur étude de 1968. Seulement trois départements ont été créés au cours des douze dernières années, en l'occurrence, à l'université du Québec à Montréal et à Rimouski ainsi qu'à l'université de Regina.

À l'heure actuelle, vingt départements de géologie au Canada offrent un programme de doctorat et 28 décernent des diplômes de maîtrise. Les noms des 33 départements varient:

Départements de géologie	-20
Départements des sciences géologiques	- 6
Départements des sciences de la Terre	- 4
Départements des ressources du sol	- 1
Départements de géologie et de géophysique	- 1
Départements de génie minéral	- 1

Les corps professoraux varient grandement eux aussi:

5 départements comptent 5 personnes ou moins
9 en comptent de 6 à 10
8 en comptent de 11 à 15
6 en comptent de 16 à 20
5 en comptent plus de 20

Le tableau 2,1 donne des renseignements de base sur le personnel et le nombre d'étudiants inscrits aux 33 universités.

Ce n'est qu'au début du siècle que les universités canadiennes ont commencé à offrir des programmes d'études supérieures—l'université de Toronto a décerné ses premiers doctorats en 1900, dont l'un à W.A. Parks, paléontologue de renom. McGill a décerné son premier diplôme de maîtrise en géologie en 1901, mais ce n'est qu'en 1924 que fut décerné le premier doctorat dans cette discipline. La plupart des autres universités ont offert des programmes de maîtrises ès Arts ou ès Sciences après 1920, mais les programmes de doctorat en géologie n'y ont été lancés que beaucoup plus tard: à l'université Queen's en 1943, à Laval en 1952, à l'université de la Colombie-Britannique en 1956, à l'université du Manitoba en 1960 et à l'université Western (Ontario) en 1966. Jusque

dans les années 60, la plupart des étudiants canadiens faisaient leurs études supérieures à l'étranger, surtout dans les universités américaines les plus connues ou encore s'inscrivaient à McGill ou à Toronto. Cette tendance a changé lentement de façon qu'à l'heure actuelle, très peu d'entre eux vont à l'étranger et certains des programmes d'études supérieures en géologie les plus importants au Canada sont offerts par des universités qui n'existaient pas en 1960!

### Départements de géophysique

La géophysique théorique a probablement été enseignée d'une façon ou d'une autre dans les départements de physique au début du siècle. Toutefois, le point de départ reconnu a été l'année 1928 lorsque A.S. Eve, à McGill, et Lachlan Gilchrist, à Toronto, ont commencé leurs recherches dans leurs départements de physique respectifs sur les techniques de prospection géophysique. Dès lors, la recherche universitaire est passée du concret au théorique, niveau où son évolution principale s'est produite depuis. Toutefois, jusqu'à tout dernièrement ce sont les départements de physique (Garland, 1968) qui ont assuré l'enseignement de la géophysique. Ainsi, il y a, à l'heure actuelle, sept groupements au Canada associés avec des départements de physique qui offrent des BSc, des MSc et des doctorats en géophysique. Quatre d'entre eux sont des subdivisions des départements de physique (Memorial, Toronto, Alberta, et Victoria) et trois sont indépendants, en l'occurrence, le département de géophysique de l'université Western Ontario, le département de géophysique et d'astronomie, à l'université de la Colombie-Britannique, et le département des sciences de la Terre et de l'environnement, à l'université York. Il s'agit là des principaux établissements de recherche en géophysique et, comme le souligne Blais et coll. (1971), ils ont tendance à concentrer leurs efforts dans le domaine de la physique du globe plutôt que de la géophysique de l'exploration, et la plupart d'entre eux ne forment pas beaucoup de diplômés au niveau du baccalauréat.

Au cours des dernières années, plusieurs départements de géologie ont ajouté un ou deux géophysiciens à leur personnel et forment maintenant des bacheliers spécialisés et des bacheliers à concentration en géophysique qui ont d'excellentes connaissances en géologie. L'appui que donne l'industrie à cette tendance est bien illustré par le parrainage récent d'une chaire de géophysique au département de géologie et de géophysique de l'université de Calgary.

Toutefois, comme en 1968 (Blais et coll., 1971), la plupart de nos universités qui ont des départements de géologie ne comptent pas un seul géophysicien parmi leur personnel.

### Rapport entre la géologie et la géophysique

Nous avons souligné le fait que la géologie et la géophysique aient eu, dans les universités canadiennes, des évolutions différentes de celles qui se sont produites dans beaucoup d'autres pays par suite de l'association, dès le début et maintenant, de la géophysique avec les départements de physique. Le rapport s'est amélioré au cours des années (Garland, 1967) et, récemment par la nomination de géophysiciens à la tête de départements de géologie et par la création d'une nouvelle division de notre association géologique nationale. Néanmoins, la moitié de nos départements de géologie n'ont aucun employé capable d'enseigner la géophysique; nos groupements de géophysique séparés et indépendants forment trop peu de diplômés pour répondre à la forte demande continue de l'industrie, et la recherche en géophysique appliquée n'est effectuée qu'en

quelques endroits malgré le besoin, évident depuis longtemps, (Blais et coll., 1971) d'une activité beaucoup plus poussée dans ce domaine.

Nous recommandons que les départements de géologie qui n'ont pas de géophysiciens ou d'unités d'enseignement de la géophysique à l'université, essaient de corriger cette lacune la prochaine fois que des nominations professionnelles seront faites.

Nous recommandons également que ces départements lancent des programmes de baccalauréat spécialisé et de baccalauréat avec concentration en géophysique, possiblement en collaboration avec les départements de physique et les facultés de génie, suivant ainsi l'exemple des universités de la Saskatchewan, du Manitoba, de Calgary, Queen's, de l'École Polytechnique, de McGill et autres départements de géologie qui contribuent maintenant à répondre à la demande de plus en plus forte de géophysiciens de l'exploration.

Nous recommandons en outre que les départements de géophysique indépendants ainsi que ceux qui sont associés à des départements de physique redoublent d'effort pour créer des liens d'enseignement et de recherche avec les départements de géologie. Les objectifs seraient l'inscription accrue d'étudiants et l'orientation de certains domaines de recherche actuel vers des voies plus pragmatiques, suivant ainsi l'exemple de l'université de Toronto et de l'École Polytechnique.

### CORPS PROFESSORAUX

#### Composition

En 1979-1980, il y avait au Canada, 456 universitaires du niveau de professeur adjoint ou plus élevé qui enseignaient la géologie et la géophysique. On peut comparer ce chiffre au 319 (278 géologues et 41 géophysiciens) dont parlent Blais et coll. (1971) de 1968. Cette augmentation de 43% du personnel enseignant s'est accompagnée d'une augmentation de 65% du nombre d'étudiants du niveau supérieur et de 100% de ceux du premier cycle avec discipline majeure. Les professeurs de géologie et de géophysique représentent 1,8% des 25 660 membres des corps professoraux de nos universités, pourcentage légèrement inférieur à celui de 1968. La baisse relative du pourcentage d'ensemble est attribuable à la croissance rapide des sciences sociales, de la gestion et de programmes similaires. Tout en demeurant ce qu'elles étaient, la géologie et la géophysique ont eu une certaine croissance par rapport aux autres départements scientifiques dont, pour la plupart, la croissance s'est arrêtée pendant plus de 10 ans.

Le corps professoral type est dominé par les hommes; sur les 464 enseignants à plein temps, nous ne connaissons que huit femmes. Elles travaillent à Dalhousie, Acadia, Nouveau-Brunswick, École Polytechnique, Queen's, McGill, Waterloo et Regina. En 1979, l'âge moyen était de 43.4 ans dans les 25 départements qui ont répondu à notre questionnaire à ce sujet (tableau 2.2). Ce chiffre se compare avec un âge moyen de 40.7 en 1974 et d'environ 37.5 ans en 1968 (Blais et coll., 1971). Comme groupe, nos professeurs vieillissent, mais pas aussi rapidement que dans la plupart des autres départements scientifiques. Un seul département, le groupe de Waterloo dont la croissance est rapide, voit une diminution de l'âge moyen depuis cinq ans, mais plusieurs autres en sont restés à un niveau assez stable. Certains départements, comme celui de l'université McMaster, qui avait, en 1968, un des âges moyens le plus bas et en a

maintenant un des plus élevés, illustrent ce qui pourrait arriver aux départements qui ont connu une expansion rapide pendant une courte période et dont la croissance s'est arrêtée brusquement. Heureusement, au moins la moitié des départements de géologie et de géophysique ont une grande fourchette d'âge à cause d'une croissance continue lente, de façon que les retraitements et le recrutement de jeunes devraient retarder le "vieillessement" qui afflige plusieurs autres disciplines.

Le tableau 2.3 illustre le nombre d'années-hommes d'expériences à plein temps des membres enseignants auprès du gouvernement et de l'industrie. À l'École Polytechnique, ce chiffre représente 32% de l'expérience du corps professoral, à Toronto 21%, à Memorial 19%, à l'université de la Colombie-Britannique, en géologie 16%. Dans certains départements, l'expérience acquise à l'extérieur est répartie assez également entre plusieurs des membres, tandis que dans d'autres (par ex. Toronto et Memorial) il y a au moins un membre du corps professoral qui a commencé à enseigner au milieu de sa carrière après avoir acquis près de 20 ans d'expérience dans l'industrie. La plupart des réponses reçues des départements soulignent qu'en plus de leur expérience à plein temps, plusieurs de leurs professeurs avaient travaillé pendant plusieurs étés auprès d'organismes gouvernementaux ou d'entreprises industrielles. Ces chiffres devraient intéresser les membres de l'industrie interrogés dont beaucoup regrettaient l'absence perçue d'expérience extérieure chez les professeurs d'université. Paradoxalement, le seul département dont les membres n'ont aucune expérience à plein temps dans l'industrie ou le gouvernement, c'est-à-dire le département de géophysique et d'astronomie de l'université de la Colombie-Britannique, forme des diplômés en géophysique hautement cotés par l'industrie pétrolière! (Voir le chapitre 3).

Bien que l'expérience des universitaires dans l'industrie et le gouvernement soit plus vaste que ne le pensent la plupart de ceux qui ont répondu au questionnaire, il y a encore beaucoup de place pour l'amélioration. Une façon de procéder serait de lancer un programme d'échanges entre les universitaires d'expérience et leurs homologues de l'industrie et du gouvernement. Cette démarche pourrait s'avérer tout spécialement utile pour les départements dont la croissance est arrêtée, car il y aurait ainsi apport de sang neuf et de nouvelles perspectives. Le Conseil recommande que :

Les chefs de département et les professeurs eux-mêmes étudient la possibilité d'échanges pendant différentes périodes de temps avec leurs homologues des sociétés minières et pétrolières et des organismes gouvernementaux.

Presque tous les membres des corps professoraux des départements de géologie et de géophysique du Canada ont des doctorats. Les deux ou trois pour cent qui n'en ont pas sont surtout des personnes plus âgées dont les nominations ont été antérieures à cette exigence, des spécialistes (par exemple en géologie des gîtes minéraux) ou des jeunes sur le point de terminer leur thèse de doctorat. Jusque dans les années 60, la plupart des géoscientifiques canadiens recevaient leur formation supérieure à Toronto, à McGill ou aux universités américaines. L'expansion rapide des départements pendant cette décennie a attiré de nombreux professeurs formés à l'étranger, surtout au Royaume-Uni. L'appendice 2,A illustre leur influence par la liste des universités où les universitaires canadiens ont obtenu leur doctorat. Vingt-sept pour cent des géologues proviennent de départements canadiens (la moitié de Toronto et de McGill), 33%, de départements américains, 26% de départements britanniques et 12%, d'ailleurs (l'université nationale d'Australie représentant la plus grande part). En 1968 (Blais et coll., 1971), 67% des professeurs de géologie n'avaient pas

obtenu leur grade le plus élevé à l'extérieur du pays, ce chiffre passant à 73% en 1978-1979. Six des huit chefs des départements de géologie des provinces de l'Atlantique ont reçu leur formation à l'étranger comme l'on fait sept des onze chefs des départements de l'Ontario et tous les chefs des départements de la Saskatchewan et le l'Alberta. Bon nombre de ceux qui ont reçu leur formation supérieure au Canada sont nés à l'étranger et beaucoup de ceux qui ont été formés à l'étranger sont nés au Canada. Nous voyons d'un très bon oeil ce mélange sain. Toutefois, compte tenu de l'éclosion de la formation supérieure au Canada, nous trouvons curieux que pas plus de diplômés ne soient revenus travailler dans nos établissements d'enseignement. Le Conseil recommande que :

Les chefs de départements de géologie et les comités de recrutement n'ignorent pas ceux qui ont reçu leur doctorat d'universités canadiennes lorsqu'il s'agit de s'adjoindre d'autre personnel.

Sur les 77 géophysiciens qui travaillent dans nos universités (y compris ceux des départements de géologie), 61% ont reçu leur doctorat au Canada (surtout à Toronto et à l'université de la Colombie-Britannique), 17% de départements américains, et 22% d'ailleurs (surtout du Royaume-Uni). En 1968 (Blais et coll., 1971), 49% des géophysiciens universitaires avaient obtenu leur doctorat d'établissements étrangers, par comparaison à seulement 30% en 1978-1979. Il est évident que les géophysiciens ont une meilleure opinion des étudiants formés au Canada que leurs collègues géologues.

Nos écoles de géologie et de géophysique sont des plus cosmopolites si l'on en juge par l'origine des universitaires qui ont un doctorat et également par l'origine de leur premier diplôme (appendice 2,A). Il est encore plus étonnant de constater que certains des commentateurs étrangers regrettaient ce qu'ils considéraient comme notre tendance croissante à avoir de moins en moins de sang nouveau. Cette remarque nous a portés à examiner les sept campus de l'université de la Californie où nous avons constaté que sur 187 professeurs, seulement 25 avaient fait leurs études de doctorat à l'extérieur des États-Unis. Laissons les auteurs s'inquiéter de consanguinité nocive; nos départements canadiens de géologie et de géophysique sont des hybrides très bien portants!

#### *Que font-ils?*

Les membres des départements de géologie et de géophysique font beaucoup plus que l'observateur moyen de l'extérieur ne pourrait ce l'imaginer. Ils enseignent, généralement tant au niveau de premier cycle que ceux de deuxième et de troisième, font presque tous de la recherche et en publient les résultats dans les publications techniques et savantes, sont membres de comités au sein des universités, participent aux travaux de sociétés et d'associations scientifiques aux niveaux local, national et international, rédigent des bulletins, écrivent des manuels de cours et agissent à titre d'experts-conseils auprès de l'industrie et des gouvernements.

#### *Enseignement*

Tous les membres des corps professoraux enseignent et leurs charges varient. La plupart des établissements, surtout ceux où les enseignants sont syndiqués, ont convenu de quatre cours sessionnels (c'est-à-dire, deux cours d'une année universitaire complète) au niveau de premier cycle comme charge moyenne. Selon que les cours comprennent deux ou trois cours magistraux et une période de travaux en laboratoire de deux ou de trois heures, cette charge peut

comprendre de huit à dix heures de contact avec les étudiants par semaine. La charge de travail est généralement plus près des douze heures hebdomadaires. Toutefois, les heures d'enseignement varient grandement par rapport à cette moyenne. Les excursions sur le terrain qui ont souvent lieu pendant les longues fins de semaine et les périodes prévues à cet effet, généralement entre les sessions, prennent aussi beaucoup du temps de certains membres des corps professoraux. Certains départements, par exemple Laval et Waterloo, tiennent compte de la charge de travail d'ensemble de l'enseignant et lui confient des cours en conséquence. Ainsi, un professeur qui a peu de recherche à faire ou s'occupe peu des étudiants du premier cycle, tandis qu'un chercheur de renom du même département ne pourrait donner que deux cours sessionnels. Il arrive plus souvent que la répartition soit plus grossière et que les enseignants qui le veulent bien se retrouvent avec 15 heures ou plus malgré leur grande participation à la recherche et aux études supérieures. Certaines universités où la rapport étudiants-enseignants est élevé, il n'y a aucune autre possibilité que des moyennes de 5 ou 5,5 cours sessionnels par membre du corps professoral.

L'enseignement dispensé aux étudiants à discipline majeure en géologie ou en géophysique n'est qu'une partie du tout. La plupart des départements ont des cours spéciaux pour les étudiants sans discipline majeure dans des sujets comme la géologie générale, la géologie de l'environnement et l'histoire de la Terre. Plusieurs professeurs ont fait remarquer que l'introduction aux géosciences de nombreux étudiants sans discipline majeure et la prise de conscience de la Terre et de ses limites par ceux qui seront des chefs dans beaucoup de domaines, était probablement la plus importante de leurs fonctions. Les cours spéciaux destinés aux étudiants en génie sont chose courante: ils sont généralement obligatoires pour les étudiants en génie civil ou minier et optionnels pour les autres. Dans certaines universités, par exemple Saskatchewan et Queen's, les cours de géologie sont obligatoires pour la plupart des étudiants en génie. Dans les universités où les géophysiciens sont membres des départements de physique où y sont étroitement associés (par exemple, Colombie-Britannique, Toronto, Alberta, Memorial) les professeurs de géophysique donnent des cours connexes en physique. Dans plusieurs universités, les professeurs de géologie ont également des fonctions dans d'autres départements, par exemple en biologie, en géographie et en génie civil, à Waterloo.

En vertu de la formule de deux heures de préparation pour une heure de cours, les professeurs doivent consacrer de dix-huit à quarante-cinq heures ou plus par semaine à leurs fonctions d'enseignement au cours des sessions. Il est surprenant de constater que presque aucun d'entre eux n'a quelque formation que ce soit en pédagogie, en élocution, en animation ou en toute autre forme de communication verbale. Dans presque tous les établissements que nous avons visités, les étudiants de premier, de deuxième et de troisième cycles avaient quelque chose à dire au sujet de la qualité de l'enseignement dispensé par certains de leurs professeurs; il est étonnant qu'il n'y ait pas eu plus de plaintes. La raison en est probablement qu'après la première année, en sciences, les classes sont relativement peu nombreuses et on peut pardonner à un chargé de cours de ne pas s'exprimer particulièrement bien à la condition qu'il soit enthousiaste, bien préparé, ait de l'ordre, favorise les échanges et y fasse bon accueil. Si le chargé de cours a peu ou aucune de ces qualités, les étudiants de premier cycle peuvent se plaindre individuellement ou en groupe au chef du département, ou inscrire leurs critiques sur la formule d'évaluation de la classe qu'utilisent maintenant beaucoup d'universités. Les étudiants de premier cycle ont mentionné que les professeurs

qui sont hautement cotés peuvent obtenir une prime de maître enseignant "Master Teacher Awards". Toutefois, ceux dont les cotes sont très faibles semblent continuer d'année en année sans faire preuve d'aucune amélioration!

Très peu de chefs de départements ont l'audace ou le courage de visiter les salles de classe sans préavis pour évaluer le rendement d'un chargé de cours et pour discuter de ses faiblesses. C'est la méthode que suit le chef du département de géologie et de géophysique à l'université de Calgary. À l'université de Montréal, c'est une pratique courante que le chef et tout autre membre supérieur du département contrôle le rendement en classe des jeunes chargés de cours.

Cette façon de procéder nous semble des plus sages, car elle apporte aux jeunes enseignants ce qui sera peut-être la seule critique constructive qui leur sera faite durant leur carrière. Nous recommandons aux autres départements de géologie et de géophysique d'adopter cette méthode.

### Recherche

La plupart des professeurs de géologie et de géophysique qui enseignent dans les universités font de la recherche. En 1979-1980, environ 72% des 456 ont reçu des subventions à la recherche du C.R.S.N.G. Bon nombre des autres qui n'ont pas obtenu de subvention du C.R.S.N.G. ou n'en ont pas demandé, en ont reçu d'autres organismes fédéraux et provinciaux et, dans une moindre mesure, des sociétés minières et pétrolières.

Il subsiste peu de doute que dans tous les départements, sauf quelques-uns plus petits qui se consacrent à l'enseignement, la plupart des membres du corps professoral sont embauchés presque uniquement en fonction de leur expérience en recherche et de leur potentiel dans ce domaine. La plupart des professeurs que nous avons rencontrés ont dit qu'il était essentiel de maintenir son activité en recherche afin de pouvoir dispenser un enseignement compétent aux niveaux supérieurs et de premier cycle avancé. Malgré cela, dans divers endroits du pays, des enseignants qui ont fait peu ou pas du tout de recherches publiables sont considérés comme très compétents pour tous les niveaux de premier cycle.

Dans bon nombre d'établissements du pays, une des principales plaintes formulées par les chercheurs productifs, c'est qu'aucune reconnaissance officielle n'est manifestée pour le temps consacré à une bonne recherche. Malgré l'opinion contraire de l'extérieur, dans bon nombre d'universités canadiennes, la recherche est quelque chose qui se fait lorsque toutes les autres tâches assignées ont été accomplies. Dans la plupart des départements, il n'y a aucun allègement du travail d'enseignement et des autres fonctions pour les principaux chercheurs; Laval, Waterloo, Memorial et Toronto font exception à cette règle. Certains chefs de départements ont été enchantés de nous dire que leurs principaux chercheurs étaient leurs activistes, leurs dynamos d'idées etc., car ils donnaient le plus grand nombre de cours et les meilleurs et qu'ils étaient également des chefs de file dans d'autres activités. Leurs récompenses, s'il en est, sont un avancement accéléré et la renommée dont ils jouissent parmi leurs collègues. Les principaux chercheurs ont dit pour leur part que l'argent était généralement suffisant, mais que leur principal souci était de trouver le temps pour les projets qu'ils avaient entrepris.

Forts de quelques bons exemples partout au Canada d'excellents enseignants qui donnent des cours au niveau de premier cycle et qui ne publient pas de rapport de recherche, Bonneau et Corry (1972) ont raison de dire que les activités

de recherche de première ligne ne sont pas nécessairement une condition indispensable pour être en enseignant compétent à ce niveau. Certains de ceux qui consacrent de longues heures à un travail plus ou moins éclairé sur des sujets à la mode devraient être encouragés à utiliser ces heures pour donner plus de cours et se tenir à jour. Ainsi, ceux qui sont considérés comme étant au faite de leur productivité en recherche pourraient être libérés d'une partie des cours de premier cycle et non pas de tous, car il est important que les étudiants de premier cycle aient un contact régulier avec les principaux chercheurs. Le chapitre cinq donne la description et l'analyse de la recherche effectuée dans les universités.

#### *Autres fonction*

Presque par définition, les universités sont beaucoup moins hiérarchiques que l'industrie et le gouvernement. Cela veut dire que la plupart des professeurs d'université, y compris les débutants, doivent participer à des comités aux niveaux de département, de la faculté et de l'ensemble de l'université. Certains de ces comités, qui s'occupent de la vie étudiante, peuvent prendre beaucoup de leur temps tout au long de l'année. D'autres qui s'occupent de titularisation, d'avancement et de répartition des locaux peuvent exiger que l'on y consacre beaucoup de temps pendant de courtes périodes. En plus des comités permanents, il y a les comités spéciaux nommés par les conseils d'administration des universités et des facultés pour étudier les questions urgentes. Dans les universités et des facultés pour étudier les questions urgentes. Dans les universités établies depuis longtemps, les corps professoraux ont dû accepter péniblement que jusqu'à 15% de leur temps soit consacré à de telles fonctions. Certains des établissements plus récents, par exemple Waterloo et Memorial, ont su échapper temporairement à l'emprise des comités, mais cette dernière devient de plus en plus forte. D'autres comme l'université de Calgary, y ont été immergés dès le début. La liberté académique et le processus démocratique se paient et la monnaie d'échange, c'est le temps.

Les gestionnaires supérieurs des universités considèrent généralement l'organisation et le bien-être des sciences comme une partie de leurs obligations. Tandis que le gouvernement et l'industrie peuvent donner à leurs employés le temps et l'argent nécessaires pour assister à des conférences, en partie dans l'espoir que des avantages immédiats résulteront des échanges, les universités favorisent activement une telle participation et l'attribuent à la contribution savante des participants. Il en résulte que beaucoup de rencontres locales, nationales et internationales ont lieu dans les universités mêmes et que les secrétariats d'associations nationale et internationale, de syndicats et de comités de coordination sont établis dans des départements de géologie et de géophysique. Notre association géologique nationale ainsi que le Conseil qui parraine le présent rapport bénéficient de locaux gratuits à l'université qui fournit les directeurs bénévoles. Une demi-douzaine de bulletins géoscientifiques internationaux et plusieurs publications nationales ont leurs bureaux de rédaction dans nos universités. De plus, les enseignants du niveau secondaire peuvent demander aux professeurs de leur donner des conseils et d'agir à titre de personnes ressources tandis que les médias d'information peuvent leur demander de commenter des questions relatives à l'énergie et aux désastres naturels.

Certains membres de départements agissent régulièrement à titre d'experts conseils pour augmenter leur revenu, quoique la plupart des universités réglementent le temps qu'ils peuvent consacrer à de telles activités et l'argent qu'ils peuvent gagner. D'autres donnent des conseils à des comités extérieurs spéciaux, des commissions et des

enquêtes judiciaires sur la politique des ressources et des sujets analogues, et ce, généralement avec la faveur de leurs universités.

Le chapitre 7 fait également état des aspects susmentionnés ainsi que des rapports des professeurs de géologie et de géophysique avec la collectivité.

#### *Consultation*

Beaucoup de professeurs donnent de temps en temps des consultations pour l'industrie ou les agences gouvernementales. La plupart des universités ont réglementé le temps que les professeurs peuvent consacrer à cette activité (soit de 1 ou 2 mois par année) et les revenus qu'ils peuvent en tirer. Dans certains cas, les revenus supérieurs à un certain montant doivent être remis à l'université et sont alors administrés comme les subventions de recherche du C.R.S.N.G. ou comme un contrat avec le gouvernement. Toutefois, ces règlements ne sont pas beaucoup respectés, et nous avons appris que certains professeurs donnent régulièrement des consultations pour augmenter leurs revenus. En fait, quelques-uns font des affaires florissantes qui peuvent nuire à leurs tâches d'enseignant et à leurs activités de recherche.

Certains professeurs considèrent la consultation comme essentielle dans certains domaines comme le génie, la géologie des gisements miniers et la géophysique appliquée, car elle leur permet de suivre l'évolution de leur spécialité et de connaître les organismes qui pourraient éventuellement aider les étudiants diplômés. Certains répondants des sociétés et du gouvernement, surtout au Québec et dans les régions de l'Ouest, déplorent le fait que certains individus donnent trop de consultations au dépens d'autres activités plus pertinentes.

Nos comités de visite n'ont pas assez approfondi le sujet pour fixer la proportion de consultations directement reliées à la recherche ou aux services courants. Nous n'avons pas pu déterminer si les consultations nuisent aux activités régulières et au rendement global des départements.

Nous avons toutefois noté que, en général, les administrateurs des universités savent, et sont souvent fiers, que les professeurs participent à des comités spéciaux externes et agissent comme conseillers pour des commissions et des enquêtes judiciaires sur la politique des ressources et autres questions du même genre. Les administrateurs et les directeurs de départements semblent toutefois très susceptibles ou mal informés quant au nombre et à la nature des consultations que leurs collègues donnent régulièrement pour l'industrie.

Les comités recommandent donc que les directeurs de départements et les administrateurs supérieurs se tiennent au courant des activités de consultation externes des professeurs afin de pouvoir les restreindre s'il s'avère qu'elles nuisent à l'enseignement, à la recherche et aux autres activités régulières des départements de géologie et de géophysique.

#### *Embauche et conditions d'emploi*

Les postes à combler dans les universités canadiennes font généralement l'objet d'une grande publicité dans les publications nationales et internationales comme *Nature and Science*, dans des bulletins nationaux et, par voie d'entente générale, dans la publication mensuelle intitulée affaires universitaires. En outre, des doyens et les chefs de département écrivent couramment à beaucoup de gens au sein comme à l'extérieur des universités, pour solliciter des

candidatures. Les candidats qui ont déjà fait l'objet d'une présélection sont généralement convoqués à des entrevues, à l'occasion desquelles ils présentent des conférences sur leurs domaines de spécialisation. Tous les autres aspects étant plus ou moins égaux, la plupart des chefs de département reconnaissent qu'ils jugent les candidats à partir de leur expérience en recherche ou leur potentiel et de leur intégration éventuelle avec la recherche en cours au département.

Les nominations se font généralement au niveau inférieur de l'échelle des professeurs-adjoints ou environ à ce niveau dans le cas des candidats qui ont quelques années d'expérience post-doctorale et, dans certains cas, pour des étudiants qui viennent de recevoir leur doctorat. Pendant les années 60, époque de grande expansion, bon nombre de nominations ont été faites à des niveaux supérieurs, probablement afin d'attirer des gens d'expérience du gouvernement ou d'autres universités. À notre connaissance, il n'y a eu, l'année dernière, que 3 nominations en géologie à des niveaux supérieurs, probablement à cause d'un resserrement des budgets universitaires et d'une certaine inquiétude au sujet de la moyenne d'âge élevé dans certains départements.

#### *Titulariat*

La titularisation, nomination "sans période déterminée" est accordé à la suite d'une nomination provisoire. Les conditions d'emploi d'un enseignant titularisé ne seront pas modifiées unilatéralement à son désavantage et la nomination ne prendra pas fin sans cause valable. C'est une prérogative hautement considérée par les universitaires qui garantissent leur liberté d'enseigner et d'approfondir ce qu'ils considèrent comme des vérités fondamentales. Les nominations aux premiers niveaux visent de courtes périodes, généralement de 2 à 3 ans. Des contrats ultérieurs peuvent être plus longs ou couvrir une période analogue, après quoi le candidat peut être considéré en vue d'une nomination permanente, c'est-à-dire le titulariat. Une fois titularisé, un employé ne peut être relevé de ses fonctions que pour cause valable (bien qu'en cette époque de restrictions financières, un manque d'argent puisse être invoqué comme cause valable!). Au cours des années 60, époque où les universités s'acharnaient à trouver du personnel qualifié, il arrivait souvent que le titulariat était accordé après seulement trois ans de bons services. Pour ce qui est des postes supérieurs, il était accordé dès la nomination ou après la première année. C'est maintenant une prérogative plus jalousement gardée. Bien que les règles à cet égard varient d'un endroit à l'autre, celles qui suivent l'université McGill, comme le rapporte le chef du département des sciences géologiques sont un bon exemple de ce qu'elles soient peut-être plus exigeantes que la moyenne:

"Le titulariat n'est obtenu qu'après une dizaine d'années, plus précisément à la fin du premier contrat de cinq ans comme professeurs-adjoints. La titularisation est recommandée par un comité de professeurs que préside le doyen, mais composé en grande partie de membres d'autres facultés. Les critères sont un rendement "supérieur" dans deux des activités de l'enseignement, de la recherche et des "contributions à l'université". L'aspect de recherche s'appuie sur les rapports présentés par trois arbitres de l'extérieur de l'université. La contribution de département du candidat prend la forme d'un rapport préparé par le président avec l'aide d'un comité élu."

#### *Avancement*

Au cours des années 60, l'avancement de professeur-adjoint à professeur-associé est devenu presque automatique dans certains établissements, à la fin du premier contrat de trois ans si les résultats sont satisfaisants, et rarement après plus de cinq ans. Il est maintenant plus courant de voir des périodes de six ans à la fin desquelles l'employé doit quitter l'établissement s'il n'a pas fait de progrès comme c'était le cas, il y a deux générations, dans certains des plus grands établissements de renom aux États-Unis. Les comités, composés généralement de membres d'autres départements scientifiques, mais quelquefois aussi de membres d'autres facultés, décident de l'avancement au niveau de professeur associé qui peut être le niveau de travail de toute une carrière dans un nombre de plus en plus grand d'universités.

Il est de plus en plus difficile d'être nommé professeur. Au cours des années 60 et au début des années 70, cette nomination était virtuellement automatique, surtout dans les nouvelles universités. Toutefois, au cours des dernières années, il est devenu de plus en plus difficile d'atteindre ce niveau. Certains des établissements anciens et bien établis affirment sans ambages que c'est maintenant une récompense pour de la recherche très poussée et évaluée par des gens de l'extérieur. D'autres déclarent que pour y parvenir, il faut avoir fait preuve d'excellence en recherche, en enseignement ou en service à la collectivité ou à l'université, mais reconnaissent que la recherche est l'élément le plus facilement mesurable. Les dossiers ainsi que les réponses des chefs des départements au sujet des jeunes scientifiques qui ont eu un avancement accéléré pour finalement atteindre le niveau de professeur révèlent que dans tous ces cas, en géologie et en géophysique, il s'agit de la récompense de recherches éminentes. Il est possible d'atteindre les sommets d'autres façons, mais les voies sont plus lentes et moins certaines.

#### *Syndicats*

Environ la moitié des universités ont un syndicat, ce qui permet au corps professoral de négocier les traitements et les conditions d'emploi avec la direction. Les autres universités ont des associations de professeurs qui négocient avec la haute direction au sujet des traitements et, dans certains cas, des conditions de travail. Dans d'autres universités sans syndicat, les modalités d'emploi pourraient être décidées par un conseil composé de représentants du corps professoral et de l'administration. Certains employés d'universités où il n'y a pas de syndicat ont mentionné que bien qu'ils aient négocié, c'est-à-dire discuté, avec le président et ses conseillers au sujet des traitements, c'est au premier que revenait la décision et ils n'étaient jamais certains si leurs opinions avaient eu une influence quelconque.

Comme personnes de l'extérieur, il nous a été impossible d'évaluer les effets de la syndicalisation. Les départements syndiqués semblaient souffrir d'autant d'injustices et avoir plus ou moins la même fourchette de charge d'enseignement que les autres. Les syndiqués ont allégué qu'ils touchaient de meilleurs traitements que s'il en était autrement ce qui est probablement vrai des universités québécoises qui ont toutes un syndicat, à l'exception de McGill. Par contre, dans une université, le moral était très bas parce que les négociations entre le syndicat et la direction s'étaient détériorées à maintes reprises et que le corps professoral n'avait pas de contrat depuis deux ans.

## Traitements

Ceux-ci varient grandement d'une université à l'autre, même au sein de la même province, et d'un département à un autre dans une même université. En général, les grandes universités paient un salaire moyen plus élevé pour tout niveau que les petites universités. Les universités de l'extrême-ouest, celles du Québec et les plus grandes de l'Ontario versent des traitements qui sont bien au-delà de la moyenne nationale, tandis que dans celles de l'Atlantique, les salaires sont bien en-deçà. Le tableau 2,3 indique les salaires moyens des trois niveaux en 1979-1980 dans certaines universités canadiennes représentatives. À cause de leur âge, du prestige des membres du corps professoral et de beaucoup d'impondérables, les salaires moyens dans un département de géologie ou de géophysique peuvent être de beaucoup supérieurs ou de beaucoup inférieurs à la moyenne indiquée pour l'université. En 1979-1980, deux grands départements de géologie très bien connus n'avaient pas un seul professeur dont le traitement dépassait \$36 000; par contraste, cette somme était le salaire moyen dans certains autres départements de géologie et de géophysique où beaucoup d'enseignants touchaient plus de \$40 000.

Les chances d'avancement rapide sont quelquefois meilleures dans les universités plus petites et qui versent des traitements moins élevés de sorte que de jeunes enseignants brillants peuvent avancer temporairement de façon plus rapide que dans les grands établissements bien établis. Toutefois, les salaires payés aux niveaux plus bas ne sont pas plafonnés dans certaines universités, de sorte que des professeurs jeunes, brillants et récemment promus peuvent découvrir que leur revenu ne rattrape jamais celui d'un collègue plus âgé et plus lent plafonné au niveau de professeur-adjoint et qui reçoit régulièrement l'augmentation annuelle de vie chère qui semble avoir remplacé les augmentations au mérite dans la plupart des universités.

En général, les jeunes membres des corps professoraux reçoivent moins que leurs homologues du gouvernement et beaucoup moins que ceux de l'industrie. Pour ce qui est des niveaux moyens et des professeurs principaux, les salaires sont plus ou moins l'équivalent de ceux des gouvernements, mais ils sont cependant quelque peu inférieurs à ceux de l'industrie. Les quelques hommes de science d'expérience qui se sont consacrés à leur science plutôt que de se lancer dans les fonctions administratives touchent un traitement équivalent dans les trois types d'emploi.

Très peu de plaintes nous ont été faites au sujet des salaires au cours de nos visites aux universités. En général, les membres des corps professoraux se souciaient beaucoup plus des subventions à la recherche, de leur besoin d'appui technique, de la désuétude du matériel et de la baisse des inscriptions d'étudiants de niveau supérieur. De plus, nous avons rencontré plusieurs jeunes qui avaient refusé ou quitté des emplois beaucoup plus rémunérateurs pour se lancer dans une carrière universitaire. Nous en concluons que la récompense financière n'est pas le stimulant principal pour nos professeurs de géologie et de géophysique.

## PERSONNEL DE SOUTIEN

La situation a changé radicalement par rapport à il y a 25 ans, époque où le département moyen comportait une secrétaire et un ou, dans de rares cas, deux techniciens pour polir des sections de roches, s'occuper de la projection de diapositives, etc. Cette situation ne se retrouve que dans quelques-uns des petits départements. Dans bon nombre des grands départements de géologie, l'ensemble du personnel de soutien est égal, ou presque, au nombre d'enseignants. Dans certains départements de géophysique, le personnel de

soutien est deux fois (Colombie-Britannique) ou même trois fois (Alberta) supérieur à celui du personnel enseignant. Le total du nombre des techniciens, des adjoints et des associés de recherche est indiqué à la colonne 2 et celui du soutien administratif, à la colonne 3 des données sur les départements (tableau 2,1).

Dans les grands départements, le personnel de soutien administratif comprend généralement un agent d'administration, une secrétaire principale et d'autres secrétaires et commis dont certaines sont opératrices de matériel perfectionné de télétraitement des mots. Dans les départements moyens, la secrétaire principale ou le technicien principal peuvent jouer le rôle d'agent d'administration et s'occuper ainsi des finances du département, des achats et assumer en plus des fonctions de gestionnaire ou de représentant du personnel non enseignant.

Traditionnellement, les techniciens s'acquittent des travaux de photographie, de dessin, de préparation des roches et des collections. Dans certains départements, les techniciens les plus qualifiés s'occupent également du matériel spécialisé très coûteux, comme les microscopes électronique à balayage, les micro-sondes, les spectromètres de masse et les appareils d'analyse par fluorescence aux rayons X. Les techniciens en chef de ces départements sont généralement diplômés en sciences tout comme certains de leurs adjoints. Même là, les dispositifs coûteux et perfectionnés sont généralement confiés à la surveillance directe d'un membre du corps professoral, et le personnel technique le fait fonctionner et le répare sous la direction de celui-ci. Dans d'autres départements, le matériel principal est utilisé par des adjoints de recherche ou des associés. Ces personnes peuvent être des scientifiques nouvellement diplômés ou des gens qui ont des diplômes avancés et qui sont considérés comme l'équivalent de jeunes professeurs et sont généralement co-auteurs de documents de recherche avec leurs collègues professionnels.

Pour ce qui est des techniciens, il peuvent être des ouvriers très spécialisés ou des professionnels des plus compétents et leurs salaires, dans certains établissements rejoignent amplement ceux des professeurs-adjoints. Les adjoints de recherche (A.R.) sont, au début, embauchés au taux minimal en vigueur pour les étudiants diplômés et les associés de recherche ont généralement le rang, le salaire et les privilèges des professeurs-adjoints. Tout cela est coûteux et explique pourquoi les universités, aux cours des quelques dernières années de restrictions financières, n'ont pas toujours fait bon accueil à l'achat de matériel nouveau à moins que l'utilisation n'en ait été subventionnée. La plupart des professeurs de géophysique, de géochimie, de pétrologie et de minéralogie ont consacré une partie ou la plupart de leurs subventions du C.R.S.N.G. ou autres pour appuyer l'utilisation d'instruments et de matériel par des techniciens ou des adjoints. Pareille aide est également requise par les paléontologues, les biostratigraphes et autres, quoi que leurs besoins n'aient pas toujours l'attention qu'ils méritent parce qu'ils n'ont pas besoin d'instruments coûteux dans leurs laboratoires. Par suite de la très forte augmentation récente des salaires et de la réticence d'ouvriers spécialisés et de professionnels à accepter l'insécurité d'un emploi subventionné d'année en année, il est de plus en plus difficile d'attirer des adjoints techniques et professionnels compétents et sérieux. Il en résulte un entretien insuffisant et beaucoup de temps morts consacrés à la réparation d'équipement coûteux et important ce qui, en retour, entraîne une baisse de la productivité des scientifiques universitaires. Des communiqués récents du C.R.S.N.G. laissent entendre que ce problème ainsi que d'autres qui prennent tous de l'ampleur ont finalement retenu l'attention du gouvernement. Il en est question au chapitre 5.

## ÉDIFICES ET MATÉRIEL

Traditionnellement, les départements de géologie et de géophysique étaient logés au sous-sol des édifices les plus vieux et les moins bien entretenus, peut-être parce que l'on y travaillait avec des roches salissantes ou peut-être était-ce considéré comme justifié, étant donné les vêtements d'extérieur un peu plus grossiers que bon nombre des employés de ces départements aimaient particulièrement porter en classe ou à l'occasion de rencontres de professeurs. Certains départements, comme ceux de l'université de la Saskatchewan ou de l'université du Manitoba, sont toujours logés dans des locaux qui étaient probablement déjà insuffisants il y a 30 ou 40 ans. D'autres, comme les départements de géologie de l'université de la Colombie-Britannique, de Memorial, de Queen's, de Calgary et de Waterloo sont logés dans de beaux édifices neufs (ou des parties d'édifices) conçus précisément en fonction des besoins d'habitants très "terre à terre". La plupart des installations des départements se trouvent entre ces deux extrêmes.

Le tableau 2,1 donne les renseignements qui nous ont été fournis au sujet de l'espace mis à la disposition de certains départements. Une simple comparaison de l'ensemble du corps professoral, du nombre d'étudiants et de techniciens par rapport à la surface occupée donne une certaine idée de la situation: ainsi, le département de géologie de l'université de l'Alberta est évidemment très à l'étroit, tandis qu'à Brock, c'est tout le contraire. Mais il y a plus. Ainsi, l'université du Nouveau-Brunswick pourrait sembler jouir de beaucoup d'espace pour un département moyen, mais ce n'est vraiment pas le cas, car l'édifice est ancien et peu facilement adaptable aux besoins courants du département de géologie. Pour ce qui est de Toronto, le département est également logé dans un vieil immeuble situé sur le campus principal de l'université. À Dalhousie, l'espace est à peine suffisant en ce qui a trait au corps professoral et au nombre d'étudiants inscrits, mais il est moins que suffisant si l'on tient compte du fait qu'ils sont divisés dans deux sections distinctes.

À partir de nos visites aux emplacements et des opinions exprimées par les membres des corps professoraux, nous pouvons coter 36 des 40 départements comme suit:

- 6 ont des locaux et du matériel de bons à supérieurs
- 18 ont des locaux et du matériel suffisants
- 7 ont des locaux et du matériel à peine suffisants
- 5 ont des locaux et du matériel insuffisants.

Nous recommandons que les administrateurs des universités de la Saskatchewan, du Manitoba, Concordia, du Nouveau-Brunswick et Dalhousie prennent conscience de l'éclosion de la géologie et de la géophysique au Canada et de l'importance qu'elles ont prises dans leurs propres universités en ce qui touche le nombre d'inscriptions et les activités de recherche. Ils devraient ensuite comparer cette situation avec les installations insuffisantes qu'ils fournissent et prendre ensuite des mesures immédiates pour corriger cette anomalie qui dure depuis si longtemps.

### Bibliothèques

La formation au niveau du premier cycle n'exige normalement qu'un bon choix d'ouvrages de référence et d'abonnements à toute une gamme de périodiques nationaux et internationaux les plus connus. Pour ce qui est des étudiants des niveaux supérieurs et des professeurs qui font de la recherche, il faut une importante collection d'ouvrages ainsi que les numéros antérieurs de journaux qui sont souvent rares et spécialisés. Il leur faut également des abonnements

courants à un nombre important de journaux géoscientifiques et connexes. Jusqu'à tout récemment, les bibliothèques de la plupart des anciennes universités canadiennes, qu'elles soient grandes ou moyennes, suffisaient à ces besoins; les besoins des petites universités plus récentes pouvaient être satisfaits moins rapidement par le biais des prêts inter-universitaires. Dernièrement, par suite de la diminution des fonds mis à la disposition des universités et de l'escalade incroyable des prix des livres et des journaux scientifiques les bibliothèques ont commencé à réduire de façon radicale les listes d'achats et d'abonnements, et beaucoup de professeurs craignent ne pas avoir suffisamment de sources d'information dans un avenir rapproché.

La plupart des grands groupes de géologie et de géophysique ont des salles de lecture ou de référence ou, en quelques endroits, une bibliothèque dans leurs locaux mêmes. Celle de l'université Queen's est la troisième bibliothèque géoscientifique au Canada (après deux bibliothèques de la Commission géologique du Canada) et elle fonctionne à titre de succursale de la bibliothèque principale de l'université. On trouve également d'excellentes bibliothèques de départements à l'université de Calgary et à l'université de la Colombie-Britannique. Les installations vont de ces rayons impressionnants et bien munis à de petites salles de lecture congestionnées dont les ouvrages se composent principalement de dons de journaux et de textes des membres du corps professoral et d'un inventaire de numéros courants de journaux que fait circuler la bibliothèque principale de l'université. La plupart des enseignants sont d'avis qu'il est essentiel d'avoir une collection au sein même du département si modeste soit-elle, étant donné que c'est la façon la plus efficace de faire connaître la documentation aux étudiants du premier cycle, par l'exemple et la commodité d'accès.

Les entreprises industrielles ne pourraient trouver de meilleures façons d'aider et d'encourager les départements géoscientifiques qu'en fournissant de telles installations et en contribuant régulièrement à leur entretien. La bibliothèque Gallagher, du département de géologie et de géophysique de Calgary, est un excellent exemple d'une installation départementale de première classe élaborée grâce à la générosité d'un bienfaiteur à la collaboration (réticente?) de la bibliothèque principale de l'université.

Nous recommandons que les industries d'exploration pétrolière et minière prennent conscience de leurs responsabilités envers les établissements qui forment leur main-d'oeuvre professionnelle (et doivent essayer leurs critiques) en contribuant des sommes pour créer des chaires, équiper les laboratoires et constituer la collection des bibliothèques des départements. Il est possible de voir des fruits d'une telle générosité dans les universités de la Colombie-Britannique, Queen's, Memorial et Calgary, résultats qui encouragent les donateurs à faire bénéficier plus d'endroits de leurs largesses et plus souvent.

### Matériel

Le degré de perfectionnement du matériel varie beaucoup d'un département à l'autre. Cette variation dépend de la taille des départements, de leurs besoins en recherche et de leur savoir-faire auprès des organismes de subventions et des administrateurs de leurs universités.

De petits départements, comme celui de Mount Allison, ont très peu d'équipement plus complexe que des microscopes pétrographiques. D'autres petits départements comme ceux d'Acadia, de Brandon, et de Brock ont des appareils d'analyse simples (par exemple, diffractions des rayons X, absorption atomique) pour satisfaire les besoins de recherche d'un ou deux professeurs et étudiants de niveau supérieur. Toutefois,

pour une certaine part, ces membres des corps professoraux peuvent utiliser les installations d'universités situées non loin de là. Certains établissements de taille moyenne, le département de l'université de la Saskatchewan par exemple, avec sa force de recherche paléontologie, biostratigraphie et en sédimentologie, ont moins de matériel analytique coûteux que d'autres établissements de taille équivalente, comme Carleton ou McGill qui, traditionnellement, orientent leurs recherches vers la géochimie et la pétrologie.

Les établissements les plus grands et établis depuis longtemps, surtout ceux qui ont des équipes de recherche fortes en géophysique comme Toronto, Alberta, et Colombie-Britannique, ont le matériel le plus coûteux, rassemblé et réparé au cours des années. Lorsque nous apprenons que certains ont jusqu'à une demi-douzaine de spectrographes de masse en état de fonctionner, nombre presque équivalent à celui des microscopes de Mount Allison, nous avons une idée de l'importance des écarts d'une université à l'autre. L'appendice donne la liste des appareillages de quelques universités représentatives afin de donner une idée de l'éventail des installations de recherche.

Le matériel principal a surtout été acheté directement pas les universités. Dans une mesure moindre, mais quand même appréciable, il a été acheté grâce à des subventions du C.R.S.N.G. consenties pour l'achat de matériel important. Au cours des dernières années, les comités du C.R.S.N.G. ont généralement cherché à obtenir que les universités s'engagent à partager les coûts d'investissement et à garantir un soutien technique suffisant avant d'accorder une subvention pour l'achat du matériel important. Dans plusieurs départements du pays, du matériel coûteux n'est pas utilisé de la façon appropriée ou non suffisamment et il est arrivé dans certains cas que les achats de tel matériel aient été financés à 50% par des fonds du C.R.S.N.G. Même de tels comités commettent parfois des erreurs!

À quelques occasions, les départements ont acquis du matériel sous le régime location-achat avec l'aide de l'université et l'ont payé en consacrant un ou plusieurs postes de travail à des sous-contrats de l'industrie et du gouvernement. Les universités Memorial et de Regina ont fait cela avec succès. L'industrie a aussi, à l'occasion, donné du matériel important. L'université de la Colombie-Britannique ainsi que l'université Queen's ont toutes deux bénéficié de ces dons par l'industrie minière. Les départements de géophysique sont généralement bénéficiaires de dons matériels légèrement désuets provenant de sociétés pétrolières.

On entend également parler de scientifiques de renom dans d'autres pays qui, pour pouvoir effectuer leur travail, se servent de matériel de recherche situé à 1 millier de milles de leur propre université. Au cours de nos visites, on nous a parlé d'étudiants de niveau supérieur qui avaient été envoyés à l'étranger pour utiliser des instruments spéciaux parce qu'il était plus facile de procéder ainsi que de s'adresser à une installation canadienne.

Nous recommandons que le Conseil des présidents des départements canadiens des sciences de la Terre rend un service inestimable en dressant, trois fois par année, la liste du matériel disponible dans nos départements de géologie et de géophysique et en élaborant des méthodes d'échange pour l'utiliser.

Pour terminer, nous désirons souligner deux points: 1) le matériel s'use plus rapidement s'il n'est pas entretenu comme il se doit et 2) le matériel devient désuet. À la suite des années d'expansion, les coupures apportées aux budgets des universités et du C.R.S.N.G. ont fait que la plupart des

départements universitaires n'ont pas assez d'adjoints techniques et, à cause de cela, les périodes de non utilisation d'appareillages de laboratoire coûteux augmentent à un rythme anormal dans beaucoup de département. La désuétude a également eu ses effets. Par exemple bien que le modèle ancien de microsonde utilisé à l'université de la Saskatchewan soit probablement encore aussi utile en enseignement qu'avant, il serait plus efficace et moins coûteux que les professeurs de cet établissement se rendent à d'autres endroits pour effectuer des recherches qui font appel à l'analyse par microsonde. Au moment même où les sciences de la Terre sont devenues un domaine plus fascinant, nos fonds ont été réduits (Strangway, 1976) et ceux qui avaient besoins d'appareillage et de techniciens qualifiés ont été parmi les premiers à en souffrir. Au moment où nous achevons le présent rapport, le Ministre d'État aux Sciences et à la Technologie a annoncé que le gouvernement fédéral remédierait à cette situation. Nous recommandons que les organismes provinciaux s'intéressent eux aussi à cette question et équiper et entretiennent des laboratoires dans les universités de leur territoire par voie de subventions ou de contrats, qui pourrnt satisfaire leurs besoins en analyses et en données isotopiques tout en servant en même temps d'installations de recherche et d'enseignement pour les universités. Une telle collaboration à Terre-Neuve, en Ontario, en Saskatchewan et en Colombie-Britannique a remporté un certain succès. Au fur et à mesure que les organismes provinciaux prennent de l'ampleur, tant par leur taille que par leur autorité, il est peut-être temps qu'ils se lancent dans d'autres choses que des projets-pilotes symboliques et ouvrent d'importantes installations de laboratoire communes.

## GESTION

Les départements de géologie et de géophysique sont plus autonomes que les groupements scientifiques de taille analogue à l'extérieur des universités. Deen (1979) qualifie les départements universitaires "... de collectivités démocratiques..., de fiefs semi-autonomes, et les rapports entre les départements tiennent peut-être plus de la souveraineté association".

Les chefs de départements ou les présidents (aucun département géoscientifique canadien n'a encore nommé de femme à ce poste) peuvent être très puissants. Des communautés démocratiques peuvent être entraînées dans des projets conjoints pour le bien commun, et il est possible de convaincre même les primas donnas les plus extravagantes des avantages de la collaboration ou du moins de canaliser leurs efforts dans des voies qui ne perturbent pas les activités créatrices de leurs collègues. L'importance que revêt le chef d'un département peut être illustrée par plusieurs exemples tirés d'un peu partout au pays. Il est arrivé que des départements où le moral était bas, les objectifs nébuleux et la réputation parmi les employeurs assez piètre aient fait complètement peau neuve une ou deux années après la nomination de nouveaux chefs dynamiques. Le résultat contraire se produit également, bien que la détérioration soit plus lente et moins visible qu'une amélioration brusque du rendement.

Les méthodes de choix des chefs de département semblent varier sensiblement selon les régions du pays, mais il y a peut-être un dénominateur commun; les comités de sélection ne donnent généralement pas à la gestion un rang élevé sur leur liste de critères souhaitables. Les méthodes de sélection comprennent: 1) la décision d'un vice-président ou d'un doyen après consultation (on l'espère) avec les membres du département; 2) la décision des membres du département qui est transmise aux gestionnaires supérieurs qui la rend officielle; 3) la décision d'un comité officiellement constitué

qui comprend un gestionnaire supérieur et des membres de départements extérieurs. Les deux premières méthodes peuvent causer soit de la déception par suite d'une nomination impopulaire soit une médiocrité continue par suite d'une nomination faite pour ne pas causer de remous. La troisième est la plus satisfaisante, sauf que (surtout lorsqu'il y a recherche de personnel à l'extérieur de l'université) la tendance à s'attacher à une personne de grand renom universitaire sans se soucier d'autres qualités est forte. Présument, si elle peut très bien gérer des intérêts personnels en recherche, une personne doit s'adapter rapidement à des responsabilités de gestion accrues. Dans énormément de cas, les résultats ont été bons, mais il y a également eu certains cas de rendement médiocre. Assumer la gestion d'un département ne signifie pas abandonner tous ses propres intérêts de recherche, mais plutôt assujettir certains d'entre eux à ceux des étudiants et des membres du département. Pour une grande part, le chef doit trouver sa récompense dans la fierté qu'il éprouve devant les réussites de ses collègues plutôt que dans son propre rendement, et il n'est pas donné à tous de se réjouir des réalisations des autres.

Dans un document très lucide, Keen (1979) a souligné certains des défis et des fonctions d'un gestionnaire de département de géologie ou de géophysique. Il ajoute que cette personne doit s'assurer que le département est parfaitement conscient de sa mission. Si cette dernière comprend un bon enseignement, de la bonne recherche ou les deux à la fois, il faut alors contrôler les activités du département, et soutenir celles qui contribuent aux objectifs d'ensemble et restreindre celles qui pourraient en entraver la réalisation.

Pour assurer un bon enseignement, il pourrait être nécessaire de restreindre le nombre d'inscriptions bien que la direction favorise l'inscription du plus grand nombre et peut-être également de limiter les jeunes enseignants brillants (et les moins jeunes) qui veulent introduire d'autres cours très poussés pour attirer les étudiants de premier cycle encore plus loin des principes de base. Il s'agirait peut-être aussi d'assister aux classes, de vérifier les listes de tâches, puis de dire à un collègue qu'il doit améliorer sa méthode ou alors... Pour assurer une bonne recherche, il pourrait être nécessaire de faire en sorte que le travail d'un collègue brillant et créateur ne soit pas bloqué par les petites jalousies des autres. Il pourrait également s'agir d'écarter un autre collègue brillant de la mauvaise gestion d'une installation de recherche bien que ce soit lui ou elle qui ait obtenu les fonds nécessaires.

Peu des membres des corps professoraux auxquels nous nous sommes adressés ne s'intéressaient pas à ces défis; plusieurs éprouvaient un mélange de pitié et de mépris envers leurs collègues immédiats ou d'autres universités qui avaient sacrifié leurs recherches pour assumer le mandat de chef. Les conditions de nomination n'encouragent pas toujours le titulaire du poste à relever les défis dont fait mention Keen (1979). Dans certains départements, il y a une rotation régulière au poste de chef de sorte qu'un titulaire n'est pas vraiment porté à déclencher la colère de ses collègues en contrôlant leur rendement durant son court mandat. En outre, dans certains cas, il arrive que des débutants deviennent chef de département à la suite d'une rotation et, dans plusieurs universités, aucune récompense financière ne vient compenser les responsabilités de ce poste. Il serait alors peu sage de la part de ces chefs d'assumer plus que la période minimale qui les empêche de poursuivre leur recherche ou de courir le risque d'offenser leur collègues supérieurs en apportant des changements brusques. Dans d'autres départements, les chefs sont nommés pour des mandats renouvelables de 3 ans. S'ils sont déçus ou s'ils déçoivent eux-mêmes, ils peuvent alors cesser peu à peu

d'assumer leurs fonctions ou être remplacés, sans que leur honneur en souffre, à la fin du premier mandat. Si le tout s'avère satisfaisant, le mandat de ces chefs peut être renouvelé jusqu'à ce qu'ils aient atteint certains des objectifs qu'ils avaient fixés pour le département.

Il y a un autre aspect digne de mention. Au cours des dix dernières années, deux des chefs de département de géologie qui ont obtenu le plus de succès étaient des géophysiciens provenant d'autres départements de leur université respective. En plus d'une bonne gestion, ils ont précipité la chute des barrières entre la géologie et la géophysique dans leurs établissements. Dernièrement, d'autres géophysiciens ont été nommés chefs de départements. Certains de nos groupements indépendants de géophysiciens partout au Canada auraient peut-être intérêt à chercher des géologues éminents comme chefs.

En conclusion, nous recommandons le régime de mandats renouvelables des chefs pour les départements qui ne l'ont pas encore adopté.

Nous recommandons que les membres des corps professoraux, les gestionnaires des universités ainsi que les membres des comités de sélection évaluent de nouveau les rôles des chefs des départements de géologie et de géophysique et accordent la priorité aux aptitudes de gestion prouvées qui permettront à leurs chefs de relever le défi des années 80. Cela comprend l'aptitude à lancer ou à améliorer la collaboration ou l'interaction avec les entreprises industrielles et les organismes gouvernementaux dans de nombreux aspects de l'enseignement et de la recherche.

## ÉVALUATIONS ET AUTRES INFLUENCES SUR LE RENDEMENT

Comment les départements de géologie et de géophysique évaluent-ils leur propre rendement ou comment en font-ils faire l'évaluation par d'autres? Il semble que les gestionnaires principaux les évaluent par rapport à d'autres départements, mais à partir de quelles données? La distribution de questionnaires aux étudiants est maintenant chose courante, mais jusqu'à quel point est-ce efficace? Quelle est l'utilité des comités externes, ne font-ils qu'intensifier les problèmes en faisant paraître au grand jour les aspects négatifs? Nous avons posé ces questions aux gestionnaires, aux membres des corps professoraux ainsi qu'aux étudiants et voici le résumé de ce que nous avons pu recueillir.

### Évaluations faites par les étudiants

La plupart des cours auxquels se sont inscrits beaucoup d'étudiants sont maintenant évalués par les étudiants eux-mêmes, généralement par voie de questionnaires. En certains endroits, ces questionnaires ne se rendent pas plus loin qu'au professeur chargé du cours et, peut-être, au chef du département. Dans d'autres départements qui suivent toujours la philosophie des années 60, ces questionnaires sont préparés, distribués et publiés par les associations d'étudiants tandis qu'ailleurs, ce sont les administrateurs de l'université qui s'en occupent avec ou sans la participation des étudiants. Les enseignants reconnaissent qu'il s'agit là d'une méthode utile pour déterminer les cours mal donnés et mal organisés et le manque d'intérêt de certains chargés de cours. Toutefois, ils ajoutent que les étudiants, surtout ceux qui se sont inscrits à des cours d'introduction, se laissent souvent tromper par des chargés de cours qui donnent un spectacle plutôt que d'enseigner et qui cherchent à établir des rapports favorables en étant généreux à la correction des examens. Les membres des corps professoraux soulignent également que la critique formulée par les étudiants relativement au

contenu des cours est rarement très valable, car elle est souvent fortement influencée par l'expérience acquise dans le cadre des emplois d'été et elle manque d'une prise de conscience du fait que leur éducation vise à leur donner une idée d'ensemble et une certaine souplesse. Les étudiants se plaignent que peu de mesures sont prises pour susciter une amélioration chez les chargés de cours qui, année après année, sont jugés incompétents. Au moins quelques gestionnaires d'universités ont reconnu que les évaluations faites par les étudiants étaient très utiles pour déterminer et récompenser les bons enseignants.

### Le rôle des gestionnaires supérieurs

Au cours de nos visites aux universités, nous avons eu l'occasion de rencontrer des gestionnaires supérieurs, y compris trois présidents, plusieurs vice-présidents et bon nombre de doyens de différentes facultés. Évidemment, là où les chefs de départements ont voulu nous présenter à leurs gestionnaires supérieurs, les rapports interpersonnels étaient bons. Malgré cela, nous avons été un peu surpris de constater que, dans plusieurs cas, ces personnes ne semblaient pas être pleinement conscientes des faits nouveaux en géoscience ni de la hausse soutenue du nombre d'inscriptions partout au Canada depuis la crise de l'énergie du milieu des années 70. Certains gestionnaires supérieurs nous ont dit que bien qu'ils savaient que leurs départements de chimie et de physique souffraient temporairement d'une certaine stagnation et que la géologie connaissait temporairement une augmentation du nombre d'inscriptions et des activités de recherche, les deux premières disciplines recevaient toujours la part du lion du budget universitaire "parce qu'il serait difficile et peu avisé de perturber cet équilibre trop rapidement". Le changement est lent dans certaines universités!

Nous nous sommes demandé si les spécialités antérieures des gestionnaires supérieurs avaient une influence sur la croissance accélérée de certains départements, surtout compte tenu du fait qu'il y a si peu de géoscientifiques aux échelons supérieurs de l'administration des universités. Plusieurs doyens nous ont parlé de leurs homologues d'autres établissements qui, par le passé, favorisaient outre-mesure leurs propres disciplines ou qui, dans certains cas, retardaient la croissance des départements de géologie parce qu'ils prétendaient qu'il ne s'agissait pas d'une "science rigoureuse". Seuls deux administrateurs de niveau très élevé ont reconnu avoir eux-mêmes quelques préjugés; en effet, ils ont admis tous deux qu'ils croyaient que la force de la géologie et de la géophysique était essentielle au développement rationnel de notre pays et qu'ils favorisaient et supportaient sans ambages ces deux disciplines.

Les départements de ces établissements affichent beaucoup de caractéristiques qui prouvent qu'ils ont bénéficié de cette bénédiction d'en haut. Aucun de ces mandarins n'était géoscientifique.

Nous en concluons que les géologues et les géophysiciens des universités doivent faire en sorte que certains membres de la hiérarchie voient leurs disciplines d'un bon oeil et, ce qui est plus important, qu'ils soient constamment bien informés des faits nouveaux au sein du département et dans la science.

### Comités de révision externes

Dans certaines universités, les facultés de sciences ou de génie font appel à des scientifiques de l'extérieur pour réviser, tout d'un coup ou par étapes, les programmes et l'état de leurs départements. Les départements de géologie ou de géophysique aux universités de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan, Brock et du

Nouveau-Brunswick ainsi que le département de géophysique à l'université Memorial ont fait dernièrement l'objet de telles révisions. Généralement, ces comités visiteurs présentent un rapport au doyen approprié ou au vice-président (affaires universitaires) après une visite de deux ou trois jours et une étude en profondeur de la documentation de base. Au cours des visites, ils s'entretiennent avec des groupes représentatifs d'étudiants de tous les cycles, des membres des corps professoraux, des chefs des départements, et, à l'occasion, des représentants des industries locales et des organismes gouvernementaux. Ces comités sont généralement en mesure de faire des observations perspicaces et de fortes recommandations dont bon nombre semblent être mises à exécution dans un délai raisonnable. Les frais de déplacement des membres de tel comité sont payés et, dans certains cas, des honoraires leur sont versés pour leur travail. Il est dommage que de telles visites soient des occasions spéciales, et rien ne garantit que le département sera l'objet d'autres visites aux fins d'évaluer les améliorations apportées ou de modifier les suggestions faites antérieurement.

Plusieurs universités, par exemple Laval et Calgary, ont constitué des comités de visiteurs locaux de l'industrie et du gouvernement qui se rendent sur les lieux, une fois par année, pour constater par eux-mêmes ce qui s'y passe, poser des questions et peut-être prendre un bon dîner. C'est une excellente façon d'informer la collectivité géoscientifique locale des activités en cours et de l'état des installations. Il s'agit toutefois de visites dans des conditions idéales et les visiteurs n'entrent jamais en contact avec les projets et les problèmes des cerveaux du département! Les membres de ces comités ne sont pas suffisamment informés pour évaluer ou conseiller le département. Toutefois, ils jouent des rôles importants en ce qui touche la communications et la compréhension.

Tous les trois ans, chaque département de géologie et de géophysique reçoit la visite d'une équipe du sous-comité de subvention aux sciences de la Terre du C.R.S.N.G. Les scientifiques d'universités et de l'industrie qui le composent rencontrent ceux qui ont déjà des subventions de recherche du C.R.S.N.G. ceux qui en demandent et tout autre membre du corps professoral qui désire discuter des politiques et des méthodes. Les membres du sous-comité inspectent également le matériel et les installations et, s'il y a lieu, rencontrent les gestionnaires supérieurs. Durant leurs mandats bénévoles de trois ans, les membres de ce sous-comité se familiarisent avec tout un éventail de recherche universitaire en géosciences et ce, grâce à leurs visites et à la lecture de rapports d'évaluation confidentiel. Malheureusement, leurs rapports présentés au C.R.S.N.G. sont confidentiels et par conséquent, beaucoup de renseignements de grande valeur ne sont pas communiqués aux universitaires qui pourraient en bénéficier. Nous recommandons que de tels rapports, tout en conservant leur caractère confidentiel, soient mis à la disposition des doyens et des chefs de département à un moment donné au cours de l'année civile pendant laquelle ils sont rédigés.

Les départements où certains des diplômés sont obtenus par le biais des facultés de génie reçoivent la visite périodique d'équipes du Conseil d'accréditation du Conseil canadien des ingénieurs professionnels. Ces équipes étudient le contenu des cours et d'autres aspects du programme d'études et décident si la formation donnée satisfait aux normes minimales du Conseil.

Sont encore rares ces évaluations faites par des comités externes qui fonctionnent comme les premiers décrits plus haut, mais qui visitent les établissements régulièrement toutes les années ou deux et qui restent en contact avec le département et les gestionnaires supérieurs pendant tout ce

temps. Ils n'y a que trois comités du genre - ceux qui visitent les départements de géologie aux universités Queen's et Memorial et les départements de géologie et de géophysique à l'université de Toronto. À l'université Queen's, les visiteurs font partie d'un comité consultatif de génie dont les membres se rencontrent tous les ans. Dans les deux autres universités, les comités ont été créés indépendamment, à la demande des départements de géologie et ils présentent leurs rapports aux doyens des facultés de sciences. Les gestionnaires de ces universités ont dit que les visites régulières de tels comités ainsi que leurs évaluations franches et réalistes leur donnent confiance envers leurs départements de géologie. Pour leur part, les chefs de département disent que ces comités introduisent de nouvelles idées dans leurs programmes, jouent le rôle de soupape de sécurité pour ce qui est de situations potentiellement explosives et qu'en général, les recommandations constructives qu'ils présentent à l'administration supérieure ont beaucoup de poids. À notre connaissance, les scientifiques de l'industrie, du gouvernement et des universités qui participent à ces comités le font à titre bénévole et, en fait, dans certains cas, leurs employeurs offrent avec enthousiasme de payer leurs frais de déplacement. Ils semblent aimer l'expérience et se sentent honorés d'avoir été invités à servir une collectivité universitaire.

Toute forme d'évaluation est utile à la condition, comme le note Keen (1979), qu'elle ne soit pas excessive. Nous aimons la combinaison d'évaluations des cours faites par les étudiants et de visites régulières d'un comité externe tous les deux ans. Ces évaluations, ainsi que des exemplaires confidentiels des évaluations de C.R.S.N.G. devraient grader les membres des corps professoraux en éveil et conscients de ce qui se passe et devraient donner à l'administration supérieure des opinions et des faits objectifs à partir desquels ils peuvent faire leur propre évaluation du rendement des départements.

Nous tenons à féliciter les départements de géologie et de géophysique qui, volontairement, mettent en pratique une ou plusieurs méthodes rigoureuses d'évaluation interne et externe de leurs activités. Nous recommandons fortement que les autres étudient les programmes d'évaluation lancés dans d'autres universités et en envisagent l'application comme méthode prouvée d'atteindre un niveau d'excellence.

## LES PETITES UNIVERSITÉS

### Dans les petits pots ...

On ne peut passer sous silence cinq petites universités bien connues qui ont des départements de géologie. Quatre d'entre elles sont situées dans les Maritimes: St. Francis Xavier, St. Mary's, Acadia et Mount Allison. La cinquième, Brandon, se trouve au Manitoba. À l'origine, toutes les cinq étaient des collèges confessionnels et il y subsiste certains vestiges de liens religieux, bien que ces établissements soient maintenant tous subventionnés par des fonds publics. Quatre comportent des corps professoraux de trois ou quatre personnes seulement, un nombre restreint d'inscriptions et aucun programme d'études supérieures. La cinquième, Acadia, diffère des autres en ce sens qu'elle compte un grand nombre d'inscriptions au niveau de premier cycle (tableau 2,1) et offre un programme d'études supérieures.

Dans ces établissements, l'accent n'est pas mis sur la recherche. Dans certains d'entre eux, les professeurs de géologie qui remportent le plus de succès et qui sont les plus admirés se sont consacrés à l'enseignement, à l'étude et aux activités communautaires. Néanmoins, la plupart d'entre eux poursuivent leur travail en recherches scientifiques utiles

avec l'appui des sociétés ou des organismes gouvernementaux. Certains de ces établissements comptent au moins un chercheur dynamique, appuyé par le C.R.S.N.G. et qui est en train d'acquérir une réputation nationale. Il est courant que ces chercheurs se partagent le matériel et travaillent en collaboration avec des collègues de grandes universités non loin de là ou avec des organismes provinciaux par exemple, ceux d'Acadia avec des scientifiques du ministère des Mines de la Nouvelle-Écosse.

À cause de nombre restreint de professeurs, il leur est difficile d'offrir de façon compétente, tout un éventail de cours. Les professeurs doivent enseigner dans les domaines très différents de leurs spécialités et ne sont pas toujours capables de communiquer l'enthousiasme et l'esprit de découverte souhaitables au niveau supérieur. Pour cette raison, l'industrie n'accorde pas généralement de cote élevée aux nouveaux géologues qui sortent de ces établissements. En outre, ceux qui sont acceptés ailleurs aux études supérieures doivent souvent combler les nombreuses lacunes de leur formation de premier cycle.

Il n'en demeure pas moins que bon nombre des chefs de file scientifiques et administratifs dans le domaine des géosciences au Canada ont fait leurs études dans ces petits départements dont l'importance est supérieure à la taille. La raison en est peut-être, en partie, qu'ils attirent des étudiants pour d'autres raisons que la commodité géographique. Les étudiants choisissent ces établissements à cause de liens de parenté ou de religion, à cause des recommandations faites par des anciens ou parce qu'ils désirent éviter les grandes villes ou les grands établissements. Cela pourrait se traduire par un pourcentage d'étudiants exceptionnels plus élevé que la normale. Pour ces raisons, et grâce à l'attention personnelle qui est possible dans de petits départements ou même à la sérénité et à la confiance qui se dégagent de ces vieux murs couverts de lierre, ces départements ont survécu à beaucoup de tentatives en vue de les fusionner et de former ainsi des super-départements uniques logés dans des édifices modernes d'acier et de verre.

### Succursales

D'autres petits départements de géologie semi-autonomes, non indiqués séparément au tableau 2,1, sont rattachés aux campus éloignés d'universités. Dans certains cas, ils ne comptent qu'une personne, comme le campus de Cornerbrook de l'université Memorial ou le collège de Cap-Breton à Sydney (affilié plus ou moins à l'université St. Francis Xavier). Les départements de Scarborough de l'université de Toronto et de Saint John de l'université du Nouveau-Brunswick sont un peu plus grands; ils comptent environ 3 enseignants. La plupart de ces petits départements n'offrent que le programme d'étude des deux premières années. Dans certains d'entre eux, les enseignants effectuent de la recherche parrainée par le C.R.S.N.G. qui est considérée comme des plus valables en encadrent des étudiants de niveau supérieur en collaboration avec des collègues de l'université même. Ces succursales ont été conçues surtout en vue d'accommoder les étudiants des localités où elles sont établies.

## UNIVERSITÉS SANS DÉPARTEMENT DE GÉOLOGIE

Plusieurs des nouvelles universités, par exemple, Trent, Lethbridge, Simon Fraser et Victoria ont décidé de ne pas créer de départements de géologie. Elles ont toutes des départements de géographie qui comprennent des spécialistes de la géographie physique parmi leur personnel. L'université de Victoria compte également deux géophysiciens à son département de physique et offre un programme d'études

supérieures en géophysique. Pour ce qui est de Simon Fraser, elle compte au moins un palynologue formé en géologie dans son département de biologie.

La décision de ne pas créer de département de géologie dans certaines universités est compréhensible. On peut vraiment s'interroger sur le bien-fondé de l'existence de beaucoup des départements de géologie indépendants en Ontario et en Nouvelle-Écosse. Il est cependant beaucoup plus difficile de comprendre la décision de ne pas embaucher de géologues pour donner les cours de base aux étudiants de premier cycle et pour conseiller les étudiants de niveau supérieur dans certains domaines. Malgré le chevauchement des intérêts des spécialistes de la géographie physique et de leur compétence pour enseigner certains aspects de la géologie, il est quand même inconcevable qu'une université moderne n'offre pas quelques-uns des cours fondamentaux en géologie qui sont nécessaires à la compréhension des ressources de la Terre et à leur utilisation rationnelle. C'est tout spécialement vrai dans le cas de l'université de Victoria où les étudiants obtiennent des diplômes supérieurs en géophysique et dont les diplômés en physique cherchent souvent un emploi dans l'industrie du pétrole à titre de géophysiciens. Le chapitre 6 étudie d'autres aspects de ce problème, mais entretemps, le Conseil recommande: que les gestionnaires supérieurs des universités qui n'ont pas de départements de géologie veillent à ce que des géologues compétents et possédant un bon bagage de connaissances soient nommés aux départements appropriés comme ceux de géographie ou de physique pour y enseigner et y faire de la recherche se rattachant aux besoins locaux.

## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Depuis la dernière étude qui a porté sur la géologie et la géophysique, il y a douze ans, ces disciplines ont pris beaucoup de vigueur dans les universités canadiennes. Seuls quelques nouveaux départements ont été créés depuis, mais bon nombre de ceux qui étaient déjà en place se sont épanouis grâce à l'acquisition de nouveau matériel et d'installations et, dans l'ensemble, à une augmentation de 40% de leurs corps professoraux. Des départements qui étaient petits et presque inconnus en 1968 se placent maintenant au nombre des plus grands et des plus créateurs au Canada. Au début des années 1970, le nombre des inscriptions au niveau de premier cycle a doublé et s'est maintenu à un niveau élevé, encouragé par la demande sans cesse croissante de l'industrie. Dans beaucoup d'universités, les départements de géologie comptent maintenant les plus grands groupes d'étudiants avec spécialisations en sciences. La recherche est très active et, comme nous pourrions le constater dans les chapitres ultérieurs, nous sommes parmi les meilleurs au monde dans plusieurs domaines. Quoique les subventions de C.R.S.N.G. n'aient pas été ajustées pour tenir compte de l'inflation au cours des dernières années, plusieurs départements et particuliers ont obtenu ailleurs un appui financier. Notre position dans le domaine des sciences s'est accrue et nous avons récupéré une certaine partie de la renommée dont nous jouissions au siècle dernier au fur et à mesure que les talents des géologues et des géophysiciens sont devenus de plus en plus nécessaires pour aider le pays à résoudre certains des problèmes les plus importants de notre époque.

On pourrait accomplir encore davantage grâce à une plus grande interaction entre nos sous-disciplines majeurs, une meilleure gestion de nos départements, un appui accru d'autres éléments de la collectivité géoscientifique et l'utilisation rationnelle de méthodes d'évaluation efficaces.

TABLEAU 2.1  
DONNÉES RELEVÉES EN 1979-80 DES DÉPARTEMENTS DE GÉOLOGIE ET GÉOPHYSIQUE,  
UNIVERSITÉS CANADIENNES

UNIVERSITÉ	PERSONNEL				ÉTUDIANTS NON DIPLÔMÉS								ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS			PDF	SURFACE  Pieds carrés en sus des salles de conférence
	Professeurs	Techniciens (T) Adjointe de recherche (A.R.)	Administratif et de bureau	SCIENCE				GÉNIE				Maîtrise sciences	Doctorat	Total			
				2e	3e	4e	Tot	2e	3e	4e	Tot						
ACADIA	5	IT 0.25RA	1		74			74					11	-	11	-	969m <sup>2</sup> (10,430)
ALBERTA	20	14.5T 1RA	7.6		30	28	25	88					32	13	45	2	3753m <sup>2</sup> (40,400)
ALBERTA (géophysique)		17T 9RA	3		6p	5p	5p	16p					7p	11p	18p	2	1082m <sup>2</sup> (11,650)
BRANDON (géologie)	3	IT	1		6	9	3	28					-	-	-	-	1161m <sup>2</sup> (12,500)
Colombie-Britannique (géologie)	23	16.5T 4RA	7.5		43	37	37	117	21	22	16	59	35	12	47	2	3345m <sup>2</sup> (36,000)
Colombie-Britannique (géophysique)	8	8T 2RA	5		15p	19p	12p	46p		1p	2p	3p	11p	6p	17p	-	1911m <sup>2</sup> (20,570)
BROCK (géologie)	9	2T	2		21	14	13	48					7	-	7		2960m <sup>2</sup> (27,500)
CALGARY (géologie et géophysique)	23	10T 1RA	5		63 7p	67 12p	44 8p	174 27p					17 4p	12 1p	29 5p	4	4274m <sup>2</sup> (45,950)
CARLETON (géologie)	16	2RA	3		30	22	27	79					22	19	41	-	2322 m <sup>2</sup> (24,850)
CONCORDIA (géologie)	7	-	2		28	14	14	56					-	-	-	-	854 m <sup>2</sup> (9,200)
DALHOUSIE (géologie et géophysique)	12.5	8T 2RA	3		28	20	20	65 3p					11 4p	8 2p	19 6p	2	1488m <sup>2</sup> (16,140)
ÉCOLE POLYTECHNIQUE (géologie et géophysique)	14	12T 7RA	5		-	-	-	-	48	14	17	80	18 1p	11 1p	29 2p	3	?
Guelph (géologie)	3	IT	5		3	3	3	9					4	1	5		?
LAKEHEAD (géologie)	7.5	3T	1		10	18	11	39					5	-	5		682m <sup>2</sup> (7,340)
LAURENTIENNE (géologie)	8.5	2T	2		5	4	10	19					20	-	20		1765m <sup>2</sup> (19,000)
LAVAL (géologie)	13	5T 2RA	4			43		43				123	25	8	33		1783m <sup>2</sup> (19,196)
MANITOBA (géologie et géophysique)	15	9T 1RA	3		19 2p	45 2p	4 1p	68 5p	18	23	11	52	29 5p	8 4p	37 9p		2420m <sup>2</sup> (26,500)
MCGILL (géologie et géophysique)	15	5T	3		31 5p	18 3p	11 3p	60 11p					35	13	48		3251m <sup>2</sup> (35,000)
MCMASTER (géologie)	13	7T 3RA	5.5		25	20	18	63					20	16	36	3.5	2937m <sup>2</sup> (31,600)
MEMORIAL (géologie)	20	5T 7RA	4		38	20	24	82					21	15	36	3	2657m <sup>2</sup> (28,600)
MEMORIAL (géophysique)	6	?	?			1p	5p	6p					4p	-	4p		?
MONTRÉAL (géologie)	12	5T 1RA	5		43	26	17	86					11	9	20		3391m <sup>2</sup> (36,500)
MOUNT ALLISON (géologie)	4	1T	1		5	7	6	18					-	-	-	-	985m <sup>2</sup> (10,600)

TABLEAU 2.1 (suite)

UNIVERSITÉ	PERSONNEL			ÉTUDIANTS NON DIPLÔMÉS								ÉTUDIANTS DIPLOMÉS			PDF	SURFACE  Pieds carrés en sus des salles de conférence
	Professeurs	Techniciens (T) Adjoints de recherche (A.R.)	Administratif et de bureau	SCIENCE				GÉNIE				Maîtrise ès sciences	Doctorat	Total		
				2e	3e	4e	Tot	2e	3e	4e	Tot					
NOUVEAU-BRUNSWICK (géologie)	12	6.5T	3	4	10	17	32					16 1p	9 1p	25 2p		3252m <sup>2</sup> (35,000)
OTTAWA (géologie)	10	5T 1RA	3	26	13	7	46					12	11	23		1214m <sup>2</sup> (13,180)
*QUÉBEC-CHICOUTIMI (géologie)	9	?	?	-	-	-	-	19?	20?	18?	57?	17?	-	17?	?	?
QUÉBEC-MONTRÉAL (géologie)	11	8T	2	?	?	?	147					13	-	13		1204m <sup>2</sup> (13,000)
QUEEN'S (geologie)	19.5	8T	5	40 1p	38 1p	19 1p	97 3p	30 14p	18 6p	9 4p	57 24p	45	21	66		4125m <sup>2</sup> (45,370)
REGINA (géologie)	7	5T	1	6	7	3	16						11	-	11	706m <sup>2</sup> (7,600)
ST. FRANCIS XAVIER (géologie)	3	1T	0.5	6	7	7	20					-	-	-		?
ST. MARY'S (géologie)	4	1T 2RA	1	12	9	10	31									587m <sup>2</sup> (6,350)
Saskatchewan (géologie et géophysique)	16	9T 3RA	2	28	14 2p	16 3p	58 5p	10	8 4p	11 5p	29 9p	19 2p	9	28 2p		1650m <sup>2</sup> (17,750)
TORONTO (géologie)	28	21.5T 3.5RA	10	73	20	27	120	29	31	26	86	39 3p	25 4p	64 7p	9	?
TORONTO (géophysique)	9	5T	?	10p	2p	2p	14p					12p	8p	20		?
VICTORIA (géophysique)	4	?	?	Non identifiés comme étant spécialisés en géophysique							1p	1p	2p			279 m <sup>2</sup> (3,000)
WATERLOO (géologie)	21	19T 4RA	5	53	66	29	148					45	8	53		2880m <sup>2</sup> (31,000)
WESTERN ONTARIO (géologie)	14	14T 2RA	3	25	20	10	55					17	33	50		2384m <sup>2</sup> (25,670)
WESTERN ONTARIO (géophysique)	7	4.5T	1	7p	11p	6p	24p					4p	3p	7p	1.5	836m <sup>2</sup> (9,000)
WINDSOR (géologie)	10	5T 3RA	2	18	10	13	41	11	5	3	19	17	-	17		1314m <sup>2</sup> (14,140)
YORK (sciences environnementales)	4	?	?		43p		43p					3p	3p	6p		?
TOTAL							2017 203 2220				562g 36p 598			836g 107p 943		

<sup>1</sup> Les professeurs dénombrés comprennent ceux sous engagement d'échange, sont exclus les adjoint.

<sup>2</sup> Les données proviennent des chefs de départements à l'exception de l'université du Québec à Chicoutimi où elles ont été puisées à partir des statistiques de l'I.C.M.M. de 1978.

<sup>3</sup> L'«Honours Science» d'une durée de 5 ans est inclu dans le cycle de 4 ans; la 1ère année de génie de l'École Polytechnique est incluse avec la 2e année.

p = géophysique

TABLEAU 2.2  
ÂGE MOYEN ET ANNÉES-HOMMES D'EXPÉRIENCE EXTERNE  
DE CERTAINS GÉOSCIENTIFIQUES UNIVERSITAIRES

DÉPARTEMENT UNIVERSITAIRE	ÂGE MOYEN 1974 - 1979		TOTAL DES ANNÉES-HOMMES D'EXPÉRIENCE GOUV. et INDUSTRIE		TOTAL PAR MEMBRE DU PERSONNEL	
Géologie, Alberta	40.0	43.0	12	(0.6)	24(1.2)	1.8
Géophysique, Alberta	40.0	45.0	15	(1.5)	10(1.0)	2.5
Géologie, Colombie-Britannique	42.1	45.5	24	(1.0)	47(2.1)	3.1
Géophysique, Colombie-Britannique	39.1	43.7	--	(0.0)	--(0.0)	0.0
Géologie et géophysique, Calgary	40.5	41.8	10	(0.5)	25(1.2)	1.7
Géologie, Carleton	43.0	48.0	25	(1.6)	22(1.3)	2.9
Géologie, Brock	41.5	44.3	32	(3.5)	1(0.2)	3.7
Géologie et géophysique, École Polytechnique	39.5	45.0	34	(2.1)	42(2.6)	4.7
Géologie, Laval	41.0	45.0	32	(2.5)	17(1.0)	3.5
Géologie, Memorial	39.5	41.0	20	(1.0)	30(1.5)	2.5
Géologie, Manitoba	43.6	46.0	28	(1.9)	27(1.8)	3.7
Géologie, Montréal	42.0	43.5	16	(1.3)	--(0.0)	1.3
Géologie, McGill	42.0	44.7	11	(0.8)	21(1.3)	2.1
Géologie, Mount Allison	47.5	52.5	1	(0.2)	15(3.8)	40.0
Géologie, McMaster	41.0	46.0	4	(0.3)	1(0.1)	0.4
Géologie, Nouveau-Brunswick	39.0	43.0	17	(1.4)	15(1.3)	2.7
Géologie, Ottawa	39.0	43.5	26	(2.6)	6(0.6)	3.2
Géologie, Regina	39.6	41.4	37	(5.3)	13(1.8)	7.1
Géologie, Saskatchewan	40.3	43.5	17.5	(1.1)	57(3.6)	4.7
Géologie et géophysique, Toronto	40.2	42.3	33	(0.8)	47(1.7)	2.5
Sciences de la Terre, Waterloo	39.4	37.8	26	(1.4)	10(0.3)	1.7
Géologie, Western Ontario	41.5	46.2	--	(0.0)	26(1.9)	1.9
Géophysique, Western Ontario	44.0	49.0	--	(0.0)	10(1.4)	1.4

TABLEAU 2.3  
SALAIRES MOYENS DANS CERTAINES UNIVERSITÉS CANADIENNES EN 1979-1980

UNIVERSITÉ (et total des enseignants)	Moyenne professeurs	Moyenne professeurs associés	Moyenne professeurs* adjoints	Moyenne tous les niveaux
Memorial (660)	35,836	27,919	22,600	27,478
Acadia (191)	34,083	26,105	20,813	25,439
Mount Allison (131)	35,140	27,161	21,159	26,862
*McGill	44,825	32,704	24,818	---
*Autres universités				
du Québec	42,985	34,923	27,962	---
Ottawa (734)	43,320	32,726	26,302	32,527
Queens (696)	40,898	30,226	24,318	32,822
Toronto (1592)	40,808	31,016	22,278	32,146
Waterloo (734)	42,266	32,857	24,434	34,358
Western Ontario (899)	40,918	30,781	23,855	31,196
McMaster (572)	40,513	31,215	23,863	33,465
Brock (217)	38,416	29,084	23,748	29,021
Laurentienne (254)	38,971	30,361	25,003	27,910
Regina (339)	38,123	30,509	23,644	30,479
Alberta (1354)	42,939	31,434	23,634	34,688
Calgary (848)	42,880	31,449	23,566	33,935
Colombie-Britannique (1395)	42,585	32,825	26,890	33,965

Données de Statistique Canada, 1979, (les salaires moyens comprennent ceux des personnes chargées de fonctions administratives, c'est-à-dire, chefs de départements et doyens, à l'exclusion des facultés de médecine et d'art dentaire).

\*Salaires non disponibles, calculés à partir des données de 1977-1978 par un membre du corps professoral d'une université du Québec.

### 3. ÉTUDES MENANT AU BACCALAURÉAT (1<sup>er</sup> CYCLE)

*'Tis education forms the common mind:  
Just as the twig is bent the tree's inclined.*

Alexander Pope, *Moral Essays*

#### INTRODUCTION

La formation des étudiants du 1<sup>er</sup> cycle est, de toute évidence, l'une des fonctions les plus importantes de nos départements de géologie et de géophysique. De nombreuses gens qui sont étrangers au milieu universitaire et certains qui en font partie affirment qu'il s'agit de l'aspect le plus critique des études universitaires et que toutes les autres activités devraient y être assujetties. Peu importe que l'enseignement à ce niveau soit aussi important qu'on le dit ou, comme le soutiennent certains enseignants, partage son importance avec la recherche et les études supérieures, il ne représente pas moins une tâche qui devient de plus en plus prenante. À l'exception de fluctuations mineures (figure 1.1), l'effectif d'étudiants du 1<sup>er</sup> cycle s'est accru constamment depuis une douzaine d'années, et il est actuellement deux fois plus élevé que celui que nous communiquaient Blais et autres (1971) en 1968.

Nous avons tenté, dans notre étude, de déterminer ce qui motivait les étudiants à entreprendre un cours de géologie et de géophysique, ce qu'on leur enseignait, ce que leurs professeurs et eux-mêmes pensaient de la formation qui était prodiguée et, enfin, comment les employeurs évaluaient les étudiants qu'ils embauchaient. Pour répondre à ces questions, et à d'autres aussi, nous avons étudié des programmes de cours, interrogé des professeurs et des étudiants en personne et soumis des questionnaires à des chefs de départements des sciences de la Terre et à des représentants de l'industrie et du gouvernement.

Nous avons constaté qu'il existait une riche diversité de programmes et plusieurs niveaux de rigueur et de concentration dans les universités du pays; nous avons ainsi pensé que les étudiants canadiens disposaient d'un choix enviable de possibilités au niveau du 1<sup>er</sup> cycle. Or, nous nous sommes également rendu compte que la plupart des étudiants fréquentent l'université la plus rapprochée de leur domicile et que, jusqu'au début de leur deuxième année d'études, ils ignorent à peu près tout des programmes offerts en géologie et en géophysique.

Enfin, nous avons constaté que les étudiants et les employeurs s'entendaient dans une certaine mesure sur les lacunes de la formation actuellement prodiguée dans les universités. Certaines des critiques sont pleinement justifiées, tandis que d'autres procèdent d'un manque d'information sur le rôle de l'université. Étudiants et employeurs font valoir la nécessité d'une révision des programmes et d'une meilleure communication entre universités et employeurs.

#### EFFECTIF

L'augmentation de l'effectif inscrit en géologie et en géophysique depuis 1968 s'est accompagnée d'une diminution du nombre d'inscriptions dans d'autres départements scientifiques, notamment en chimie et en physique. Il en résulte que, dans la plupart des universités, les départements

de géologie sont les plus gros départements scientifiques ou se classent deuxième derrière la biologie ou la psychologie.

Nos enquêtes ont démontré que nos facultés de sciences et de génie comptaient 2606 étudiants inscrits à des programmes de baccalauréats majeurs et spécialisés en géologie et en géophysique en 1978-79, et 2818 en 1979-80. Lors de la collation des grades de 1979, 485 géologues et 36 géophysiciens ont reçu des diplômes en sciences, pendant que 112 géologues et 14 géophysiciens en obtenaient en génie. Ce total de 597 géologues représente la plus grande promotion jamais réunie; le chiffre de 50 géophysiciens n'est pas le plus élevé qui ait été enregistré jusqu'ici, mais il ne se situe pas loin du record, aux dires des professeurs qui ont fourni l'information présentée dans le tableau 3.1. Ces chiffres diffèrent de ceux que d'autres organismes ont signalés. À une exception près, nous croyons qu'ils sont modérément valables, puisqu'ils ont été vérifiés avec des chefs de départements. Les statistiques erronées parues dans certaines revues et publiées par des organismes gouvernementaux peuvent entacher sérieusement les analyses et les prévisions.

Nous recommandons que le Conseil des chefs des départements de sciences de la Terre du Canada dresse chaque année une liste des étudiants inscrits en bonne et due forme à des programmes de baccalauréats majeurs, de baccalauréats spécialisés et de baccalauréats en génie dans les départements de géologie et de géophysique du pays, ainsi qu'une liste des étudiants inscrits à ces programmes qui obtiennent un diplôme pendant l'année à l'étude. Ces listes devraient être envoyées, chaque année, à des associations qui compilent régulièrement des données de ce genre, comme l'American Geological Institute et l'I.C.M.M. Il faudrait demander à chacun des chefs de départements de se reporter à ces listes lorsqu'il remplit des questionnaires dans lesquels il doit fournir pareilles statistiques.

Les tableaux 2.1 et 3.1 montrent l'effectif de la plupart des départements qui enseignent la géologie et la géophysique. Cinq des huit plus gros départements d'études du 1<sup>er</sup> cycle se classaient également dans ce groupe en 1968 (Blais et autres, 1971). Ce sont Toronto (206), Calgary (201), Queen's (181), Colombie-Britannique (176) et Manitoba (125). Trois (McGill, McMaster et Alberta) ont récemment été détrônés par Laval (166), Waterloo (148) et l'Université du Québec à Montréal (UQAM) (147). La moyenne des huit plus gros départements était alors de 80; en 1979-80, elle se situait à 170 étudiants. En 1968, on comptait en moyenne 5,2 étudiants en baccalauréat majeur pour un enseignant parmi les huit plus gros départements; cette moyenne s'établit actuellement à 8,8. À l'échelle nationale, le rapport étudiants majeurs-professeurs se situe à 6,2. Ce qui est probablement encore plus remarquable, c'est l'énorme variation du rapport étudiants-professeurs parmi les universités canadiennes. L'université Acadia est celle dont les départements de géologie et de géophysique comptent le plus grand nombre d'étudiants par personne enseignante (rapport de 14,8); elle est suivie de près par l'UQAM avec 13,4, et par Laval avec 12,7. À l'autre extrémité du spectre, on trouve l'université du Nouveau-Brunswick, avec 2,6, puis

l'université de Regina et l'université Laurentienne avec 2,2. Plusieurs grandes écoles réputées, dont les rapports se situent entre 7 et 9, admettent faire l'objet de pressions en ce qui concerne les installations et le temps que le personnel devrait consacrer à d'autres entreprises essentielles. Certaines ont dû réduire leur effectif étudiant pour cette raison. Et lorsque le rapport professeurs-étudiants se situe bien au-dessus de ceux-là, il est sûr que ce problème s'aggrave et que la valeur de la formation prodiguée aux étudiants est menacée. En revanche, les départements de géologie où le rapport étudiants-professeurs est bien en deçà de la moyenne nationale devraient s'interroger sur les raisons pour lesquelles ils n'attirent pas plus d'étudiants en cette période de grande activité et d'abondance d'emplois en géologie et en géophysique.

Nous recommandons que les universités Acadia et Laval, où le rapport étudiants-professeurs est deux fois plus élevé que la moyenne nationale, fassent pression pour obtenir du personnel enseignant supplémentaire à la lumière de ces statistiques ou, à défaut de pouvoir le faire, envisagent sérieusement de réduire leur effectif d'étudiants inscrits à des programmes de baccalauréats majeurs et spécialisés en géologie et en géophysique.

En général, les unités d'enseignement en géophysique ont un rapport étudiants-professeurs inférieur à celui des départements de géologie. Le département le plus peuplé est celui de l'université de la Colombie-Britannique, où l'on compte six étudiants en baccalauréat majeur par personne enseignante. À l'autre bout de l'échelle, on trouve l'université de l'Alberta avec 1,6, l'université de Toronto avec 1,5 et l'université Memorial avec 1. Rappelons toutefois qu'en géophysique, les rapports étudiants-professeurs sont élevés dans les écoles telles que l'université de la Saskatchewan et l'université de Calgary, où les étudiants inscrits à des programmes de baccalauréats majeurs, spécialisés et en génie reçoivent tous leur formation au sein des départements de géologie. En outre, il arrive souvent que des professeurs de géophysique oeuvrant dans les départements spécialisés, comme à Toronto et en Alberta, donnent également des cours ordinaires de physique. Néanmoins, trois unités de géophysique rattachées à des départements de physique ont un rapport étudiants du 1<sup>er</sup> cycle-professeurs remarquablement bas. Dans chaque cas, il s'agit d'universités où l'effectif d'étudiants en géologie est assez important, ce qui nous fait demander pourquoi l'on n'y forme pas d'avantage de diplômés avec deux disciplines majeures (géophysique et géologie combinées), tant recherchés par l'industrie.

Nous recommandons que les unités de géophysique de l'université Memorial, de l'université de l'Alberta et de l'université de Toronto entament le dialogue avec les départements de géologie de ces établissements, afin de mettre sur pied des programmes d'études mixtes propres à intéresser quelques-uns des étudiants actuellement inscrits à des programmes de baccalauréats majeurs en géologie.

## LES ÉTUDIANTS

Nous avons tenté de rassembler des faits importants et de recueillir les opinions des 2 818 étudiants en géologie et en géophysique, en nous entretenant avec eux, avec leurs professeurs et, dans certains cas, avec des doyens d'universités de tout le Canada.

### D'où viennent-ils?

La plupart des étudiants en géologie et en géophysique fréquentent l'université la plus rapprochée de leur domicile. Dans les universités situées dans les grandes villes, comme

Toronto et Vancouver, il semble que la majorité des étudiants du 1<sup>er</sup> cycle proviennent des environs immédiats. Rares sont les départements où plus de 10 % des étudiants proviennent de l'extérieur de la province. Les principales exceptions sont les domaines universitaires des petits centres, où un esprit de corps s'établit, où des traditions se bâtissent et où, sur les suggestions de parents ou d'anciens élèves, se retrouve une nouvelle génération d'étudiants. L'université Queen's est la plus remarquable à cet égard. Moins de 15 % de ses étudiants en géologie proviennent de la région immédiate de Kingston; la plupart viennent d'autres régions de la province et plus de 25 % sont de l'extérieur (principalement l'Alberta, le Québec et la Nouvelle-Écosse). Parmi les petits départements qui reçoivent constamment un flot d'étudiants du 1<sup>er</sup> cycle de l'extérieur de la province, il y a St-François Xavier et Mount Allison. Les étudiants du 1<sup>er</sup> cycle qui arrivent de l'extérieur du Canada sont généralement peu nombreux, ce qui n'empêche toutefois pas l'université Laval d'accueillir un nombre considérable de francophones africains depuis quelques années, et les universités de l'Atlantique d'inclure dans leurs rangs un nombre, petit mais constant, d'étudiants des Indes occidentales.

### Statistiques concernant le sexe des étudiants

Il y a dix ans, les femmes étaient rares au sein des départements de géologie des universités canadiennes (Blais et autres, 1971; Neale, 1973). Or, cette situation s'est transformée radicalement au cours des dernières années, des possibilités d'emplois s'étant offertes également aux hommes et aux femmes dans presque tous les domaines. Seule l'industrie pétrolière se montre encore hésitante à embaucher des femmes géologues et géophysiciennes. À l'université Queen's, la promotion sortante de 1979 était composée de femmes dans une proportion de 40 % en géologie, et de 20 % en génie géologique. Le tableau 4.4 montre l'effectif féminin de quelques-uns des départements de géologie.

### Qu'est-ce qui pousse les étudiants vers les sciences de la Terre?

Dans la plupart des cas, l'idée d'étudier la géologie ou la géophysique vient aux étudiants une fois qu'ils sont arrivés à l'université; c'est donc souvent le fruit du hasard. À cet égard, la situation n'a pas beaucoup changé depuis une douzaine d'années (Blais et autres, 1971), en dépit des nombreux efforts déployés par des associations professionnelles pour informer les étudiants collégiaux des perspectives et des carrières qui s'offrent à eux dans le domaine des sciences de la Terre.

Seulement 10 % environ des étudiants auxquels nous avons parlé sont entrés à l'université dans l'intention d'étudier les géosciences. Ce pourcentage était légèrement supérieur à l'université de Calgary; il n'est pas rare que des enfants de géoscientifiques pétroliers veuillent poursuivre la même carrière que leurs parents, mais, même là, la plupart ne décident de s'orienter vers les sciences de la Terre qu'après avoir suivi un cours d'introduction ou s'être renseigné sur les possibilités d'emplois dans ce secteur auprès de gens qui ont obtenu une mention de classe supérieure. Très peu d'entre eux avaient entendu parler leurs professeurs de collège et leurs conseillers pédagogiques des défis et des perspectives que leur offraient les sciences de la Terre, et les rares qui avaient eu accès à ces renseignements étaient surtout de la région de l'Atlantique, où les sciences de la Terre sont au nombre des domaines collégiaux.

L'un des grands problèmes qui se posent aux départements des sciences de la Terre demeure la nécessité de sensibiliser à ce domaine les étudiants du niveau collégial. Plusieurs professeurs de la région de l'Atlantique nous ont dit que l'enseignement des sciences de la Terre au niveau collégial était un bienfait mitigé, car cette option avait tendance à attirer des étudiants qui essayaient de fuir les mathématiques, la physique et la chimie. Eux-mêmes et d'autres (par exemple, Wynne-Edwards et Neale, 1976) préféreraient voir semer la graine au cours des premières années d'études collégiales, où l'étude de la Terre et des planètes pourrait servir d'introduction logique et générale aux principes fondamentaux de la chimie, de la physique et de la biologie enseignées au cours des dernières années d'études collégiales.

Nous recommandons que le Conseil canadien des sciences de la Terre et ses sociétés membres fassent accepter par les commissions scolaires provinciales et par les facultés l'idée d'utiliser les sciences de la Terre, au cours des premières années d'études collégiales, comme introduction à toutes les sciences fondamentales enseignées au cours des dernières années d'études collégiales.

Nous recommandons aux départements de géologie et de géophysique de nos universités de redoubler d'efforts pour faire en sorte que des membres de leur faculté possédant les aptitudes voulues offrent régulièrement leurs services à des conseillers collégiaux, afin d'informer les étudiants sur les cours et carrières qui s'offrent à eux dans le domaine des sciences de la Terre.

Nous félicitons le Conseil canadien des sciences de la Terre pour la brochure sur les carrières qu'il a fait paraître récemment et demandons que des géoscientifiques aillent en remettre des exemplaires en personne à des principaux et à des conseillers de collèges de leur régions.

#### Que valent nos étudiants?

D'après la majorité des professeurs auxquels nous avons parlé, la qualité des étudiants s'est améliorée depuis quelques années. Ainsi, le groupe de géophysique de l'université de la Colombie-Britannique affirme-t-il qu'il accueille maintenant dans ses rangs quelques-uns des plus brillants étudiants en physique qui, il y a quelques années, auraient probablement opté pour la physique théorique, atomique ou appliquée. Le doyen de la faculté de génie de l'université de la Saskatchewan classe la géophysique appliquée au sommet de l'ordre intellectuel dans sa faculté, et le génie géologique non loin derrière. Le chef du département de géologie de l'université de Toronto a signalé qu'un adoucissement des exigences dans les sciences auxiliaires a permis à son groupe de réunir une meilleure classe d'étudiants, en particulier dans l'option génie, où il est maintenant nécessaire de limiter l'effectif. Des professeurs de l'université Memorial ont indiqué que certains très bons étudiants avaient abandonné les programmes de physique et de chimie en faveur des sciences de la Terre, ce qui avait amélioré la qualité des classes comme jamais auparavant. Des enseignants de Carleton ont dit qu'ils accueilleraient nombre des meilleurs diplômés des collèges d'Ottawa, par exemple, trois parmi les dix premiers de la promotion de 1978-79. Aux dires de certains départements, comme à l'université de Calgary et à l'université de la Colombie-Britannique, la qualité moyenne des étudiants est demeurée à peu près la même, sauf que l'on compte maintenant davantage d'élèves doués que par le passé.

Quelques écoles ont signalé une détérioration de la qualité des étudiants. Dans au moins certaines d'entre elles, nous avons décelé des problèmes de morale et autres qui nous

portent à croire que les opinions qui y ont été exprimées traduisent davantage un sentiment de découragement général qu'une véritable évaluation du niveau intellectuel de la clientèle étudiante.

Nous avons entendu un autre commentaire négatif au sujet du nombre remarquablement faible d'étudiants en sciences de la Terre qui obtiennent chaque année la prestigieuse bourse Centennial du (Conseil National de Recherches du Canada). Nous sommes allés vérifier le bien-fondé de cette critique et nous nous sommes rendu compte qu'elle est justifiée. D'aucuns pourraient en déduire que les départements de géologie et de géophysique ne réussissent tout simplement pas à obtenir les meilleurs éléments. Mais il y a d'autres explications: 1) les cotes A sont extrêmement rares en géologie et en géophysique en raison de la nature particulière des sujets qui y sont abordés, alors que, dans certaines sciences de la même famille et en mathématiques, on s'attend plutôt à des réponses "oui ou non", "vrai ou faux". À ce sujet, un des professeurs interrogés a attiré notre attention sur les carrières de quelques jeunes "superstars" des sciences de la Terre au Canada. Tous ont fait l'admiration de la communauté scientifique internationale avant l'âge de 30 ans, et ce même s'ils avaient passé leur diplôme avec une cote moyenne de B qui ne leur aurait jamais valu la moindre considération en vue d'une bourse Centennial ou autre. 2) Beaucoup d'étudiants brillants en sciences de la Terre entrent dans l'industrie avec un baccalauréat en sciences, sans jamais présenter de demande de bourse. Un des étudiants que nous avons rencontrés au cours de nos visites nous a dit qu'il avait demandé et obtenu une bourse Centennial, mais qu'il l'avait finalement abandonnée pour se joindre à une société pétrolière.

Des membres de notre comité, qui se sont longuement entretenus avec de nombreux groupes d'étudiants de 1<sup>er</sup> cycle, croient les professeurs qui parlent d'une nette amélioration de la qualité des étudiants en quête d'un baccalauréat.

#### À quoi aspirent les étudiants?

Les étudiants en géologie et en géophysique veulent un emploi. Or, les emplois n'ont probablement jamais été aussi abondants; pour une fois, ils sont proportionnels au fort effectif étudiant. Par le passé, le nombre d'étudiants ne suffisait jamais à répondre aux besoins immédiats des industries. Partout, il y a des étudiants qui acceptent un emploi immédiatement après l'obtention de leur premier grade. Dans l'Ouest, au printemps de 1979, de grandes promotions sortantes en géologie, comme aux universités de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de Calgary et de la Saskatchewan, envoyaient tout au plus un ou deux étudiants dans les écoles d'études supérieures. Dans le Centre et l'Est du pays, la situation était un peu meilleure; dans plusieurs écoles, cinq bacheliers étaient intéressés à poursuivre des études avancées. Cependant, certains gros départements de l'Est canadien, comme Dalhousie et Memorial, nous ont signalé que tous les étudiants de la promotion sortante s'étaient engagés auprès de sociétés industrielles, en dépit de certaines offres de bourses d'études et de recherche prestigieuses et payantes.

Ce faible pourcentage d'étudiants diplômés qui poursuivent leurs études tranche avec la situation qui prévalait à la fin des années 1960, où près de 50 % entreprenaient des études avancées (Blais et autres, 1971, p. 109). Ce phénomène est difficile à comprendre étant donné que, par le passé, même en périodes d'essor, il y avait toujours un groupe important d'étudiants dont l'intérêt pour des études supérieures transcendait les considérations

économiques immédiates. Peut-être est-ce dû au fait que, pendant une longue période de fort taux de chômage, des étudiants de toutes les disciplines se sont soudainement orientés vers le marché du travail et qu'en dépit de leur enviable situation d'emploi, des étudiants en géologie se sont laissés emportés par ce sentiment d'insécurité généralisée.

Beaucoup de grandes sociétés pétrolières et environ 20 % des sociétés d'exploration minérale ont dit préférer embaucher des gens titulaires d'un M.Sc. La souhaitabilité de cette politique, à la fois pour l'industrie et pour la future carrière des étudiants, a très bien été défendue par Baillie (1979). Cependant, les M.Sc. se font rares, et de moins en moins de personnes possédant un tel grade sont actuellement engagées par l'industrie. Des étudiants du 1<sup>er</sup> cycle en deuxième ou troisième année nous ont confié qu'ils étaient peu motivés à poursuivre leurs études, puisque a) ils se sont fait dire par des équipes de recrutement de compagnies que des études universitaires avancées n'étaient pas nécessaires ou que les connaissances correspondantes pouvaient mieux s'acquérir par un programme de formation interne; b) aucune prime financière n'était rattachée à un diplôme d'études supérieures (en fait, le titulaire d'une maîtrise ou d'un doctorat se trouvait à subir une perte financière).

Nous recommandons que des firmes industrielles, au moyen de conférences, de lettres et de leurs programmes d'embauche, encouragent les étudiants qualifiés à poursuivre des études supérieures avant d'entreprendre une carrière au sein de l'industrie. Nous leur suggérons également d'envisager de reporter les dates d'entrée en fonction, d'accorder des congés d'études payés et de recourir à d'autres formes d'aide financière, en attendant que les étudiants mènent à terme leur formation supérieure.

## COMMUNICATIONS

L'absence de formalité et l'établissement de relations harmonieuses sont de tradition dans nos départements de géologie; cette atmosphère a peut-être pour origine l'esprit de camaraderie qui s'établit au cours des travaux sur le terrain. Il en est ainsi partout où nous avons eu l'occasion de parler avec des étudiants représentatifs de leur milieu. Ces relations sont particulièrement harmonieuses dans les départements de petite et de moyenne tailles, où les étudiants du 1<sup>er</sup> cycle en deuxième et troisième années et les membres de la faculté s'appellent parfois par leur petit nom. En outre, le climat est meilleur dans les petits centres, où le département est le théâtre de soirées de conférences, d'événements sociaux et d'activités géologiques, que dans les grandes villes, où des problèmes de transport entre le domicile et l'université réduisent les contacts professeurs-étudiants à un 8 à 5.

En dépit de ces rapports généralement bons, certains étudiants du 1<sup>er</sup> cycle ont exprimé des doléances au sujet, notamment, de la qualité de l'enseignement et des installations, à la suite desquelles aucune mesure n'a été prise malgré de longues discussions à ce sujet avec les professeurs les plus compréhensifs. Les plaintes de ce genre étaient moins nombreuses dans les endroits où l'on invitait des représentants d'étudiants du 1<sup>er</sup> cycle à assister à des réunions de la faculté; elles étaient pratiquement nulles dans les rares départements (comme Toronto, Queen's et Memorial) auxquels des comités externes rendent visite régulièrement. Les rapports que produisent ces groupes de l'extérieur revêtent beaucoup d'importance et favorisent l'action dans les milieux universitaires. Nous reviendrons sur ce sujet ailleurs dans le rapport.

Nous recommandons que les départements qui n'invitent pas encore de représentants d'étudiants du 1<sup>er</sup> cycle à des réunions du département s'efforcent de le faire.

Nous recommandons en outre que les départements qui n'ont pas encore constitué de comité de révision externe s'efforcent d'en établir un et de prévoir des visites régulières.

## CONDITIONS D'ADMISSION

Chaque université et, dans certains cas, chaque faculté, fixe ses propres normes et politiques d'admission. Celles-ci sont publiées dans les programmes de l'établissement.

Pour être admis à l'université, l'étudiant doit avoir obtenu son certificat d'admission (matriculation) au terme de ses études secondaires. À Terre-Neuve il l'obtient après la 11<sup>e</sup> année, en Ontario après la 13<sup>e</sup>, et dans toutes les autres provinces après la 12<sup>e</sup>. Au Québec, les étudiants doivent, après leurs études secondaires, fréquenter des établissements collégiaux (Cégep) pendant deux ans avant d'être admis à l'université.

Autrefois, des examens de fin d'études étaient rédigés par le ministère de l'éducation de la province. Récemment, ces examens ont été abolis à de nombreux endroits, et l'étudiant finissant est désormais évalué en fonction des examens et des dossiers de son école. Dans certains cas, cette politique a donné lieu à un gonflement des notes, les écoles se livrant concurrence pour produire des étudiants spécialisés. Des professeurs ont mentionné que l'on donnait préséance aux produits de certaines écoles secondaires où les notes se révèlent un meilleur indice de l'aptitude des étudiants. Des enseignants de l'université ont également déploré le manque de rigueur de certains établissements collégiaux en ce qui concerne la qualité de l'anglais écrit. Certaines universités, comme celles de la Colombie-Britannique et de Calgary, ont mis sur pied des examens d'entrée et des cours de rattrapage pour ceux dont la connaissance de l'anglais est insuffisante.

Considérant la tendance des établissements d'études collégiales à pécher par manque de rigueur et l'accusation selon laquelle certaines universités assouplissent leurs normes d'admission pour obtenir des étudiants, dont le nombre va décroissant, que la plupart des chefs de départements du pays constatent une amélioration de la qualité des étudiants inscrits en géologie et en géophysique, voilà qui est encourageant.

## PROGRAMMES UNIVERSITAIRES

### L'éventail des cours

Les universités du pays offrent aux étudiants une grande variété de cours. À l'une des extrémités du spectre, on trouve le programme sans mention de spécialisation de trois ans, dans lequel l'étudiant n'a besoin que de huit cours d'une session en géologie, où les mathématiques ne sont pas obligatoires et où très peu de sciences auxiliaires suffisent. À l'autre extrémité, l'étudiant se voit offrir des programmes de quatre ou cinq ans rigoureux et très structurés, qui mènent à un diplôme en science ou en génie avec spécialisation et qui produisent un spécialiste très qualifié.

La plupart des universités offrent, dans leurs facultés des sciences, trois types de programmes: des programmes d'études sans mention de spécialisation qui peuvent durer

trois ou quatre années selon l'école, des programmes de baccalauréats majeurs en sciences de la Terre qui nécessitent quatre années ou l'équivalent, et des programmes avec spécialisation qui réclament quatre années ou l'équivalent. Au Québec, l'étudiant qui entre à l'université doit d'abord passer par un Cégep, de sorte que tous ces programmes ne réclament que trois années d'études. À Terre-Neuve, l'étudiant termine ses études secondaires au niveau de la 11<sup>e</sup> année, et c'est pourquoi il lui faut quatre ans pour obtenir un diplôme sans mention de spécialisation, et cinq ans pour participer à des programmes menant à des baccalauréats majeurs et spécialisés. En outre, dans dix universités, les facultés du génie offrent des options en géologie ou en géophysique qui nécessitent quatre, et dans un cas cinq, années d'études. L'appendice 3A montre tout l'éventail des programmes offerts dans la plupart des universités canadiennes.

Le diplôme sans mention de spécialisation, qu'offrent la majorité des universités, satisfait les exigences minimales des facultés des sciences (ou des arts et sciences). Les professeurs de géologie et de géophysique dissuadent leurs étudiants de suivre cette voie, à moins que ceux-ci n'aspirent à autre chose que de devenir des géoscientifiques spécialisés. Néanmoins, en période d'abondance d'emplois, beaucoup d'étudiants qui s'y inscrivent accèdent à la profession et quelques-uns y réussissent fort bien.

#### Baccalauréats majeurs et spécialisés en géologie

Vingt-trois départements offrent un programme de baccalauréat majeur qui, dans certains cas, s'appelle "majeur avancé", "programme avec spécialisation" ou, plus rarement, "programme sans mention de spécialisation". Ce programme se compose habituellement d'un noyau obligatoire de cours en géologie: géologie physique et historique, cristallographie, minéralogie systématique et optique, pétrographie, sédimentologie, stratigraphie, géologie structurale, géologie sur le terrain, paléontologie (facultative à certains endroits), géologie régionale (facultative à plusieurs endroits) et géologie économique (facultative dans plus de la moitié de ces départements). Fait à remarquer, ce programme obligatoire ne renferme pas de premier cours de géophysique. L'étudiant peut choisir lui-même l'autre moitié de ses cours en géologie parmi les autres possibilités que lui offre le département, d'après les conseils des membres du corps professoral et en fonction de la spécialisation pour laquelle il a opté; habituellement, plus la faculté est grosse, plus il y a de choix. L'appendice 3A donne un échantillonnage représentatif des cours facultatifs en géologie. En ce qui concerne les sciences auxiliaires, voici ce que l'on exige:

4 cours d'une session session en chimie	deux sont facultatifs dans certains départements
4 cours d'une session en physique	deux peuvent être facultatifs ou remplacés par des cours de géophysique dans certains départements
4 cours d'une session mathématiques	deux peuvent être en facultatifs ou remplacés par des cours de statistique et d'informatique dans certains départements

2 cours d'une session  
en biologie

obligatoires dans  
certaines écoles où les  
étudiants optent pour une  
spécialisation en  
paléontologie

En règle générale, un programme de baccalauréat majeur ne comporte aucune exigence rigoureuse. Dans bien des cas, les étudiants s'y inscrivent parce qu'ils ne satisfaisaient pas aux normes exigées à une étape donnée d'un programme avec spécialisation ou qu'ils ont choisi une spécialisation trop tard pour répondre aux exigences d'un programme structuré. Il y a toutefois des cas où des étudiants ont opté délibérément pour un programme de ce genre, afin de pouvoir suivre divers cours offerts par d'autres facultés.

En ce qui a trait au programme de baccalauréat spécialisé, les exigences diffèrent quelque peu d'une université à une autre. Dans presque tous les établissements, toutefois, il s'agit du premier diplôme prestigieux reconnu, dont les lauréats ont suivi un cours structuré et obtenu au moins des grades de deuxième classe dans leur sujet principal et dans certains domaines connexes. En général, le choix de cours est identique à celui qui est offert dans les programmes majeurs, le nombre de cours de géologie obligatoires est plus élevé et, à certains endroits, les quatre cours offerts dans des sciences auxiliaires peuvent être obligatoires. La majorité des universités obligent les étudiants inscrits à ce programme à rédiger une thèse ou une dissertation, et les encouragent à combiner travaux en laboratoire et travaux sur le terrain pour y arriver. Certains départements, comme McGill et Acadia, n'ont jamais exigé de thèse pour décerner des diplômes spécialisés; d'autres offrent le choix entre une thèse et un cours supplémentaire et certains, comme à Toronto, dispensent les étudiants en sciences de la rédaction d'une thèse et appellent "specialist major" le diplôme le plus prestigieux.

Les départements de géologie et de géophysique, en particulier les plus gros, offrent généralement beaucoup plus de cours que les étudiants ne sont autorisés à en suivre dans le cadre d'un programme d'une durée de quatre ans. Cela favorise une répartition de l'effectif étudiant au cours de la dernière ou des deux dernières années, de sorte que les étudiants peuvent se concentrer sur des sujets tels que la sédimentologie et la stratigraphie, ou encore sur la pétrographie des roches ignées et métamorphiques combinée avec l'étude des gîtes de minéraux métalliques. Aussi, rendus à ce niveau, les étudiants inscrits à des programmes d'études avec spécialisation prennent souvent une orientation précise, ce qui est moins le cas des étudiants qui prennent part à un programme majeur en géologie, où ils se voient offrir un régime de "cafétéria" une fois qu'ils ont épuisé les cours obligatoires.

Les cours de nature technique, comme le dessin, l'arpentage et l'analyse d'échantillons, sont généralement l'apanage des facultés du génie. Dans certains établissements, les facultés des sciences refusent de créditer ces cours; dans d'autres, les horaires de cours sont tels qu'il est pratiquement impossible aux ingénieurs et aux scientifiques de faire des échanges.

P.L. Money a expédié un questionnaire à des départements de géologie et de géophysique, pour leur demander des renseignements au sujet des cours se rapportant à la géologie économique. Trente départements ont répondu. Compte tenu de la grande importance que les

employeurs attachent à ce domaine, nous présentons un bref compte rendu des réponses dans le tableau 3.2. La géologie économique n'est un cours obligatoire que dans dix départements, et la géophysique appliquée dans cinq.

La plupart des universités offrent des programmes de baccalauréats majeurs et spécialisés qui cumulent deux disciplines (tableau 3.3); géologie et physique (ou géophysique), géologie et géographie, géologie et chimie, ainsi que géologie et biologie sont les associations les plus courantes. Ces programmes ne sont généralement pas populaires, surtout au niveau des études avec spécialisation, étant donné que les facultés essaient de rendre obligatoires un grand nombre de leurs cours et que l'étudiant se retrouve finalement avec une faible latitude, une bonne dose de travaux ardues et, dans certains cas, aucune chance d'obtenir la combinaison de cours qui avait suscité son intérêt pour l'obtention d'un diplôme mixte.

Un simple coup d'oeil sur l'appendice 3A montre à quel point il est difficile de comparer les divers programmes de géologie. Un programme de trois ans avec concentration minimale en géologie est présenté comme un programme de baccalauréat majeur dans certaines universités, et comme un programme sans mention de spécialisation dans d'autres. La plupart des universités considèrent leur programme majeur d'une durée de quatre ans (de trois ans au Québec) comme un grade qui confère à l'étudiant le titre de géologue spécialisé; or, dans certaines écoles, les conditions exigées pour l'obtention de ce diplôme semblent plus rigoureuses que les exigences correspondant à des programmes avec spécialisation offerts dans d'autres établissements. Le baccalauréat spécialisé devrait représenter le grade par excellence dans tous les départements, mais au moins un chef de département nous a indiqué que le diplôme spécial de son école conférerait une meilleure formation à l'étudiant! Toute cette question de différenciation des grades demeure un mystère pour les employeurs, qui aimeraient bien pouvoir considérer qu'un baccalauréat spécialisé, majeur ou sans mention de spécialisation a la même signification de Victoria à Saint-Jean. Tout ce qu'ils peuvent faire, pour l'instant, c'est de se débattre avec les programmes des universités, l'expérience passée et l'information obtenue au cours des entrevues.

#### Baccalauréats majeurs et spécialisés en géophysique

Les premiers diplômes en géophysique sont accordés par sept groupes étroitement associés à des départements de physique, et huit associés à des départements de géologie.

Parmi les sept premiers, trois sont des départements autonomes: Western Ontario, York et Colombie-Britannique; les autres font partie de départements de physique (Alberta, Memorial, Toronto et Victoria). Ils décernent des grades majeurs ou spécialisés en géophysique, ou en physique avec spécialisation en géophysique. En collaboration avec leurs départements de géologie, ils peuvent également accorder des diplômes en géophysique avec options en géologie.

Les huit départements de géologie qui décernent des grades en géophysique ou en géologie et géophysique sont Brock, Calgary, Carleton, Laurentienne, Manitoba, McGill, Regina et Saskatchewan. Tous semblent travailler en collaboration avec des départements de physique, et la plupart avec des facultés du génie. Les universités de Calgary, du Manitoba, de la Saskatchewan, McGill et Queen's produisent autant sinon plus de nouveaux diplômés en géophysique que ne le font les départements autonomes et ceux qui font partie de départements de physique (tableau 3.1).

Les programmes varient tellement d'une école à une autre, et même à l'intérieur d'une même école, qu'il est difficile de cerner un noyau de cours commun à tous. La plupart exigent un minimum de:

- 4 cours d'une session en mathématiques
- 8 cours d'une session en physique ou géophysique
- 4 cours d'une session en géologie (y compris 2 cours d'introduction)
- 2 cours d'une session en chimie

Nous avons eu l'impression que peu d'étudiants inscrits dans les départements rattachés à la physique adoptaient l'option géologie. Plusieurs professeurs qui y enseignent ont déploré ce fait et ont affirmé que des efforts étaient faits pour rendre obligatoires davantage de cours de géologie dans tous les programmes de géophysique au niveau du baccalauréat. Plusieurs ont également dit que, jusqu'à récemment, il n'était pas rare de voir des étudiants obtenir un diplôme en géophysique sans même avoir suivi un cours d'introduction à la géologie (ce qui a d'ailleurs été déploré par l'industrie pétrolière, qui emploie actuellement la plupart des diplômés).

Nous recommandons que les facultés de géologie et de géophysique des universités de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, Western Ontario, de Toronto et Memorial fassent preuve d'une collaboration plus étroite dans leur enseignement et dans la planification de leurs programmes de cours. À cet égard, elles devraient recourir à l'aide et aux conseils de gens d'expérience de l'industrie.

#### Géologie et géophysique dans les facultés du génie

Dix départements de géologie offrent des diplômes en géologie, et quatre en accordent en géophysique, par l'intermédiaire de facultés du génie. Dans les trois universités du Québec, ces grades réclament quatre années d'étude après le Cégep, ce qui équivaut à un programme de cinq ans dans d'autres régions du Canada (à six années à Terre-Neuve). Seulement deux écoles canadiennes, soit les universités de la Colombie-Britannique et de Waterloo, exigent cinq années pour l'obtention d'un diplôme en génie; les autres en demandent quatre.

Les programmes de génie sont davantage structurés que les programmes des baccalauréats majeurs et laissent moins de choix d'options ce qui est conforme aux exigences des associations professionnelles. Généralement, ils procurent davantage de cours en sciences auxiliaires (chimie, physique et mathématiques) que les programmes des baccalauréats majeurs, bien que, dans certaines universités, la plupart de ces cours en sciences sont donnés dans les facultés du génie et sont plus spécialisés que ceux donnés dans les facultés de sciences. Les heures de cours et de laboratoires sont 50 % plus nombreuses en génie qu'en sciences. Ceci donne lieu à une meilleure formation dans des domaines propres à l'ingénieur, soit, par exemple, celui de la technologie des matériaux, ceux où l'habileté technique est importante (le dessin technique et l'arpentage) et aussi dans des sujets pragmatiques comme la rédaction technique.

Les départements plus importants offrent un plus vaste choix de spécialisation dans les programmes du génie, par exemple, le génie minier, le charbon et le pétrole, les techniques de l'exploration; alors que les départements plus petits offrent un programme uniquement orienté en génie géologique et en certains endroits en géophysique.

Un programme type de deux options offert par deux universités, Toronto et Queen's, apparaît à l'appendice 3B.

Comme au niveau du baccalauréat majeur en sciences, ces options sont requises dans certaines facultés du génie, alors qu'elles ne le sont pas pour d'autres.

Comme il est mentionné plus loin dans ce chapitre, les compagnies d'exploration minière et de pétrole préfèrent, généralement, des diplômés en génie plutôt que ceux en sciences. Ceci est dû, d'une part, à la valeur de la formation du diplômé indépendamment de l'école où il a été formé et, d'autre part, à cause de la formation que procurent les sciences appliquées dans des domaines techniques, ce qui n'est pas le cas pour les diplômés en sciences.

Nous recommandons que les départements de géologie et de géophysique qui font partie d'une université pourvue d'une faculté du génie et qui n'offrent plus encore de cours par l'intermédiaire de cette faculté s'efforcent de le faire.

### Programmes de coopération

Ce régime, dans lequel des périodes de cours alternent avec des périodes de travail à l'extérieur, a été instauré par la faculté du génie de l'université de Waterloo, presque à ses débuts en 1957. L'expérience a connu un succès tel que le régime a été appliqué aux programmes de génie d'autres universités (comme Memorial et Sherbrooke), et même aux programmes d'autres facultés, comme en administration des affaires.

Seuls le département des sciences de la Terre à Waterloo et le département de physique à l'université de Victoria ont décidé de former leurs géologues ou géophysiciens de cette façon. À Waterloo, les étudiants peuvent choisir entre le programme ordinaire avec spécialisation et le programme de coopération. Ce dernier exige une année de plus, mais, au terme du programme, l'étudiant a deux années de formation sous surveillance dans l'industrie. Il est offert avec spécialisation en géologie ou en géotechnique. Les sociétés d'exploration minière et pétrolière prônent les vertus de ce genre de programme, et beaucoup citent l'exemple de Waterloo, même si elles ne le connaissent que de réputation.

Certains professeurs d'autres universités font des réserves sur la valeur du programme de coopération en géologie. Selon eux, ce régime coûte cher et les étudiants en géologie n'en ont pas besoin étant donné qu'ils sont assurés d'un travail estival dans leur profession. Nos comités ont toutefois été impressionnés par le soin accordé à la sélection des affectations et par le fait que les étudiants devaient soumettre un rapport officiel sur leur expérience de travail.

Nous recommandons que les départements de géologie et de géophysique emboîtent le pas aux universités de Waterloo et de Victoria et étudient la possibilité de mettre sur pied des programmes de coopération avec l'industrie. Leur mise en oeuvre pourrait s'effectuer par voie de programmes déjà en cours dans des facultés du génie ou par l'entremise de facultés des sciences.

### ÉVALUATION DES PROGRAMMES DE L'INTÉRIEUR

#### Les opinions des étudiants

Ainsi que nous l'avons déjà mentionné, la grande motivation des étudiants réside dans les possibilités d'emploi, probablement plus qu'au cours de toute autre période récente. Cette motivation ressort dans les opinions exprimées par les étudiants au sujet des programmes d'études, des cours et des sciences auxiliaires.

Dans au moins quelques-unes des universités, les étudiants s'inscrivent à des programmes de baccalauréats majeurs, plutôt que spécialisés, pour ne pas avoir à rédiger de thèse ni prendre de "cours impertinents", surtout dans les sciences auxiliaires. Devant cette baisse de l'effectif inscrit à des programmes avec spécialisation en sciences, les écoles pourvues de programmes de génie, qui sont à leur façon aussi rigoureux que les études scientifiques avec spécialisation, signalent constamment une hausse de leur clientèle étudiante. La clé de l'énigme doit certainement résider dans les possibilités d'emploi; en effet, la plupart des étudiants se rendent compte que l'industrie donne préséance aux diplômés en génie avec spécialisation en géologie ou en géophysique.

L'une des principales plaintes formulées à propos des programmes d'études concernait l'utilité des cours de géologie et de géophysique. Plusieurs groupes ont déploré le rôle exagéré accordé à la tectonique des plaques et à d'autres concepts globaux dans bien des cours, alors qu'ils pourraient se livrer à des activités plus pratiques. Il s'agit là d'une subite volte-face par rapport aux opinions d'il y a quelques années, lorsque les étudiants déploraient le manque de thèmes globaux dans leurs cours (Blais et autres, 1971). Plusieurs étudiants ont dit regretter le trop peu d'importance accordé à la pétrophysique, à la diagrapie par câbles, etc.; parmi eux, il y avait un groupe d'ingénieurs géologues et géophysiciens qui suivaient déjà un cours complet à ce sujet! D'autres ont déploré qu'il n'y ait pas suffisamment de travaux appliqués à des problèmes sur le terrain, de visites de mines et de zones d'intérêt, et d'exercices pratiques en laboratoire orientés vers le pétrole dans le cadre des cours de géologie sédimentaire. Certains étudiants se sont plaints que l'on attachait trop d'importance à la pétrographie et à la géochimie des roches ignées et métamorphiques, et ce aux dépens des cours en géologie des gîtes minéraux, du pétrole et du charbon. Des étudiants en sciences ont souligné des lacunes en dessin et en arpentage, domaines qu'ils étaient apparemment censés apprendre par osmose pendant des cours sur le terrain.

De nombreuses doléances ont été exprimées au sujet de l'enseignement et de la nécessité des sciences auxiliaires, en particulier la chimie et la physique. Selon des étudiants, aucun effort n'était fait pour tailler ces cours à la mesure des besoins des géologues et géophysiciens, en faisant ressortir certains aspects de leur utilité possible. Et ce, en dépit du fait que les étudiants y assistaient généralement en nombre suffisant pour justifier la création d'une section distincte de la classe. Des étudiants ont également prétendu que leurs propres professeurs étaient souvent incapables d'intégrer la matière d'autres cours de sciences dans leurs exposés sur les sciences de la Terre. Les plus grosses facultés du génie ont résolu ce problème (avec succès?) en enseignant leurs propres versions de la science au sein de la faculté. Sous la pression des étudiants, certains groupes de géologie et de géophysique s'orientent dans la même direction; ainsi, l'université Memorial a mis sur pied un cours de géochimie supplémentaire comme solution de rechange à des cours de deuxième année offerts par le département de chimie, et l'université de la Saskatchewan s'appête à remplacer un cours de physique par un cours plus approprié mis sur pied par des géophysiciens. S'il est facile de sympathiser avec les étudiants, dont nombre des plaintes sont identiques à celles de la génération plus silencieuse qui les a précédés, on ne peut aisément excuser la solution qui a été mise de l'avant. À cet égard, un des professeurs a dit: "Les aspects de la chimie, de la physique et des mathématiques qui seront les plus utiles aux géoscientifiques de la prochaine décennie pourront se trouver dans les cours de base donnés par les spécialistes de ces domaines. Il est peu probable que l'on puisse attendre beaucoup de la part des départements des

sciences de la Terre, étant donné qu'ils concentrent leur attention sur les applications présentes des sciences fondamentales."

La clientèle des départements des sciences de la Terre se situe depuis longtemps à un niveau élevé et, pourtant, on ne peut espérer un fort élargissement du personnel enseignant; les étudiants inscrits à des programmes de baccalauréats majeurs en chimie et en physique n'ont jamais été aussi peu nombreux et les activités de ces départements au niveau de l'enseignement du 1<sup>er</sup> cycle se réduisent presque exclusivement à des rôles d'appoint. Il est certain que les autorités universitaires peuvent veiller à ce que ces services soient rendus conformément aux spécifications et aux attentes des étudiants en sciences de la Terre.

Nous recommandons que les départements de géologie et de géophysique tirent avantage de la position importante qu'ils occupent parmi les départements scientifiques du point de vue du nombre d'étudiants inscrits à des programmes de baccalauréats majeurs et spécialisés, et qu'ils insistent pour que d'autres départements scientifiques conçoivent des sections de cours d'appoint en fonction de leurs besoins.

### Les opinions des facultés

Les divers programmes de cours sont dressés essentiellement par les départements de géologie et de géophysique; parfois, mais certainement pas toujours, on tient compte de l'opinion des étudiants et des récents diplômés et, à vrai dire, très rarement de celle des employeurs des étudiants. Bien entendu, les membres des corps professoraux défendent leur choix de programmes menant à des baccalauréats majeurs et spécialisés en sciences. Ils soulignent également que les diplômes dits sans mention de spécialisation débordent le cadre de la compétence de leur département, et que des exigences minimales applicables à tous les départements sont généralement établies par les facultés des sciences, ou des arts et sciences.

La plupart des enseignants auxquels nous nous sommes adressés ont dit que leur principale responsabilité consistait à présenter aux étudiants un noyau de faits à retenir et à leur apprendre à raisonner comme le font des géologues. Cette idée est peut-être le mieux résumée dans les propos du professeur W.G.E. Caldwell de l'université de la Saskatchewan:

"le département des sciences géologiques essaie d'informer les étudiants des relations qui existent entre la géologie et ses domaines connexes d'une part, et les autres sciences naturelles et physiques d'autre part; de leur inculquer les vastes connaissances que l'on possède des matériaux et des phénomènes de la Terre; de les familiariser avec des théories anciennes et nouvelles (...); de leur expliquer comment les principes directeurs de la géologie et de ses disciplines ont été formulés; de leur donner un aperçu des 4,5 milliards d'années d'histoire de la Terre, ainsi que du rôle que l'Homme y a joué; de leur expliquer comment appliquer leurs connaissances à la solution de problèmes théoriques et pratiques posés par la Terre dans des contextes locaux, régionaux et mondiaux".

En général, les enseignants jugeaient assez opportun que les programmes de génie consacrent une partie des cours à la

formation technique et à la méthodologie, parce qu'il s'agissait de formation professionnelle dès le début; les étudiants savaient apparemment où ils allaient et les employeurs s'attendaient à un produit entièrement qualifié dès l'obtention du diplôme. En revanche, les étudiants en sciences sont moins sûrs de leurs objectifs, et leur formation devrait leur laisser davantage de latitude de manière qu'ils puissent s'adapter plus facilement aux diverses situations dans lesquelles ils pourraient se trouver à la fin de leurs études. Une bonne dose de cours de méthodologie produit des techniciens capables de suivre des voies bien tracées dans la recherche d'hydrocarbures; cependant, elle ne saurait former le type de spécialiste capable de réflexion sur les émissions de CO<sub>2</sub> et sur le bilan mondial du carbone. Ces deux niveaux d'activité sont essentiels, et la formation prodiguée aux étudiants devrait produire les deux genres de spécialistes.

Bien sûr, les opinions diffèrent radicalement. Dans chaque département, on trouve au moins un élitiste qui est d'avis que les diplômés devraient être des penseurs avancés dont le rôle ultime serait de faire progresser la science et de révolutionner l'industrie. Tous les trucs du métier nécessaires pour y parvenir devraient s'apprendre sur le tas, après l'obtention du diplôme. À l'antipode de cette opinion, nous trouvons des gens, probablement plus nombreux, mais plus silencieux, selon lesquels les programmes de cours offerts par leur département ont été en partie conçus pour épouser les intérêts de leurs collègues dans le domaine de la recherche et qui prétendent que, considérant le fort pourcentage (80-90 %) de leurs diplômés qui vont directement dans l'industrie, certaines concessions devraient être faites sur le plan des programmes de cours.

### CE QUE L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE PENSE DE LA FORMATION DES ÉTUDIANTS DU 1<sup>er</sup> cycle

#### Les évaluateurs

Un comité mis sur pied par P.J. Savage (Pan Canadian Petroleum Ltd.) et comprenant P.L. Gordy (Shell Canada Resources) et A.D. Baillie (Gulf Canada Ltd., à la retraite) a conçu un questionnaire qui a été expédié à 20 sociétés réputées représentatives de l'industrie. Dix-huit d'entre elles ont répondu. Cet échantillon comprend des multinationales et des entreprises indépendantes qui, ensemble, ont embauché 1 338 géologues et géophysiciens en 1979. La plus grande de ces firmes en a engagé 160, et la plus petite 13. Le tableau 3.3 présente des statistiques sur la formation universitaire des employés des sociétés participantes. Environ 30 % de ces scientifiques possèdent des diplômes avancés.

#### Les premiers choix des sociétés pétrolières

On a demandé aux sociétés répondantes d'évaluer la formation des étudiants en quête d'un baccalauréat, en fonction de leurs besoins, dans les universités qu'elles connaissaient le mieux. Quatorze des dix-huit compagnies ont répondu à cette question, les autres jugeant leur expérience insuffisante pour se livrer à une évaluation de ce genre. Les départements recevant moins de cinq mentions n'ont pas été inclus dans nos listes. Notre comité a décrété que les écoles obtenant au moins trois points de la part de cinq compagnies ou plus offraient à l'industrie un service très satisfaisant; elles sont énumérées ci-dessous. Plusieurs des universités qui ne sont pas mentionnées ici prodiguent aux étudiants une formation jugée au moins satisfaisante.

Université	Nbre de mentions	Moyenne de points
<b>Géologie</b>		
Calgary	13	3.7
Carleton	6	3.66
Manitoba	7	3.4
Alberta	11	3.3
Memorial	9	3.3
Queen's	9	3.3
McMaster	8	3.25
Waterloo	7	3.1
Saskatchewan	10	3.0
McGill	8	3.0

<b>Géophysique</b>		
Western Ontario	5	4.0
Saskatchewan	8	3.75
Colombie-Britannique	11	3.45
Calgary	9	3.3
Alberta	9	3.1
Queen's	6	3.0

Il ressort nettement de ces évaluations que les universités de l'Ouest sont généralement très bien considérées par l'industrie pétrolière. Nous sommes naturellement portés à supposer que ces universités ont fait des efforts particuliers pour concevoir leurs cours en fonction des besoins des plus gros employeurs de la région. Cette interprétation est d'ailleurs confirmée par les réponses données dans d'autres parties de notre questionnaire. Les universités de l'Est qui ont obtenu une cote élevée offrent toutes une formation dans des domaines propres à intéresser des sociétés pétrolières. En outre, chacune délègue un ou plusieurs scientifiques de leur personnel pour se rendre régulièrement à Calgary et se tenir au courant des activités dans le domaine de la recherche pétrolière.

Il vaut également la peine de souligner que trois des écoles de géophysique les mieux cotées (Saskatchewan, Calgary et Queen's) sont rattachées à des départements de géologie et deux d'entre elles (Queen's et Saskatchewan) décernent la plupart de leurs diplômes par l'entremise de la faculté du génie.

#### Le recrutement: situation actuelle et future

La plupart des grandes sociétés pétrolières, et quelques petites, préféreraient embaucher des personnes possédant un M.Sc. Elles prétendent qu'il n'y a pas suffisamment de candidats ayant atteint ce niveau et que, par conséquent, elles sont obligées d'engager des bacheliers. Ainsi que l'a souligné Baillie (1979), les sociétés se disputent actuellement les nouveaux diplômés et, compte tenu de l'absence de récompenses monétaires en faveur des personnes possédant un M.Sc., le bachelier est peu motivé, sur le plan matériel, à pousser plus loin ses études.

En 1978, nos 18 répondants ont embauché 140 nouveaux diplômés, ce qui représentait environ 11 % de leur personnel en place, et probablement entre la moitié et le tiers du nombre total de recrues; l'industrie, en effet, traverse actuellement une période de fort roulement du personnel. Moins de 25 % de ces nouveaux diplômés détenaient des grades supérieurs; ce pourcentage était de cinq points inférieur à la proportion de diplômés avancés dans le personnel déjà en place.

Nous avons demandé aux sociétés répondantes de faire des commentaires au sujet du recrutement de nouveaux

diplômés au cours des six prochaines années. La plupart se sont dit d'avis qu'elles en engageraient environ 10 % de plus pendant chacune des quatre prochaines années (1980-83), après quoi elles ramèneraient le taux d'embauche au niveau actuel.

Actuellement, presque tous les nouveaux diplômés embauchés sont des produits d'universités canadiennes. Quelques compagnies ont dû faire du recrutement à l'étranger, en dépit des obstacles à l'immigration, afin d'obtenir la qualité et le niveau de formation qu'elles recherchaient, surtout dans le cas des géophysiciens. Aux dires de la majorité des sociétés, l'effectif des départements de géologie est à peu près correct, bien que plusieurs aient prétendu qu'elles préféreraient engager des diplômés de meilleure qualité que ceux dont elles disposent présentement. Les compagnies ont été presque unanimes à dire qu'il existait une insuffisance, faible mais durable et sérieuse, de diplômés en géophysique.

#### Critiques au sujet de la formation

Nous avons retenu les six critiques qui ont été formulées le plus souvent au sujet des programmes d'enseignement au niveau du 1<sup>er</sup> cycle. Les voici par ordre d'importance:

- Les programmes mettent trop l'accent sur les roches dures et sur la recherche de minéraux métalliques, de sorte que les étudiants sont sursaturés de cours sur la pétrographie des roches ignées et métamorphiques, de même que sur les techniques magnétiques et gravimétriques, au détriment d'une formation adéquate en sédimentologie, en biostratigraphie et en sismologie. Cette critique s'adressait le plus souvent aux universités de l'Est.
- Une lacune générale dans les aptitudes à la rédaction technique.
- Les diplômés en géophysique formés par des départements de physique présentent généralement des faiblesses ou des lacunes en géologie, et une formation utile en géophysique fait trop souvent défaut chez les diplômés en géologie.
- Il y a insuffisamment de formation sur le terrain intégrée dans le programme d'études du 1<sup>er</sup> cycle, et le peu qui est donné survient fréquemment trop tôt dans le programme. Comme une bonne partie de la géologie pétrolière s'intéresse aux travaux souterrains, les compagnies jugent essentiel que les diplômés, lorsqu'ils entrent à leur service, aient acquis une connaissance des relations entre les roches grâce à une expérience dans des régions de bons affleurements superficiels.
- Les étudiants de beaucoup d'universités semblent manquer de connaissances dans le domaine de la géologie régionale.
- Bon nombre d'étudiants n'ont pas pris le temps ou n'ont pas eu l'occasion de réfléchir sur leur science dans son ensemble, ni d'établir de relations entre les cours. Cette critique n'a toutefois été formulée que par quelques-unes des grandes sociétés.

#### Recommandations en vue d'améliorer la situation

- Réduire les options permises pour les baccalauréats majeurs, de manière à trouver des périodes de temps qui pourraient servir à des cours fondamentaux tels

que travaux sur le terrain et rédaction de rapports techniques.

- Faire en sorte que les conseillers en carrières obtiennent la collaboration de représentants de l'industrie, afin que les professeurs et les étudiants soient au courant des véritables besoins de l'industrie.
- Rendre des cours en géologie structurale, en sédimentologie et en stratigraphie obligatoires pour les étudiants en géophysique.
- Permettre davantage aux étudiants d'étudier des cas modernes, comme des deltas et des bancs de roches carbonatées. (Nota: plusieurs écoles, tant dans l'Est que dans l'Ouest du pays, le font maintenant, certaines avec l'appui de l'industrie pétrolière.)
- Recourir à des histoires de cas dans l'enseignement de la géologie et de la géophysique pétrolières. Les travaux en laboratoire devraient comporter des exercices pratiques dans le domaine des interprétations de matériaux souterrains, à l'aide de diagraphies et de données sismiques.
- Plusieurs compagnies ont fait valoir la nécessité d'une année d'études supplémentaire pour l'obtention du baccalauréat. Cette prolongation de cours permettrait aux étudiants de rassembler les bribes d'information qu'ils recueillent dans divers cours et de recevoir une partie de la formation professionnelle qui fait actuellement défaut. Certains répondants ont fait savoir que des sociétés pétrolières devraient contribuer à financer cette année additionnelle pour leurs futurs employés.

Nous avons remarqué des différences notables dans les réponses des petites et des grandes compagnies. Les petites ont insisté pour que les établissements universitaires donnent une formation plus pragmatique, certaines considérant même comme "exotiques" des cours tels que la cristallographie. En revanche, les grandes sociétés ont semblé rechercher des diplômés possédant une solide connaissance de base sur les principes fondamentaux de leur science et aptes à bien raisonner. Bien entendu, les grandes entreprises ont pour la plupart des programmes de formation internes axés sur les aspects pragmatiques. Néanmoins, l'impression générale qui se dégage est que les compagnies pétrolières aimeraient voir une diminution du nombre d'options offertes aux étudiants et un accroissement de l'utilisation des histoires de cas dans les exercices en laboratoire.

## COMMENTAIRES DE L'INDUSTRIE DES MINÉRAUX

Nous avons sollicité les opinions de l'industrie des minéraux métalliques au sujet de la formation des étudiants du 1<sup>er</sup> cycle et de sujets connexes, grâce à un questionnaire établi et distribué par un membre de ce comité, P.L. Money, directeur régional de l'exploration à la société Texasgulf Inc. Parmi les 150 compagnies qui y ont répondu, il y avait des sociétés d'exploration de grande et de petite taille, des entreprises d'exploitation minière et des firmes d'experts-conseils. L'un de nous (J.E.A.) a préparé un résumé des réponses, qui est présenté dans l'appendice 3C du présent rapport. Nous y constatons qu'ensemble, ces compagnies ont engagé 1 210 géologues et géophysiciens diplômés, dont à peu près 30 % détenaient des grades supérieurs. Bien que le rapport du nombre de diplômés avancés au nombre de bacheliers soit presque le même que dans l'industrie pétrolière, il est intéressant de constater que leur répartition est davantage uniforme dans l'industrie des

minéraux; beaucoup d'employés des petites sociétés d'exploration minérale possédaient des maîtrises ou des doctorats, tandis que, dans l'industrie pétrolière, les titulaires de diplômes supérieurs étaient concentrés dans les moyennes et grandes entreprises. Les résumés présentés ci-dessous sont tirés essentiellement des réponses fournies par les 78 compagnies qui font de l'exploration et qui, ensemble, emploient 1 008 géoscientifiques.

## Écoles les mieux cotées

Nous avons demandé aux compagnies d'évaluer les universités qu'elles connaissaient bien, du point de vue de la formation des géoscientifiques. Quarante et une des 78 sociétés ont répondu à cette question. Sur une échelle de points où 2 correspondait à "satisfaisant" et 3 à "supérieur", 17 départements ont obtenu au moins cinq mentions donnant une note moyenne qui correspond à "satisfaisant" ou mieux. Les départements qui ont reçu les plus hautes notes sont les suivants:

Université Western Ontario	3.0
Université Memorial	2.8
Université de Waterloo	2.8
Université de Toronto	2.7
Université McGill	2.7
Université Queen's	2.6
Université Carleton	2.6

## Recrutement, préférences et offre

Les compagnies préfèrent pour la plupart engager des personnes possédant un B.Sc. spécialisé, un B.Sc.A. ou un M.Sc. Un grand nombre d'entre elles ont exprimé par écrit leur préférence pour des diplômés de programmes de génie ou pour des titulaires de M.Sc. La plupart ont déclaré qu'elles préféreraient engager des Canadiens, mais quelques-unes ont prétendu qu'elles devaient faire du recrutement à l'étranger. Aux dires de plusieurs, les diplômés britanniques et européens sont mieux formés que les Canadiens.

Une foule de répondants se sont dit d'avis qu'il y avait surabondance de diplômés dans une variété de disciplines de la géologie et de la géophysique. D'autres, au contraire, ont noté une pénurie de spécialistes, notamment en géophysique de l'exploration, en génie géologique et en géologie du Pléistocène.

## Critiques au sujet des programmes de formation

L'appendice 3C présente un bref compte rendu des critiques formulées par des sociétés d'exploitation minière et d'exploration minérale, ainsi qu'un large éventail de commentaires émis par les répondants. Nous parlerons ici de celles que nous jugeons les plus importantes; quelques-unes des critiques les plus courantes sont identiques à celles de l'industrie pétrolière.

- Les étudiants écrivent et s'expriment mal en anglais ou en français. En fait, l'inaptitude des étudiants à rédiger un rapport technique dans des termes clairs est la critique formulée le plus souvent à leur endroit.
- Étudiants et professeurs n'entretiennent pas un contact de base avec l'industrie, de sorte que la plupart d'entre eux ne connaissent rien des affaires, de la finance et, en particulier, de l'économie des minéraux.

- Le manque de formation dans des domaines techniques essentiels tels que les méthodes de cartographie, l'arpentage, le dessin, les techniques géophysiques et géochimiques et la diagraphie. Certains des répondants les plus pensants nous ont fait remarquer que les étudiants pourraient acquérir de la compétence dans ces domaines dans des collèges techniques ou durant les premiers mois de leur emploi. Néanmoins, il se sont dit d'avis qu'une formation de ce genre devrait être étroitement liée aux cours en sciences, de manière que les étudiants n'entrent pas dans l'industrie sans posséder toutes ces aptitudes fondamentales.
- Les programmes de cours insistent trop sur la théorie, la statistique et l'établissement de modèles sur ordinateur, au détriment des aspects de la science fondés sur l'expérience et l'observation...C'est comme construire le plus parfait des gratte-ciel sur un bloc de bentonite!
- On met trop l'accent sur la géologie locale, et on n'insiste pas assez sur les concepts régionaux. Très peu de nouveaux diplômés connaissent, ne serait-ce que vaguement, la géologie de ce qui se trouve à l'extérieur de leur province.
- La compartimentation excessive des études fait que les étudiants arrivent sur le marché du travail sans avoir appris à rassembler les divers éléments acquis en minéralogie, en pétrographie, en géologie structurale et en géologie économique.
- Certains sujets semblent être laissés pour compte: pétrographie élémentaire, cours sur le terrain en géologie structurale, géologie glaciaire (Pléistocène), et éléments de géochimie et de géophysique de l'exploration.

De nombreux répondants ont formulé des suggestions pour améliorer la formation des étudiants en quête d'un premier diplôme. Parmi ces commentaires, qui sont résumés dans l'appendice 2A, ceux qui nous ont paru les plus importants sont:

- Une formation à la rédaction et à la présentation orale de rapports techniques devrait faire partie intégrante de tout programme de cours en géologie et en géophysique. La qualité de l'anglais (ou du français) devrait être prise en compte dans la correction des examens et des travaux de cours. Nulle part on n'a reconnu les efforts des départements qui ont tenté de le faire.
- Des scientifiques de l'industrie des minéraux devraient être invités plus souvent à donner des exposés de nature particulière et des parties de cours ordinaires. (Cette pratique est plus courante que ne le croient beaucoup de gens de l'industrie; néanmoins, on y a recours dans moins d'un tiers des départements interrogés.)

D'aucuns ont fait valoir que toutes les personnes nommées en permanence à un poste de la faculté devraient posséder au moins cinq années d'expérience dans l'industrie. D'autres ont exprimé l'opinion selon laquelle les universités devraient songer à des échanges sabbatiques avec des scientifiques de l'industrie et du gouvernement.

- Les programmes de géologie et de géophysique devraient comporter au moins un cours en affaires et en finance, qui soit de préférence orienté vers les ressources non renouvelables.

- Il faudrait accorder plus d'importance aux cours sur le terrain et aux visites de mines en exploitation, et moins aux cours en laboratoire. Certains se sont dit d'avis qu'il faudrait obliger les étudiants à travailler au sein du gouvernement ou de l'industrie pendant une période pouvant aller jusqu'à six mois, avant de leur accorder leur diplôme. D'autres ont affirmé que l'alternance de périodes de cours et de périodes d'emploi, telle qu'elle est pratiquée à Waterloo, permettait aux nouveaux diplômés d'acquérir les compétences et l'expérience du travail sur le terrain dont ils avaient besoin.
- Il faudrait faire pression sur d'autres départements scientifiques, comme ceux de chimie, de physique et d'économie, pour qu'ils enseignent leurs matières d'une manière compréhensible et utile pour des géo-scientifiques.
- Certains répondants se sont dit conscients des lacunes de leur industrie; par exemple, beaucoup de compagnies affectent les nouveaux diplômés à des tâches de routine, au lieu de leur procurer des défis susceptibles d'entretenir leur intérêt. D'autres ont affirmé que les salaires et les conditions de travail offerts dans les industries de l'exploitation minière et de l'exploration ne se comparent pas favorablement à ce qui prévaut dans d'autres professions.

Nous vous avons donc transmis ce que nous considérons comme les critiques et les suggestions les plus importantes des industries de l'exploitation minière et de la recherche de minéraux. Elles renferment d'importants messages destinés à modifier les programmes de cours. Quelques-uns des commentaires inclus dans l'appendice 3C n'ont rien de constructifs, et certains procèdent d'une ignorance du rôle que doit jouer l'université dans les sciences de la Terre. Eux aussi ont leur importance, car ils témoignent d'un manque de communication, lacune que les universités et l'industrie devraient chercher à combler.

#### OPINIONS DES ORGANISMES PROVINCIAUX CHARGÉS DES SCIENCES DE LA TERRE

Les ministères provinciaux des mines et de l'énergie, de même que leurs homologues, ont toujours joué un rôle important dans la formation des bacheliers, en confiant à des étudiants des postes d'adjoint subalterne au sein des équipes de recherche itinérantes. Les nouveaux diplômés et les étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles y remplissent habituellement des fonctions d'adjoint supérieur; il arrive même que l'on confie la direction d'une équipe à des étudiants supérieurs.

Avec l'expansion récente des travaux d'arpentage au sein des organismes provinciaux, plus de 200 étudiants en baccalauréat sont embauchés chaque été d'un bout à l'autre du pays. La valeur de cette formation est très appréciée des futurs employeurs; certaines sociétés pétrolières ont mentionné des départements qui, en entretenant de bonnes relations avec des organismes provinciaux, ont pu produire constamment des étudiants bien entraînés aux techniques sur le terrain. Nous avons envoyé à des organismes provinciaux un questionnaire dans lequel nous leur demandions des renseignements sur la formation des bacheliers. Voici les réponses que nous avons obtenues:

- Les organismes provinciaux embauchent, pendant l'été, des adjoints subalternes qu'ils vont chercher parmi les

étudiants de leur propre province, n'allant à l'extérieur que lorsqu'ils ne peuvent combler leurs besoins à même leur clientèle étudiante. Bien que les vues de chacun des organismes interrogés ne s'appliquent qu'à une ou quelques-unes des universités locales, toutes les opinions ont présenté une similitude remarquable, ce qui nous laisse supposer que les besoins des commissions géologiques provinciales se ressemblent beaucoup d'un océan à l'autre.

- Tous ont jugé que le nombre disponible d'adjoints engagés pour l'été était suffisant. Tous ont trouvé qu'il n'y avait pas suffisamment de nouveaux diplômés, et la plupart ont dit qu'ils devaient s'adresser aux étudiants d'autres provinces pour recruter des adjoints supérieurs. (De toute évidence, les étudiants qui possèdent un peu d'expérience désirent explorer de nouveaux terrains.)
- Quatre des huit répondants ont souligné avec insistance que des cours en anglais technique et en rédaction de rapports étaient des éléments essentiels qui faisaient défaut dans la formation de la plupart des étudiants en baccalauréat.
- La plupart des répondants ont indiqué qu'à quelques exceptions près, la formation en classe et en laboratoire était satisfaisante. Plusieurs ont insisté sur le fait que l'intelligence et la motivation des étudiants étaient encore plus importantes que la formation, et que certains départements accueilleraient dans leurs rangs des étudiants plus doués et plus sérieux que d'autres, sans toutefois préciser de quels départements il s'agissait et pourquoi il en était ainsi. Voici les lacunes qui ont été relevées:
  - a) Manque de formation en classe et sur le terrain dans le domaine de la géologie du Quaternaire, qui suscite de plus en plus d'intérêt dans les provinces de l'Ouest (Alberta).
  - b) Manque de cours de géophysique, de géochimie et de géochronologie dans les programmes d'études du 1<sup>er</sup> cycle (Ontario).
  - c) Importance attachée aux grands concepts, au détriment de la cueillette de données de base et des applications des sciences (Nouveau-Brunswick).
- Les organismes provinciaux ont été unanimes à souligner les lacunes qui caractérisent la formation sur le terrain prodiguée dans les universités.

D'autres faiblesses ont été relevées dans les visites de mines en exploitation, dans l'apprentissage des méthodes géochimiques et géophysiques, ainsi que dans la cartographie des matériaux de surface. Un des répondants a parlé des irrégularités dans la formation prodiguée sur le terrain par l'université locale, où les spécialités des chefs d'équipe sont souvent mises en relief, au détriment d'autres disciplines.

- Deux des répondants ont fait valoir que les universités devraient mettre l'accent sur les principes fondamentaux des sciences de la Terre et dissuader les étudiants de se spécialiser (et, par conséquent, de limiter leurs possibilités d'emplois) au niveau du baccalauréat.

La principale critique des organismes provinciaux au sujet de la formation universitaire concernait l'insuffisance des projets réalisés sur le terrain sous supervision. La même doléance a été exprimée par des sociétés d'exploration

minérale et de pétrole. Il est donc clair que l'on incite fortement les départements des sciences de la Terre à améliorer et à allonger les périodes de formation sur le terrain. Cette critique présente un autre aspect intéressant: certains étudiants du 1<sup>er</sup> cycle nous ont dit que, s'ils travaillaient pour des commissions provinciales de leur région et sacrifieraient les séduisantes perspectives de salaires élevés et de voyages offertes par l'industrie, c'est que des professeurs leur avaient conseillé de considérer leur travail d'été comme faisant partie intégrante de leur formation universitaire. Or, si les départements prévoient des périodes de formation de ce genre pendant l'année universitaire, les étudiants seront-ils encore intéressés à travailler pour des organismes provinciaux pendant les mois d'été?

## COMMENTAIRES DES ORGANISMES FÉDÉRAUX

Le questionnaire soumis à des organismes fédéraux a été préparé avec l'aide de géoscientifiques du gouvernement, lesquels ont suggéré d'abolir les questions se rapportant à la formation des étudiants du 1<sup>er</sup> cycle en classe et sur le terrain. C'est pourquoi il nous est impossible de comparer les opinions des organismes fédéraux à celles des provinces à ce sujet.

Le plupart des organismes fédéraux nous ont dit qu'ils recrutaient des adjoints à la recherche sur le terrain et en laboratoire parmi les étudiants du 1<sup>er</sup> cycle des universités avoisinantes. S'il n'y a pas suffisamment de candidats, ils vont en chercher dans d'autres établissements. Cette pratique s'effectue conformément aux règlements de la Commission de la fonction publique. Le plus gros employeur, la (C.G.C.), a engagé 150 étudiants en baccalauréat pour travailler pendant l'été de 1979. La Direction de la physique du globe a embauché quelques étudiants du 1<sup>er</sup> cycle dans ses laboratoires d'Ottawa et de Victoria (Pat Bay). D'autres directions du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, du ministère de l'Environnement et du ministère des Affaires indiennes et du Nord emploient aussi régulièrement des étudiants en sciences de la Terre pendant l'été.

Une des divisions de la C.G.C. a fait des commentaires sur le manque de formation dans le domaine du Quaternaire dans la plupart des programmes de cours du 1<sup>er</sup> cycle. Une autre a affirmé que, selon son expérience, la formation prodiguée au Canada se situait bien au-dessus de la moyenne mondiale. Une troisième, celle qui emploie le plus d'adjoints à la recherche sur le terrain, s'est dit d'avis que la qualité des étudiants est bonne et qu'elle s'améliore d'année en année.

## RECOMMANDATIONS POUR CORRIGER LES LACUNES RELEVÉES PAR L'INDUSTRIE ET LE GOUVERNEMENT

La plupart des départements de moyenne et de grande taille offrent, au niveau des études de baccalauréat, un large éventail de programmes et une énorme variété de cours. Dans les programmes les moins exigeants (le diplôme sans mention de spécialisation), cette diversité a probablement du bon, puisqu'elle permet aux étudiants qui envisagent une carrière dans une autre profession (comme l'enseignement, les ressources, le droit, l'économie des minéraux) de choisir des cours à la mesure de leurs besoins. À l'autre extrémité du spectre, toutefois, elle a malheureusement eu tendance à favoriser la spécialisation au début des études et à réduire la souplesse et les options offertes aux diplômés. À tort ou à raison, on a dit que le nombre de cours au niveau du 1<sup>er</sup> cycle s'était accru, non pas en fonction de besoins perçus, mais plutôt en fonction des diverses spécialités de nouveaux membres du corps professoral. Afin d'intégrer ces cours

additionnels dans les programmes universitaires, on a réduit l'importance de beaucoup de cours traditionnels et éliminé des cours fondamentaux en chimie, en physique et en mathématiques. D'après les commentaires des principaux employeurs, il vaudrait mieux retourner à un enseignement plus structuré, qui mette l'accent sur les principes fondamentaux des sciences de la Terre et sur les cours en sciences auxiliaires. En outre, ils ont fait valoir la nécessité d'un apprentissage des techniques de base comme la rédaction de rapports, l'arpentage, le dessin, la cartographie et la diagraphie, qui pourraient être entremêlées de cours en laboratoire et sur le terrain. Les deux approches qui nous semblent le mieux satisfaire ces besoins sont les programmes de coopération et les programmes de génie, qui sont appréciés de l'industrie et intéressent de plus en plus d'étudiants. Lorsque ces programmes ne sont pas réalisables, et même lorsqu'ils sont déjà en vigueur, nous croyons que les chefs de départements devraient songer sérieusement à mettre en application les recommandations suivantes:

Nous recommandons d'ajouter une année à la période de formation des étudiants qui aspirent à la profession de géologue. Cette année supplémentaire permettrait à l'étudiant de rassembler et de mettre en relation les matières apprises au cours des quatre premières années, ainsi que de développer des compétences particulières et des aptitudes à la solution des problèmes dans une spécialité donnée.

Nous recommandons que les départements de géologie et de géophysique introduisent, rétablissent ou raffermissent la rédaction d'une thèse poussée au cours de la dernière année des programmes d'études menant à des baccalauréats majeurs et spécialisés.

Nous recommandons que des cours sur le terrain fassent partie intégrante de chacune des années des programmes d'études en géologie et en géophysique au niveau du 1<sup>er</sup> cycle. Les départements devraient consulter des entreprises industrielles et des organismes provinciaux au sujet de la planification, du prêt d'équipement et de l'aide bénévole à l'enseignement sur le terrain.

Nous recommandons d'introduire des exposés sur la rédaction technique à tous les niveaux des études de baccalauréat, de préférence dans des cours qui exigent des rapports écrits, par exemple les séances sur le terrain, et que ces exposés soient donnés de préférence par des gens qui ont fait leur preuve à titre de rédacteurs ou de correcteurs scientifiques.

Nous recommandons que tous les départements de géologie et de géophysique recourent périodiquement aux services de scientifiques du gouvernement et de l'industrie, pour se faire aider dans la planification et la révision des programmes de cours du 1<sup>er</sup> cycle, et invitent des spécialistes de ces domaines à donner une série d'exposés dans le cadre de cours qui s'y prêtent, suivant l'exemple de plusieurs départements de géologie, comme ceux des universités de Calgary et de Toronto. En outre, nous conseillons à ces départements de diffuser largement l'annonce de cette participation de l'extérieur.

## ÉVALUATION DE GENS DE L'EXTÉRIEUR

Il fut un temps où des enseignants étrangers, en particulier des Américains, étaient dans une situation idéale pour évaluer la qualité de notre formation au niveau du 1<sup>er</sup> cycle. En effet, la plupart des étudiants canadiens qui poursuivaient leurs études s'en allaient dans des universités américaines. Cette situation s'est transformée peu à peu au cours des années 1960, de sorte qu'aujourd'hui, rares sont les

étudiants qui s'expatrient pour entreprendre des études supérieures (C.C.E.S.D., 1978). Nous avons demandé à des distingués scientifiques d'autres pays d'évaluer les efforts, en particulier la recherche, qui se font au Canada dans le domaine des sciences de la Terre. Plusieurs d'entre eux ont bien voulu formuler des commentaires sur la formation que les universités canadiennes prodiguent aux étudiants du 1<sup>er</sup> cycle, en se basant sur les souvenirs qu'ils en ont ou encore sur une expérience plus récente qu'ils ont vécue au Canada à titre d'experts-conseils et de visiteurs. Nous reproduisons ici quelques-uns de ces commentaires qui, bien que hors contexte, méritent notre attention en raison de leur diversité.

"En ce qui a trait à la formation pratique, je crois que le dossier canadien est entaché de lacunes. Il fut un temps où l'enseignement du 1<sup>er</sup> cycle était remarquable, où l'expérience, la formation et l'effort scientifique étaient dosés à la perfection. Maintenant, beaucoup d'étudiants semblent ne rechercher que les crédits nécessaires à l'obtention d'un diplôme et attachent peu d'importance au contenu intellectuel de leur sujet. Cette attitude, je suppose, est motivée par la politique de l'industrie qui est d'engager n'importe quel diplômé, mais elle est également entretenue par les universités, qui baissent leurs normes et font passer des étudiants faibles là où ils auraient dû échouer. (Je signale néanmoins que ce problème est généralisé dans tout le monde occidental à l'heure actuelle)...mais je puis dire qu'au cours des dernières années, j'ai été impressionné par le rendement de certains étudiants en baccalauréat des universités de la Colombie-Britannique, de Toronto et de Queen's."

- Enseignant de Yale

"Si certains de mes meilleurs étudiants étaient canadiens, c'est que les jeunes de ce pays ont eu l'occasion d'acquérir une expérience pratique qu'il est difficile de trouver ailleurs..."

- Enseignant à Johns Hopkins

"Si j'étais étudiant, je devrais m'attendre à obtenir une aussi bonne formation au Canada que n'importe où ailleurs, voire une meilleure formation que dans beaucoup d'universités des États-Unis et d'Europe. Les universités Memorial, Queen's, McMaster et Western, de même que l'École polytechnique, offrent tous des cours excitants..."

- Scientifique du Geological Survey du Groenland

## CONCLUSIONS

Les études du 1<sup>er</sup> cycle en géologie et en géophysique dans les universités canadiennes ne se sont probablement jamais portées aussi bien. Près de 2 800 étudiants suivent des cours majeurs, des cours spécialisés ou des cours de génie en géologie et en géophysique. Cette forte clientèle étudiante se maintient depuis plusieurs années et, pour une fois, coïncide avec une période de forte demande. Des facultés ont été constituées pour limiter la taille des départements, de sorte que l'on a actuellement une moyenne de six étudiants majeurs pour un professeur, ce qui constitue un rapport confortable. Dans beaucoup d'écoles, les enseignants sont d'avis qu'ils reçoivent des étudiants plus doués que jamais auparavant. À de nombreux endroits, et de bien des façons, les barrières entre la géologie et la géophysique disparaissent, et ces disciplines ne sont plus les domaines solitaires qu'elles étaient il y a dix ans.

La situation est favorable, mais nous sommes encore loin de la perfection. La plupart des étudiants du 1<sup>er</sup> cycle s'inscrivent en géologie ou en géophysique à la suite de contacts qu'ils ont après leur arrivée à l'université, étant donné que même les étudiants des collèges qui sont doués et qui s'orientent vers les sciences sont peu au courant des

perspectives de carrières dans le domaine des sciences de la Terre. L'augmentation de la taille des facultés ne s'est pas faite au même rythme que la croissance de l'effectif étudiant, et plusieurs départements de géologie bien connus dont le rapport étudiants-professeurs se situe au-dessus de la moyenne nationale ont dû restreindre leurs inscriptions. D'autres devraient emboîter le pas s'ils s'apercevaient que la qualité diminue au profit de la quantité. Malgré une demande de géophysiciens diplômés qui est soutenue et que l'on ne parvient pas à satisfaire entièrement, nos grandes écoles de recherche en géophysique continuent à n'intéresser à leurs programmes que quelques étudiants du 1<sup>er</sup> cycle. Une plus grande interaction avec les départements de géologie pourrait apporter une solution au problème. Les sociétés privées, les organismes provinciaux et les étudiants formulent des critiques au sujet des programmes de cours de beaucoup de départements de géologie et de géophysique. Tantôt, leurs commentaires procèdent d'une ignorance du rôle de l'université; tantôt, ils sont justifiés par l'existence de programmes qui ont été remaniés en fonction des intérêts particuliers des enseignants qui font de la recherche. De

toute évidence, une meilleure communication entre universités et employeurs s'impose. La possibilité d'ajouter une année à la période requise pour l'obtention d'un diplôme mérite également que l'on s'y attarde. Enfin, plus qu'au cours de toute autre période d'abondance d'emplois que la profession a connue, les meilleurs étudiants entrent dans des sociétés minières et pétrolières dès qu'ils ont obtenu leur diplôme. L'important noyau d'étudiants dont l'intérêt pour des études universitaires avancées surpassait les considérations économiques immédiates a disparu. Si l'on n'y fait pas attention, cette tendance pourrait avoir des effets néfastes et durables sur les études supérieures, la recherche et l'innovation dans les sciences de la Terre au Canada.

Nous avons parlé de ces lacunes, et d'autres aussi, puis nous avons proposé certains remèdes. Les problèmes viennent de la croissance de l'effectif d'étudiants du 1<sup>er</sup> cycle en géologie et en géophysique, elle-même attribuable à l'activité sans précédent qui règne dans ces sciences.

**TABLEAU 3.1**  
**NOMBRE D'ÉTUDIANTS INSCRITS: RAPPORT ÉTUDIANTS/PROFESSEURS; DIPLÔMES ACCORDÉS**

Département	1978-1979			1979-1980			1979	
	Nombre d'enseignants	Étudiants non diplômés	étudiants/professeurs	Membres du corps professoral	Étudiants non diplômés	Rapport étudiants/professeurs	Diplômes Bacca lauréats ès sciences	accordés Bacca lauréats ès sciences appliquées
Acadia, géologie	5		13.60	5	74	14.80	4	-
Alberta, géologie	20	99	4.95	20	88	4.40	38	
Alberta, géophysique	10	13	1.3	10	16	1.60	5p	-
Brandon, géologie	3	15	5.00	3	18	6.00	3	-
Colombie-Britannique, géologie	23	146	6.35	23	176	7.65	21	15
Colombie-Britannique, géophysique	8	41	5.12	8	49	6.12	6p	1p
Brock, sciences géologiques	9	52	5.80	9	48	5.33	9	-
Calgary, géologie et géophysique	23	197	8.52	23	201	8.74	31+7p	-
Carleton, géologie	16	103	6.44	16	79	4.94	26	
Concordia, géologie	7	42	6.00	7	56	8.00	14	
Dalhousie, géologie	12.5	65	5.20	12.5	68	5.44	20	
École Polytechnique, génie minier	16	89	5.53	14	80	5.70	-	20+4p
Montréal, géologie	12	57	4.75	12	86	7.16	12	-
<sup>2</sup> Guelph, sciences des ressources terrestres	3	9	3.00	3	9	3.0	3	-
Lakehead, géologie	8	43	5.37	7.5	39	5.20	9	-
Laurentienne, géologie	8.5	21	2.47	8.5	19	2.25	8	-
Laval, géologie	13	156	12.00	13	166	12.77	13	28
Manitoba, science de la Terre	15	107	7.14	15	125	8.33	29+3p	6
McGill, sciences géologiques	15	59	3.93	15	71	4.60	21+1p	-
McMaster, géologie	12	61	5.08	13	63	4.85	20	-
Memorial, géologie	20	70	3.50	20	82	4.10	13	
Memorial, géophysique	6	5	.83	6	6	1.00	2p	
Mount Allison, géologie	4	16	4.00	4	18	4.50	4	
Nouveau-Brunswick, géologie	12	43	3.58	12	32	2.66	14	
Ottawa, géologie	10	31	3.10	10	46	4.6	12	
<sup>1</sup> Québec-Chicoutimi, sciences de la Terre	9(?)	57(?)	6.33	9(?)	57(?)	6.33	-	15(?)
Québec-Montréal, sciences de la Terre	11	125	11.36	11	147	13.37	29	
Queen's, sciences géologiques	21	143	6.86	19.5	181	10.30	31	11+4p
Régina, sciences géologiques	7	21	3.00	7	16	2.28	7	-
St-Francis-Xavier, géologie	3	21	7.00	3	20	6.66	6	-
St. Mary's, géologie	4	30	7.50	4.5	31	7.00	6	-
Saskatchewan, sciences géologiques	16	88	5.50	16	101	6.31	12+1p	5+5p
Toronto, géologie	27	198	7.33	28	206	7.36	20	9
Toronto, géophysique	9	7	0.77	9	14	1.55	2p	-
<sup>2</sup> Victoria, géophysique	4	NA		4	NA		NA	NA
Waterloo, sciences de la Terre	21	154	7.33	21	148	7.05	23	-
Western Ontario, géologie	14	66	4.71	14	55	3.93	22	-
Western Ontario, géophysique	7	21	3.00	7	24	3.43	5p	
Windsor, géologie	10	39	3.90	10	60	6.00	5	3
<sup>2</sup> York, sciences de la Terre et sciences environnementales	4	28	7.00	4	43	10.75	4p	
<b>TOTAL</b>	<b>458</b>	<b>2606</b>	<b><sup>3</sup>-</b>	<b>456.5</b>	<b>2818</b>	<b><sup>3</sup>-</b>	<b>485 +36p</b>	<b>112 +14p</b>

<sup>1</sup> Toutes les données ont été fournies par les chefs de départements, sauf pour Chicoutimi où les chiffres ont été extrapolés à partir des statistiques de 1977-1978 de l'I.C.M.M.

<sup>2</sup> Les sous-sections géoscientifiques des universités Guelph et York font partie d'autres départements qui accordent aussi des diplômes dans d'autres domaines. L'université de Victoria n'accorde pas de diplômes aux étudiants spécialisés en géophysique bien que des géophysiciens y enseignent et que certains étudiants diplômés y travaillent en qualité de géophysiciens.

<sup>3</sup> Rapport national d'étudiants/professeurs en 1978-1979 = 5,7; en 1979-1980 = 6,2.

TABLEAU 3.2  
COURS DE GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE OFFERTS DANS TRENTÉ  
DÉPARTEMENTS GÉOSCIENTIFIQUES

Nom du cours	Obligatoire	Recommandé	Facultatif	Non offert
Gîtes de miné- raux métalliques (souvent appelé géologie économique)	10	9	10	1
Minéraux industriels	--	--	--	30
Charbon	--	--	5	25
Pétrole/Gaz/Charbon	4	8	10	8
Géophysique appliquée	5	10	6	9
Géochimie appliquée	2	8	6	14
Utilisation des minéraux	--	--	1	29
Minéralogie des minerais (et métallographie)	--	--	4	26
Exploration minérale	1	2	1	26
Économie des minéraux	--	--	2	28
Ressources naturelles comptables	--	--	1	29
Géologie des combustibles nucléaires	--	1	--	29

TABLEAU 3.3  
QUALIFICATIONS UNIVERSITAIRES DES GÉOLOGUES ET GÉOPHYSICIENS  
EMPLOYÉS PAR LES SOCIÉTÉS PÉTROLIÈRES QUI ONT RÉPONDU  
À NOTRE QUESTIONNAIRE, EN 1979

Nom de la société	Géologues			Géophysiciens			Autres	TOTAL
	B.Sc.	M.Sc.	PhD.	B.Sc.	M.Sc.	PhD.		
Aquitaine	18	10	4	14	3	2		51
BP Canada	21	10	7	7	2	-	1	
Canadian Superior	25	3	3	18	1	-		50
Chevron Standard	36	11	7	30	21	0		105
Esso Resources (Can.)	43	16	5	45	10	1		120
Gulf Resources (Can.)	58	21	10	52	13	6		160
Home Oil	22	11	3	10	1	-		47
Hudson Bay Oil & Gas	46	14	6	32	3	-		101
Kaiser Oil	18	-	-	4	-	-	1	23
Mobil Oil (Can.)	30	19	2	37	4	1		93
Norcen	24	4	2	6	-	-		36
PanCanadian Petroleum	32	5	1	14	1	1		54
PetroCanada	52	15	17	43	13	4	2	146
Petrofina Canada	9	2	-	1	1	-		13
Shell Resources	55	22	10	23	17	8	1	136
Sun Oil	13	1	-	6	2	-		22
Texaco Canada	18	13	2	16	6	-		55
Union Oil (Can.)	33	14	4	19	6	2		78
	553	191	83	377	104	25	5	1338

#### 4. ÉTUDES SUPÉRIEURES

*All graduate students need to find themselves on the frontier in some sense. They must catch the excitement of something lost behind the ranges.*

Bonneau and Corry, 1972

##### IMPORTANCE

La plupart des gens qui ont contribué à l'essor de la théorie des sciences de la Terre au cours de ce siècle, et nombre de ceux qui ont su comprendre les nouvelles découvertes et les appliquer à des problèmes canadiens sont des scientifiques qui ont choisi de demeurer à l'université, ou d'y retourner, pour faire des études supérieures. En outre, presque tous les enseignants doivent au moins avoir acquis une formation supérieure pour être admis à des postes universitaires. Si l'on admet la nécessité de toujours mieux comprendre la composition et la structure de notre vaste territoire, et celle d'apprendre à d'autres à en exploiter intelligemment les ressources, il faut alors reconnaître que de bons programmes d'études supérieures sont de règle dans nos départements de géologie et de géophysique, et l'on se doit d'encourager nos plus brillants diplômés à s'y inscrire.

Si l'on constate des divergences de vues marquées quant à l'importance de la recherche dans l'enseignement du premier cycle, on s'accorde généralement pour dire qu'au niveau des études postérieures au baccalauréat, enseignement et recherche vont de pair. Ainsi que l'affirment Bonneau et Corry (1972): "Nul doute que beaucoup de chercheurs travailleraient mieux et plus vite sans la distraction apportée par l'enseignement au niveau du baccalauréat, pourvu qu'une aide suffisante leur soit apportée. Cependant, la participation des étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles à la recherche est axiomatique. Il va également de soi qu'il devrait s'agir d'une recherche fortement de pointe. Tous les étudiants inscrits à des programmes supérieurs ont besoin, d'une certaine façon, de se retrouver à la frontière des connaissances. Ils doivent ressentir l'excitation procurée par l'impression qu'il y a quelque chose de l'autre côté de la montagne."

##### PROGRÈS ET ÉTAT ACTUEL

Les études supérieures ont acquis une importance croissante dans nos départements de géologie et de géophysique depuis une vingtaine d'années. Anciennement, seules l'université McGill et l'université de Toronto formaient un nombre important de géoscientifiques au Ph.D., et la plupart des Canadiens qui aspiraient à un doctorat devaient s'expatrier. Pendant nombre d'années, les sciences de la Terre ont accusé du retard sur d'autres disciplines universitaires au niveau des études supérieures (Stearn, 1968). Cette situation est probablement due au fait qu'à cette époque la recherche était rattachée en majeure partie aux activités des gouvernements et des sociétés minières sur le terrain (voir le chapitre 5). L'énorme intensification de la recherche universitaire par suite de l'avènement des subventions du Conseil national de recherches du Canada (C.N.R.C.) et la croissance du personnel des départements de géologie et de géophysique au cours des années 60 ont rapidement multiplié l'effectif des programmes d'études supérieures. En l'espace de cinq ans (Blais et autres, 1971; tableaux 11.36, 11.39, 11.40), le nombre d'étudiants inscrits à ces cours a doublé, de sorte qu'en 1968-69, on comptait 684

inscriptions à des programmes d'études supérieures, soit 332 étudiants en maîtrise et 217 en Ph.D. dans le domaine de la géologie, et 72 étudiants en maîtrise et 63 en Ph.D. en géophysique. Cette croissance rapide, doublée d'une forte demande d'étudiants diplômés, a probablement contribué à atténuer les conditions d'admission en sciences de la Terre comme dans d'autres disciplines (Bonneau et Corry, 1972). Cette situation a également donné lieu à une arrivée massive d'étudiants étrangers, si bien qu'en 1968-69, ceux-ci représentaient 44% de tous les étudiants diplômés en géologie et en géophysique; dans plusieurs universités, ils étaient même en majorité. Cette expansion rapide a également bouleversé l'équilibre entre le nombre d'étudiants du 1<sup>er</sup> cycle et le nombre d'étudiants supérieurs; en fait, il y avait à peine deux fois plus d'étudiants du 1<sup>er</sup> cycle que d'étudiants titulaires d'un baccalauréat inscrits en géologie, et l'inverse en géophysique. Blais et autres (1971) ont relevé une autre anomalie, à savoir le faible taux d'obtention de maîtrises et, en particulier, de Ph.D. Par exemple, en 1969, les universités n'ont accordé que 28 Ph.D. en géologie par rapport à un effectif de 217 étudiants cette année-là et de 157 étudiants trois ans plus tôt. Ces données laissent supposer que le taux d'abandon ou d'échec est élevé, et que l'obtention d'un grade de ce genre réclame une somme de temps démesurée.

Le taux d'accroissement de l'effectif s'est quelque peu stabilisé dans les années 70, le nombre d'inscriptions ayant augmenté de 30 % en l'espace de dix ans. En 1978-79, on comptait 969 étudiants inscrits à des programmes d'études supérieures, soit 278 Ph.D. et 579 maîtrises en géologie, et 54 Ph.D. et 58 maîtrises en géophysique (tableau 4.3). En 1979, les universités ont décerné 51 Ph.D. et 140 maîtrises en géologie, ainsi que 8 Ph.D. et 12 maîtrises en géophysique (tableau 4.1).

Le rapport du nombre d'étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles au nombre d'étudiants du 1<sup>er</sup> cycle est actuellement de l'ordre de 1/3 en géologie et de 1/1,5 dans l'autre discipline. En raison de l'accroissement du nombre d'étudiants canadiens qui possèdent déjà un baccalauréat, mais aussi à cause des restrictions imposées à l'immigration tant chez nous qu'à l'étranger, le pourcentage d'étudiants supérieurs non canadiens a diminué de 44 à environ 30 %. D'après la majorité des chefs de département interrogés, les conditions d'admission sont appliquées avec beaucoup plus de rigueur qu'il y a dix ans, et il faut généralement avoir obtenu un bon baccalauréat avec spécialisation de deuxième classe (ou l'équivalent) d'une université reconnue pour accéder à des programmes d'études supérieures.

Dans plus de la moitié de nos universités, le département de géologie est, de tous les départements scientifiques, celui qui compte le plus d'inscriptions à des études supérieures. Bien que la croissance de 30 % en dix ans s'explique en partie par l'entrée en scène de nouveaux départements comme celui de l'université de Waterloo (tableau 2.1, tableau 3.1), dont l'effectif, jadis presque nul, compte maintenant parmi les plus élevés au pays, nombre de départements plus anciens, tels que ceux des universités de Toronto, Western Ontario et Queen's ont poursuivi leur croissance soutenue, malgré une baisse des inscriptions dans d'autres sciences de la Terre.

Dans la plupart des départements, le nombre d'étudiants du 1<sup>er</sup> cycle dépasse largement le nombre d'étudiants supérieurs. Toutefois, les effectifs des deux niveaux sont à peu près égaux en géophysique à l'université de l'Alberta, de même qu'en géologie aux universités McGill et Western Ontario. Ce n'est qu'à l'université de Toronto, en géophysique, que les seconds sont en nombre supérieur aux premiers.

Après une accession plutôt tardive aux études supérieures et des efforts non entièrement couronnés de succès pour prendre de l'importance et devenir productifs presque du jour au lendemain, les départements canadiens de géologie et de géophysique semblent avoir atteint une période de croissance lente et stable, où l'on renforce les normes de rendement.

Des problèmes subsistent néanmoins. La récente hausse du nombre d'emplois offerts fait hésiter la plupart de nos meilleurs étudiants à poursuivre des études avancées et détourne vers le marché du travail une bonne partie des étudiants déjà inscrits à des programmes d'études supérieures. En outre, la législation de l'immigration est telle qu'il devient de plus en plus difficile d'attirer au Canada et d'aider des étudiants étrangers; aussi, une diminution de l'effectif semble-t-elle imminente. La durée moyenne des études menant à une maîtrise ou à un Ph.D., toujours longue par rapport à d'autres pays, augmente encore et pourrait expliquer en partie le grand nombre d'abandons enregistrés dans des programmes d'études supérieures. Dans certains départements, les étudiants supérieurs se plaignent de la rigidité des conditions d'étude et du manque d'encadrement. Les scientifiques de l'extérieur des milieux universitaires déplorent, pour leur part, le manque d'innovation et la lenteur avec laquelle les programmes d'enseignement supérieur répondent à des besoins nationaux. En dépit d'une grande augmentation de l'effectif des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles, le pourcentage d'étudiants qui obtiennent leurs grades les plus élevés d'une université canadienne est moindre qu'il y a dix ans. L'industrie conteste l'utilité de la formation dans certains établissements d'études supérieures et des membres de facultés déplorent le manque d'appui de l'industrie en faveur des programmes qui y sont offerts.

Dans le reste de ce chapitre, nous parlerons de ces difficultés et d'autres problèmes posés par les études supérieures en géologie et en géophysique.

## LES EXIGENCES DES PROGRAMMES D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

Nos départements de géologie et de géophysique décernent deux grades universitaires supérieurs: la maîtrise, qui réclame des connaissances dans un ensemble précis de spécialités et une aptitude manifeste à résoudre des problèmes, et le doctorat, qui exige une vaste connaissance des principes fondamentaux de la science et la réalisation d'une recherche de pointe et originale.

### La maîtrise

En géologie ou en géophysique, la maîtrise peut être ès arts, ès sciences ou ès génie, selon la faculté ou les facultés auxquelles le département est rattaché. Le diplôme pourra donc être un M.A., un M.Sc., une M.Sc.A. ou une M.Eng., dépendamment des traditions de l'université qui le décerne. Le grade de maître en sciences appliquées (M.Sc.A.) n'est habituellement accordé qu'à un candidat qui possède un premier diplôme en génie ou en sciences appliquées, même si le programme d'études et la thèse ne sont peut-être pas plus

pragmatiques que ceux d'un étudiant qui peut obtenir un M.Sc. ou un M.A. de la même université. Dans la suite du texte, nous désignerons toutes les maîtrises sous le nom de M.Sc.

Pour être admis à un programme d'études supérieures, l'étudiant doit au moins posséder un bon B.Sc. de deuxième classe en géologie ou en géophysique. En général, les départements de géophysique acceptent également des étudiants titulaires de diplômes dans des disciplines connexes, comme les mathématiques, le génie électrique et la physique. Les départements de géologie sont moins enclins à le faire, quoique quelques-uns d'entre eux accueillent maintenant des étudiants titulaires de grades avec spécialisation en biologie, en chimie, et dans certaines branches du génie. Comme les rapports entre la géologie et d'autres sciences se font de plus en plus nombreux, davantage de départements devraient peut-être étendre à d'autres disciplines le recrutement d'étudiants supérieurs.

On demande généralement à l'étudiant de suivre trois cours qui durent une année universitaire complète (ou six cours à durée déterminée), et de rédiger une thèse. De nombreux départements ont réduit cette exigence à deux cours d'une année. Toutefois, il n'est pas rare que des étudiants doivent parfaire leurs études du 1<sup>er</sup> cycle, notamment lorsqu'ils changent d'université pour entreprendre le programme menant à un M.Sc. En outre, de nombreux étudiants sont sollicités ou choisis pour assister, à titre d'observateurs, à des conférences portant sur des sujets pertinents, souvent dans d'autres disciplines, ce qui constitue pour eux un outil de recherches. Dans quelques domaines particuliers, tels que l'exploration minérale, la géochimie appliquée et la géologie environnementale, certaines universités comme McGill, Queen's, l'université de Toronto et l'université de Waterloo ne décernent un diplôme qu'en fonction des résultats des cours. Certains de ces programmes sont conçus expressément pour des gens de l'industrie qui désirent parfaire leurs connaissances. Dans des cas de ce genre, il faut deux années universitaires complètes pour terminer dix cours ou plus d'une durée d'un an. Le M.Sc. normalement accordé dans les écoles canadiennes est un diplôme avec thèse. Les étudiants qui s'y inscrivent doivent fréquenter l'université pendant au moins une année (sans doute le temps nécessaire pour compléter les travaux de cours) et ces programmes ont ceci en commun que personne ne semble jamais en avoir terminé un dans ce laps de temps. L'obtention d'un M.Sc. avec thèse réclame en moyenne environ trois années universitaires complètes. La durée maximale est habituellement de quatre ans, mais des prolongations sont souvent accordées.

Les normes de ces programmes varient quelque peu. Dans de nombreux départements, surtout ceux qui s'orientent vers la recherche de pointe, la thèse de M.Sc. consiste en une recherche volumineuse dont les résultats finissent par paraître, en totalité ou en partie, dans des publications internationales. Plusieurs de ces thèses sont soumises à l'évaluation de lecteurs étrangers, et les membres des facultés qui ont rencontré de nos comités ont été fiers de nous dire que, d'après les réactions de ces lecteurs, les thèses de M.Sc. répondaient souvent aux normes appliquées aux doctorats d'ailleurs. À l'autre extrémité du spectre, on trouve des départements dont les étudiants produisent des travaux descriptifs, qui ont un intérêt essentiellement local et qui sont rarement publiés, sauf peut-être dans des rapports préliminaires de gouvernements ou, sous forme de notes, dans des revues commerciales. Toutefois, en dépit de ces différences, les M.Sc. en sciences de la Terre sont assujettis à des exigences minimales qui les distinguent nettement des maîtrises accordées dans d'autres facultés scientifiques et d'un bon nombre de grades décernés à l'étranger. Au Canada,

le diplôme atteste généralement la capacité de l'étudiant de faire une analyse critique de quelques-uns des principes fondamentaux de notre science, de même que d'entreprendre et de mener à terme un projet de recherche.

Dans certaines universités anglaises et irlandaises, les maîtrises s'obtiennent simplement en versant un droit quelques années après l'obtention du baccalauréat. Dans beaucoup d'universités importantes des États-Unis, ce grade est considéré comme une étape vers l'obtention du doctorat, ou encore comme un prix de consolation décerné aux étudiants incapables de franchir le cap du doctorat. Certains départements scientifiques d'universités canadiennes ont emboîté le pas aux États-Unis, en reléguant la maîtrise au rang de tremplin pour des études de Ph.D. (Bonneau et Corry, 1972). Néanmoins, nos départements de géologie et de géophysique ont rompu avec les traditions, celles-ci ayant été établies bien avant que la plupart d'entre eux n'intègrent des études de Ph.D. dans leurs programmes de cours. En effet, la maîtrise constitue en soi un but recherché, et elle est hautement respectée par certains groupes d'employeurs, pour qui elle atteste une grande aptitude à résoudre des problèmes scientifiques.

### Le doctorat

Vingt départements de géologie d'universités canadiennes décernent des doctorats en géologie, et six d'entre eux en accordent également en géophysique (tableau 2.1). De plus, sept départements de géophysique (ou sections de départements de physique) offrent des doctorats. Le grade décerné est celui de docteur en philosophie ou, dans sa forme abrégée, Ph.D. Le doctorat est sciences, ou D.Sc., est habituellement un grade honorifique au Canada, mais au moins une université canadienne, soit celle de la Saskatchewan, imite ses homologues britanniques en décernant des D.Sc. à d'anciens diplômés qui ont publié un volume important de travaux dans leurs spécialités.

Les conditions d'obtention d'un Ph.D. sont à peu près les mêmes dans tout le Canada. Les candidats doivent démontrer qu'ils possèdent une profonde connaissance de leur domaine d'étude général et qu'ils sont capables de porter un jugement critique sur des concepts établis de longue date, de même que sur les plus récentes contributions apportées aux spécialités qui se rapprochent le plus de leurs domaines d'intérêt. Ils doivent pour cela exécuter des travaux dans le cadre de cours, participer à des séances d'études et subir des examens d'entrée ou de connaissances spécialisées oralement et par écrit, et réussir le tout avec distinction. Enfin, les candidats qui franchissent ces étapes doivent rédiger des thèses basées sur des recherches originales, qui représentent une précieuse contribution à l'élargissement des connaissances. Les résultats de ces travaux doivent avoir une qualité telle qu'ils pourraient être publiés en totalité ou en partie.

Les conditions d'admission à des études de Ph.D. varient légèrement d'une université à l'autre. Quelques départements accepteront un étudiant titulaire d'un baccalauréat de première classe, si d'anciens professeurs le recommandent fortement. D'autres exigent que l'étudiant s'inscrive d'abord à un programme de maîtrise et s'organisent ensuite pour le faire passer à des études de Ph.D. si son rendement le justifie. Nous estimons que plus de 75 % des actuels candidats à un Ph.D. en géologie avaient rempli toutes les conditions d'obtention d'un M.Sc. avant d'être admis à des études de Ph.D. L'accès direct à des études de Ph.D. se rencontre beaucoup plus souvent dans les départements de géophysique (ou de physique).

La plupart des programmes de Ph.D. réclament deux années de résidence universitaire, mais une peut suffire si l'étudiant a obtenu une maîtrise. Il faut compter au moins trois ans à partir de l'obtention du baccalauréat. L'étudiant consacre les deux premières années à des travaux de cours; pendant la deuxième, il entame les recherches qui lui permettront de rédiger sa thèse au bout de la troisième. Les taux d'échec et d'abandon sont élevés (peut-être 30 %) jusqu'à l'examen final inclusivement; au-delà de ce stade, ils sont au moins aussi forts. Seulement 40 à 50 % des étudiants qui s'inscrivent à un programme de Ph.D. finissent par rédiger une thèse et, en moyenne, l'obtention du diplôme prend six ans à compter du B.Sc. Certains candidats l'obtiennent en moins de temps, mais beaucoup demandent et se font accorder des prolongations au-delà de la limite habituelle de sept ans.

Nos Ph.D. varient probablement moins en qualité d'une université à l'autre que tout autre de nos diplômes. Ce sont des grades prestigieux. Le rendement dont font preuve par la suite les rares étudiants qui en obtiennent un rejaillit non seulement sur le département, mais aussi sur le superviseur de chaque étudiant et sur l'université. Souvent, le doyen des études supérieures est aussi intéressé que le chef de département à maintenir une norme de rendement élevée. C'est pourquoi la plupart des universités demandent à des scientifiques de l'extérieur de lire et d'évaluer des thèses, ainsi que d'assister à des séances au cours desquelles l'auteur va défendre oralement sa thèse. Au cours de cette ultime épreuve, des spécialistes de notre continent et d'outre-mer, de réputation mondiale, viennent juger le rendement des candidats.

Les programmes de Ph.D. britanniques, contrairement aux nôtres, sont assez peu structurés et se limitent presque entièrement à la recherche du candidat. En revanche, ceux des États-Unis comportent une bonne part de travaux de cours et d'examen détaillés avant la recherche proprement dite. On soutient depuis longtemps que le diplômé spécialisé du Royaume-Uni et le diplômé américain en liberal arts ont acquis à peu près la même compétence au moment où ils obtiennent un Ph.D. dans leurs pays respectifs. Au Canada, la norme du doctorat se situe entre celle du Royaume-Uni et celle des États-Unis, mais se rapproche davantage de cette dernière. Des correspondants de l'étranger nous informent que nos Ph.D., surtout depuis quelques années, se comparent en qualité à ceux des États-Unis et du Royaume-Uni. Toutefois, il faut en moyenne presque deux fois plus de temps que dans les universités britanniques pour obtenir un Ph.D., et beaucoup plus que dans les universités américaines. Qui plus est, selon certaines indications, la valeur de nos diplômes supérieurs, particulièrement en géologie, serait sous-estimée par l'ensemble de la collectivité. Cela n'a rien d'étonnant dans le cas des industries qui font peu de recherches au Canada, mais cette constatation est renversante dans le cas de la collectivité universitaire, qui oriente et façonne nos programmes d'études supérieures, mais refuse de mettre à contribution le produit obtenu.

### LES ÉTUDIANTS

#### Qui sont-ils?

Trente pour cent des 946 étudiants diplômés inscrits en géologie et en géophysique en 1978-79 venaient de l'étranger (tableau 4.2); ils fréquentaient nos établissements en vertu de visas d'étudiants et devaient sans doute regagner leurs pays une fois leurs diplômes obtenus. Les autres étudiants étaient des Canadiens de naissance ou des immigrants reçus, des diplômés d'universités canadiennes dans presque tous les cas.

Les étudiants étrangers proviennent surtout des États-Unis et du Royaume-Uni, mais nous en avons aussi, en nombres non négligeables, de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, du Moyen-Orient et du Mexique. Une diversité d'autres pays du monde est également représentée dans nos universités. Certains établissements attirent beaucoup plus d'étudiants d'une région donnée que la moyenne; ainsi, depuis quelques années, le département de géophysique de l'université de Toronto accueille plusieurs étudiants du Mexique. Voici ce que donne la répartition des nationalités dans un établissement d'études supérieures de très grande taille, et dans un autre de taille moyenne:

Queen's (1978-79): Afghanistan - 1, Argentine - 1, Brésil - 1, Canada - 36, Chili - 2, Colombie - 2, Guyane - 1, Mexique - 1, Trinité - 1, Royaume-Uni - 4, États-Unis - 5.

Memorial (1979-80): Canada - 20, Danemark - 1, Guyane - 1, Nouvelle-Zélande - 1, Royaume-Uni - 5, États-Unis - 7.

En 1978-79, le nombre d'étudiants étrangers n'a dépassé le nombre de Canadiens que dans une université, soit Acadia, et les deux effectifs s'équivalaient aux universités de la Colombie-Britannique et de Calgary. C'est tout le contraire d'il y a dix ans, où plusieurs de nos départements étaient dominés par des étudiants de pays étrangers. Le rapport de 70/30 est jugé satisfaisant par les membres des facultés et les étudiants supérieurs, mais nous aurons peu de chances de le conserver si le marché du travail continue à détourner nos étudiants diplômés des études avancées; par exemple, au cours des dernières années, aucun diplômé de Calgary, l'une des plus grandes universités du 1<sup>er</sup> cycle au pays, n'a choisi de poursuivre des études supérieures. Il importe de faire échec au déclin de l'effectif d'étudiants supérieurs, amorcé en 1979-80 (figure 1.1), non seulement en faisant valoir les riches défis intellectuels qui s'offrent à nos étudiants sortants et en rendant les programmes moins coûteux en temps et en argent, mais aussi en adoucissant la législation gouvernementale de manière à ce qu'il soit plus facile d'attirer et d'aider des étudiants étrangers de première classe. À l'heure actuelle, les étrangers ne sont pas admissibles à des subsides et à des bourses du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (C.R.S.N.G.), et ne peuvent obtenir de permis de travail. Les préoccupations exprimées au sujet de l'augmentation cyclique de l'effectif d'étudiants étrangers semblent sans fondement dans la mesure où l'on continue d'appliquer des normes rigoureuses. Par exemple, nombre des départements de géologie de la *U.S. Ivy League* ont regorgé d'étudiants canadiens après la Seconde Guerre mondiale et, pendant de nombreuses années, certains établissements d'études supérieures comme Princeton ont été dominés par des étudiants provenant du Canada. La plupart des universités américaines sont maintenant fières de la digne contribution que leur ont apportée les étudiants étrangers de cette époque. La plupart des professeurs canadiens affirment que les étrangers apportent du sang neuf qui pousse les pairs (et les enseignants) à voir les choses sous d'autres points de vue. Ils s'accordent pour dire qu'un effectif dynamique devrait comprendre environ un tiers d'étudiants étrangers.

Voici nos recommandations:

- (1) Les membres des facultés devraient faire des efforts particuliers pour informer leurs meilleurs étudiants du 1<sup>er</sup> cycle des défis qui les attendent au cours des études supérieures. Il faudrait demander à des conférenciers distingués de parler de l'importance des études avancées, et inviter spécialement des représentants de l'industrie et du gouvernement pour exposer les avantages des études supérieures sur le plan de la carrière.

- (2) Les agents de recrutement des compagnies devraient encourager les meilleurs étudiants à poursuivre leurs études, peut-être même en les embauchant à temps partiel jusqu'à ce qu'ils obtiennent leurs diplômes.
- (3) Le C.R.S.N.G. devrait montrer l'exemple à d'autres organisations en augmentant de 50% ou plus la valeur des bourses accordées à des étudiants supérieurs. En outre, son comité national de sélection devrait chercher et exposer publiquement les raisons pour lesquelles si peu de bourses sont décernées en géologie et en géophysique, de même que songer à l'établissement de contingents pour faire en sorte que davantage de diplômés s'inscrivent dans ces domaines des plus essentiels.
- (4) Le Conseil canadien des sciences de la Terre devrait communiquer directement avec des agents d'immigration au sujet de la nécessité d'accorder des permis de travail spéciaux aux étudiants étrangers diplômés en géologie et en géophysique.

Voici nos recommandations:

- (1) Les membres des facultés devraient faire des efforts particuliers pour informer leurs meilleurs étudiants du 1<sup>er</sup> cycle des défis qui les attendent au cours des études supérieures. Il faudrait demander à des conférenciers distingués de parler de l'importance des études avancées, et inviter spécialement des représentants de l'industrie et du gouvernement pour exposer les avantages des études supérieures sur le plan de la carrière.
- (2) Les agents de recrutement des compagnies devraient encourager les meilleurs étudiants à poursuivre leurs études, peut-être même en les embauchant à temps partiel jusqu'à ce qu'ils obtiennent leurs diplômes.
- (3) Le C.R.S.N.G. devrait montrer l'exemple à d'autres organisations en augmentant de 50 % ou plus la valeur des bourses accordées à des étudiants supérieurs. En outre, son comité national de sélection devrait chercher et exposer publiquement les raisons pour lesquelles si peu de bourses sont décernées en géologie et en géophysique, de même que songer à l'établissement de contingents pour faire en sorte que davantage de diplômés s'inscrivent dans ces domaines des plus essentiels.
- (4) Le Conseil canadien des sciences de la Terre devrait continuer à faire des représentations auprès des députés du Parlement et communiquer directement avec des agents d'immigration pour parler de la nécessité d'accorder des permis de travail spéciaux aux étudiants étrangers et à leurs conjoints pendant cette période de diminution de l'effectif d'étudiants supérieurs dans nos départements des sciences de la Terre.

À entendre des groupes représentatifs d'étudiants supérieurs de tout le Canada, on a l'impression qu'au moins la moitié d'entre eux ont travaillé pendant un an ou plus pour l'industrie ou le gouvernement avant d'entreprendre des études avancées. Beaucoup sont retournés à leur alma mater d'autrefois pour y faire leur maîtrise, mais presque tous ceux qui ont fait leur doctorat ont changé d'université, habituellement sur les conseils de leurs professeurs. À cet égard, nous imitons davantage les départements américains que les universités britanniques et européennes, où les

étudiants obtiennent souvent tous leurs grades dans le même établissement.

Les femmes représentent probablement près de 15 % de tout notre effectif d'étudiants supérieurs. Ce pourcentage est légèrement moindre que dans le cas de l'effectif des étudiants du 1<sup>er</sup> cycle. Plusieurs chefs de département ont signalé une hausse soutenue du nombre d'étudiantes, et on peut s'attendre à ce que le pourcentage de femmes soit aussi élevé dans l'effectif des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles qu'il l'est dans les programmes d'études du 1<sup>er</sup> cycle. Le tableau 4.4 indique la population féminine des départements de géologie où nous avons pu facilement obtenir des données à cet égard. Nous n'avons aucune statistique à ce sujet dans le cas des départements de géophysique, mais, d'après les visites que nous y avons faites, il semblerait que le pourcentage d'étudiantes soit plus faible dans ce domaine.

#### Qu'étudie-t-on?

D'après les annonces de nos départements de géologie et de géophysique, une grande variété de spécialités s'offre aux étudiants inscrits à des programmes supérieurs (appendice 4.A). Ce large éventail de possibilités est confirmé par une liste des domaines de recherche offerts par 28 départements (tableau 4.5) et une répartition, par sujet, des bourses de recherche du C.R.S.N.G. décernées aux membres des facultés (tableau 5.1)

Ces statistiques mettent aussi en évidence les domaines d'étude qui attirent le plus d'étudiants et ceux qui sont plutôt laissés pour compte; toutefois, elles ne s'appliquent que d'une façon générale, étant donné que les professeurs et les gens chargés de la classification des spécialités n'accordent pas la même importance aux mêmes choses et emploient des terminologies différentes. Ainsi, ce que l'un considère comme de la géologie économique pourrait être appelé minéralogie par un autre, de même que la géochimie inorganique ou physique chez l'un pourrait correspondre, dans une autre classification, à la pétrographie. Il reste néanmoins que certains domaines sont nettement populaires par rapport à d'autres, et on le constatera aisément dans les tableaux.

En 1978-79, c'est la géologie économique qui a remporté la palme (tableau 4.5), avec 150 étudiants inscrits à des études supérieures. Dans l'esprit de la plupart des répondants, la géologie économique est pratiquement synonyme d'étude des gisements de minéraux métalliques bien que quelques études de minéraux industriels non métalliques soient également comprises dans cette catégorie. Les 13 étudiants inscrits en géochimie de l'exploration et les 23 en géophysique de l'exploration se concentrent également sur les minéraux métalliques. Ainsi, presque le quart de tous les étudiants canadiens des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles s'intéresse directement à l'étude et à la recherche concernant ces minéraux.

La deuxième spécialité où l'on rencontre la plus forte concentration d'étudiants est la pétrographie, où l'accent est plus mis sur les roches ignées que sur les roches métamorphiques; d'après les réponses données à nos questions, 95 étudiants s'y seraient inscrits. La plupart des 36 étudiants inscrits en géochimie physique et inorganique, bon nombre des 48 en géochimie et en géochronologie isotopiques et certains des 13 en minéralogie sont étroitement associés aux étudiants en pétrographie. Il est permis d'affirmer sans crainte de se tromper que le quart de nos étudiants s'intéresse à la pétrographie et à des domaines connexes. La plupart d'entre eux pourraient aisément

s'adapter au travail portant sur les minéraux métalliques si un emploi leur était offert dans l'industrie. Donc, la moitié de notre effectif inscrit à des programmes de M.Sc. et de Ph.D. s'oriente vers ce domaine économique.

Toujours en 1978-79, la géologie structurale et la tectonique occupaient 52 étudiants, qui pourraient être également utiles à l'industrie pétrolière ou à l'industrie des minéraux. Les 55 étudiants inscrits en sédimentologie, les 49 en paléontologie et en palynologie et les 36 en stratigraphie, soit moins du quart de l'effectif total, pourraient se diriger vers l'industrie pétrolière s'ils ne trouvaient pas d'emploi convenable au sein du gouvernement ou dans des universités.

Malgré la demande croissante de recherches relatives à des terrains géologiques aux fins de la construction des routes et des pipe lines et de l'élimination des déchets toxiques, seulement 23 étudiants se sont inscrits à des études du Quaternaire. Ce qui est encourageant, toutefois, c'est l'augmentation marquée du nombre d'étudiants (26) en hydrogéologie, domaine pour lequel des chercheurs n'ont été formés que tardivement, surtout à Waterloo et en Colombie-Britannique.

Étonnamment, certaines disciplines de la géologie semblent n'intéresser que très peu d'étudiants supérieurs; il en est ainsi de la géologie du charbon, de la géologie pétrolière, de la géochimie organique et de la géologie marine. En 1978-79, la géologie du charbon ne comptait que deux adeptes. Cela se comprend si l'on tient compte du fait que, jusqu'à il y a un an ou deux, aucune université canadienne ne menait de recherche dans ce domaine. Des débuts modestes ont été faits en Alberta, en Colombie-Britannique et à Regina, mais les universités ont été lentes à réagir aux pressions exercées sur elles pour entreprendre des activités dans ce secteur (Neale et autres, 1975). Entre temps, les sociétés privées et les gouvernements ont continué d'importer des chercheurs en charbon, surtout des pétrographes et des géochimistes, du Royaume-Uni, des États-Unis et de l'Australie; ils ont aussi essayé de recycler d'autres scientifiques.

La pénurie d'étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles en géologie pétrolière est peut-être davantage apparente que réelle. Un seul département (celui de l'université de Regina) classe cette spécialité parmi les domaines de grande intérêt (appendice 4.A), seulement deux professeurs reçoivent des subventions du C.R.S.N.G. pour y effectuer de la recherche, et seulement cinq étudiants supérieurs s'y seraient inscrits (tableau 4.5). Cependant, un quart de tous les étudiants participant à des programmes avancés font des études en stratigraphie, en géologie structurale, en paléontologie et en sédimentologie, disciplines qui sont toutes étroitement liées à la géologie pétrolière. Certaines des sociétés pétrolières qui ont bien voulu répondre à notre questionnaire ont déploré que ces études ne soient pas davantage axées sur des problèmes précis en matière de pétrole, comme la porosité, la perméabilité et la diagénèse. Elles regrettent également que des universités hésitent à promouvoir des études supérieures dans de nouvelles spécialités telles que la géochimie organique, qui revêt une grande importance pour la recherche d'hydrocarbures et l'évaluation des ressources. Les étudiants et les professeurs répondent à cela que les sociétés pétrolières consacrent peu d'efforts et encore moins d'argent à la recherche orientée vers leurs spécialités, et qu'elles récompensent trop peu ceux qui font des études avancées. De toute évidence, il faut que les sociétés privées et les universités se rencontrent, discutent et formulent des recommandations quant à l'importance et au financement à accorder aux études supérieures en géologie et en géophysique. Les quelques arrangements satisfaisants qui ont

été conclus jusqu'ici, par exemple le financement d'une chaire de géophysique à Calgary, ne sont qu'un prélude à une collaboration beaucoup plus étroite qui s'impose sur la scène nationale.

Dans les départements de géophysique, la spécialité la plus populaire auprès des étudiants est la sismologie; cet intérêt est attribuable, totalement ou en partie, au grand nombre d'emplois offerts dans l'industrie pétrolière. Les 28 étudiants inscrits à des programmes de M.Sc. et de Ph.D. dans ce domaine en 1978-79 (tableau 4.5) représentent près du tiers de tout l'effectif en géophysique. À l'université de l'Alberta, les 22 étudiants faisaient presque tous des études sismiques. Certains d'entre eux, en particulier les Ph.D., ont déploré le fait que, pour poursuivre dans le domaine de la recherche, ils devaient s'expatrier et aller travailler dans les laboratoires de sociétés pétrolières multinationales. L'autre spécialité la plus en demande est la géophysique de l'exploration, qui comprend 23 étudiants intéressés aux gisements de minéraux métalliques, surtout à l'université de Toronto, mais aussi à l'École Polytechnique et à McGill. Le géomagnétisme et le paléomagnétisme, deux domaines dans lesquels le Canada s'est distingué sur la scène internationale, attirent peu d'étudiants (tableau 4.5), car les possibilités d'emploi sont limitées.

Six universités offrent des programmes d'études supérieures en géologie marine et en géophysique: Rimouski, Dalhousie, Queen's, Colombie-Britannique, McGill et Victoria. En 1978-79, seulement neuf géologues et deux géophysiciens s'y sont inscrits. Ces départements manquent de ressources financières et de personnel, et leurs programmes ne sont pas suffisamment annoncés. Le Canada a choisi de financer sa recherche océanographique par l'intermédiaire des organismes gouvernementaux plutôt que des universités. Or, si nous voulons former nos propres spécialistes de la géologie marine au lieu d'envoyer les gens étudier à l'étranger ou de compter sur des immigrants, il faut que nos scientifiques gouvernementaux jouent un rôle plus actif dans la formation et l'encadrement des diplômés, comme le fait maintenant l'université de Dalhousie. Les spécialistes universitaires de la géologie marine doivent réussir à obtenir de grosses sommes d'argent du gouvernement et de l'industrie pour mettre sur pied de bons services et disposer de suffisamment de temps. Les chargés de recherche en génie marine de l'université Memorial y sont parvenus, et le Canada bénéficierait d'une initiative aussi dynamique dans le domaine de la géologie marine.

En résumé, plus de la moitié de nos programmes d'enseignement supérieur sont axés sur l'étude des roches cristallines et de leurs gisements économiques, celle-ci étant répartie également entre les minéraux métalliques et la pétrographie/ géochimie/ géochronologie. Nos établissements d'études supérieures sont lents à s'engager dans de nouveaux domaines, comme la géochimie organique, ou à renforcer des domaines davantage traditionnels où la demande est croissante, comme dans le cas des études du Quaternaire. Il faut cependant admettre que l'hydrogéologie connaît actuellement une croissance digne d'éloges et que des débuts ont enfin été faits dans le domaine de la géologie du charbon. Les éléments de la collectivité qui déplorent les faiblesses et lacunes de nos programmes d'enseignement supérieur font bien peu de choses pour redresser la situation. Peut-être est-ce ainsi parce que des scientifiques du gouvernement veulent protéger leur domaine et sont peu disposés à partager, ou encore parce que la recherche de pointe fait défaut dans nos industries minérales et pétrolières à prédominance d'usines.

Les entreprises qui ont répondu à notre questionnaire nous ont semblé peu au courant de la portée des études

supérieures, et les géoscientifiques du gouvernement ont paru en partie mal informés. Les enseignants de plusieurs départements ignoraient tout des activités d'autres écoles d'enseignement supérieur et n'étaient pas au courant des critiques formulées à leur endroit par des scientifiques du gouvernement et de l'industrie.

Voici nos recommandations:

- (1) Le Conseil des chefs des départements géoscientifiques du Canada devrait produire chaque année un rapport sur l'effectif des écoles, le nombre de diplômés de l'année précédente et les projets de recherche en cours au niveau des études supérieures. Il devrait diffuser ce rapport sur une vaste échelle et s'en servir pour rédiger des articles pour publication dans le *Northern Miner*, le *Oilweek* et d'autres revues techniques à fort tirage.
- (2) Il faudrait solliciter les opinions des scientifiques provinciaux de l'industrie et du gouvernement, de même que celles des divisions compétentes de sociétés nationales comme A.G.C., A.M.C., I.C.M.M., C.S.P.G., C.E.G.S., C.S.W.L. et C.S.E.G., au sujet du rapport annuel sur les études supérieures. Le Conseil des chefs devrait transmettre à tous les départements de sciences de la Terre des commentaires constructifs sur des projets en cours et des suggestions quant à l'importance à donner à certains aspects des études supérieures.

Où étudie-t-on et pourquoi?

C'est à l'université de Toronto que se trouve la plus forte concentration de géologues et de géophysiciens; en 1979-80 (tableau 4.3), les deux départements comptaient un effectif de 91 étudiants, celui de géologie en absorbant 71 à lui seul. Au second rang vient le département des sciences géologiques de l'université Queen's (66 étudiants), qui, en 1977-78, se classait premier avec 78 étudiants. Au nombre des universités qui ont de gros effectifs d'étudiants supérieurs, figurent Waterloo (53), Western Ontario (50), McGill (48), Colombie-Britannique (47), Manitoba (46) et Alberta (45).

Deux d'entre elles, soit l'université McGill et l'université de Toronto, sont nos plus anciens établissements d'études supérieures. L'effectif de McGill est pratiquement le même qu'il y a 30 ans, bien qu'il ait augmenté au cours de certaines années. L'effectif de Toronto, jadis inférieur à celui de McGill, a fluctué au fil des ans mais, depuis plusieurs années, il augmente à un rythme rapide et soutenu. À l'université Queen's, en Colombie-Britannique et en Alberta, les études supérieures en géologie ont une longue histoire en comparaison de l'ensemble des universités canadiennes. Les deux premières ont eu, pendant de nombreuses années, les plus gros départements de géologie du 1<sup>er</sup> cycle au Canada, et nul doute qu'elles ont puisé une bonne partie de leurs effectifs en M.Sc. parmi leurs propres diplômés. En outre, les trois entretiennent depuis longtemps des relations harmonieuses avec le secteur industriel, en particulier l'industrie des minéraux métalliques, où leurs étudiants réussissent à bien se placer. Ces cinq universités attirent les étudiants non seulement par les programmes et les spécialisations qu'elles offrent, mais aussi grâce à leur réputation et aux recommandations d'anciens diplômés.

Les autres départements à forte concentration d'étudiants sont nouveaux ou relativement récents, quoique certains appartiennent à des universités établies de longue date. Ce sont, par ordre d'importance, Waterloo (53), Western Ontario (50), Manitoba (46), Carleton (41), McMaster

(36), Memorial (36), Calgary (34) et Saskatchewan (30). Les étudiants fréquentent ces établissements sur la foi de recommandations ou par suite d'un choix personnel; ils se laissent souvent séduire par des domaines fortement spécialisés comme la géochimie basse température et la géologie environnementale à Waterloo, la géologie des gîtes minéraux à Western Ontario ou la sédimentologie à McMaster. D'après une enquête menée au hasard auprès d'étudiants supérieurs, la plupart, mais non la totalité, des départements de ce deuxième groupe correspondent au premier choix de la majorité des étudiants qui s'y sont inscrits. Sur ce chapitre, ils étaient au moins l'équivalent des cinq établissements traditionnels; en fait, il y avait dans certains d'entre eux des étudiants qui prétendaient avoir refusé les offres d'au moins une des cinq universités.

Bon nombre des départements de plus petite taille réussissent eux aussi à attirer de brillants étudiants grâce aux spécialités qu'ils offrent; il en est ainsi de l'université de Dalhousie dont le programme de géologie marine est probablement le meilleur au pays. D'autres petites écoles regorgent d'étudiants qui se sont vu refuser l'accès à des universités de plus grande taille et de meilleure réputation. Elles aussi, bien entendu, parviennent à attirer de très bons éléments, pour diverses raisons: caprices personnels, magnétisme de certains chercheurs et professeurs éminents, ou recrutement (avancement?) facilité par certains membres de la faculté. La plupart des départements de petite taille n'offrent pas le doctorat, en Ontario; par décret gouvernemental (ACAP), ailleurs; en vertu de décisions prises à l'intérieur de chaque établissement. Fait intéressant à souligner, nombre de ces "petits" départements ont deux fois plus de personnel que McGill en possédait en 1950, année où cette université comptait un effectif de 50 étudiants supérieurs, dont le tiers était inscrit à des programmes de Ph.D. Les temps ont bien changé!

Les universités francophones du Québec sont des cas à part. Leurs étudiants proviennent pour la plupart de la province, et il s'agit de diplômés des trois principaux établissements universitaires, à savoir l'université Laval, l'École Polytechnique et l'université de Montréal. Elles comptent dans leurs rangs plusieurs professeurs éminents qui attirent une poignée d'étudiants francophones et bilingues d'autres provinces canadiennes et de l'étranger. Un ancien chef de département a soutenu que l'actuelle politique linguistique de la province ne devrait pas être appliquée aux études supérieures. Selon lui, cette politique engendre une situation dans laquelle beaucoup d'étudiants passent tous leurs diplômes à la même université.

## SUPERVISION DES ÉTUDES SUPÉRIEURES

Dans certains établissements, l'étudiant en M.Sc. a un seul superviseur, membre de la faculté. Dans d'autres, il est sous la tutelle d'un comité consultatif composé de trois personnes, dont l'une est le conseiller ou superviseur en chef. Le candidat à un Ph.D. a généralement pour principal superviseur le président d'un comité consultatif formé de trois ou quatre personnes. Le comité consultatif peut compter parmi ses membres un ou plusieurs scientifiques de l'industrie, du gouvernement ou d'une autre université, notamment lorsqu'ils ont participé au projet de recherche. Il est rare que le principal superviseur d'un étudiant soit une personne de l'extérieur de l'université, mais cela se produit parfois, en particulier dans le cas de professeurs adjoints détachés d'organismes gouvernementaux.

L'une des doléances exprimées le plus fréquemment par des étudiants supérieurs a trait au manque d'encadrement.

C'est également une des plaintes formulées par des membres d'organismes gouvernementaux à l'endroit de certaines universités.

Dans la plupart des départements, tous les membres de la faculté ont la permission de superviser des étudiants inscrits en M.Sc. Depuis récemment, on exige dans certains départements que les personnes aspirant à des fonctions de supervision d'étudiants aient à leur crédit la publication d'un rapport de recherche et une personnalité qui leur permette d'établir des relations de travail étroites avec des étudiants. Ce n'est pas une tâche ardue (bien qu'elle ait tendance à le devenir) et, actuellement, rares sont les aspirants à qui l'on refuse des fonctions de supervision d'étudiants en M.Sc.

Par le passé, les superviseurs d'étudiants en Ph.D. étaient choisis sensiblement de la même façon: on les recrutait au sein même du département, sans filtrage ni évaluation. Cependant, depuis une dizaine d'années, les établissements d'études supérieures fixent des normes minimales et mettent sur pied des comités de sélection pour étudier le dossier de recherches d'éventuels superviseurs et, dans certains cas, pour examiner leur rendement dans la supervision de M.Sc. et dans le travail au sein de comités de Ph.D. Cette façon de procéder est ennuyeuse pour des membres jeunes et dynamiques de la faculté qui ont en cours des programmes de recherche et qui déplorent le délai occasionné par le processus de probation. Ce qui est encore plus grave, toutefois, c'est que presque les deux tiers des membres de nos facultés ont obtenu l'autorisation de superviser des étudiants supérieurs de tous niveaux, en vertu d'une clause de droits acquis, avant même que ne soit introduit le processus de sélection. Il est également inquiétant de constater que les personnes qui en ont reçu la permission ne feront apparemment l'objet d'aucun autre examen. Au fil des ans, des universitaires peuvent passer de la recherche à l'enseignement du 1<sup>er</sup> cycle ou à des services communautaires (pas nécessairement au golf et à la voile, comme le prétendent leurs détracteurs), mais ils conservent quand même la permission de superviser des étudiants en Ph.D. qui manifestent le désir de travailler avec eux sur la foi de leurs réalisations antérieures. On attribue tellement de prestige à la recherche et aux études supérieures dans la plupart de nos universités que beaucoup de professeurs hésitent à délaisser leurs activités dans ces secteurs, même s'ils trouvent leur intérêt dans d'autres activités probablement tout aussi utiles.

Des chefs de départements nous ont assuré que la possibilité que des étudiants soient confiés à des superviseurs incompetents est plutôt faible. Selon eux, les nouvelles circulent rapidement dans un département, et les étudiants cherchent à éviter d'avoir affaire à des conseillers moins aptes à exécuter cette tâche. Les étudiants rétorquent que cela est peut-être vrai pour ceux qui passent leurs grades supérieurs dans la même université où ils ont obtenu leur baccalauréat, mais place les nouveaux venus en situation de désavantage.

Dans beaucoup de départements, les nouveaux venus se voient attribuer un superviseur ou un conseiller avant leur arrivée, ou dès qu'ils arrivent. Dans les meilleures conditions, le superviseur communique avec l'étudiant bien avant son arrivée, lui expose des sujets de thèse possibles, lui fait parvenir des copies de publications pertinentes et lui parle de l'aide financière qu'il peut s'attendre à recevoir. Dans le pire des cas, l'étudiant est confié, presque à titre spécial, à un membre de la faculté qui a les ressources financières pour l'aider, qui a un intérêt modéré pour le domaine qu'il a choisi, ou encore qui croit que c'est "à son tour" de superviser un étudiant supérieur. Les étudiants

supérieurs sont libres de changer de superviseur, si les deux sont d'accord. Toutefois, il faudra peut-être à un étudiant un an de séjour à l'université pour se rendre compte que son superviseur est incapable (en raison de son tempérament ou de ses aptitudes scientifiques, ou des deux) de l'aider à exécuter son projet de recherche. Avant de gaspiller une partie ou la totalité de son année en changeant de superviseur, peut-être de sujet de thèse, voire d'université, il y pensera à deux fois. Dans sa recherche des fondements de la croyance en science, Ziman (1978) affirme: "On ne peut apprendre une science sans une bonne dose de confiance dans la compétence et la sincérité de ses professeurs...". Or, cette confiance fait défaut chez certains de nos étudiants supérieurs.

Nous avons été étonnés de constater que le manque de supervision n'était pas nécessairement lié au nombre d'étudiants encadrés. Certains membres de faculté avaient sous leur tutelle huit ou dix étudiants (heureusement en se déchargeant d'une partie de leurs autres fonctions), ce qui ne les empêchait pas d'être très bien considérés par leurs protégés. En revanche, d'autres n'avaient qu'un étudiant à superviser et, pourtant, avaient la réputation d'être égoïstes et incompetents.

Les étudiants qui viennent de passer leur baccalauréat choisissent habituellement leur école supérieure en se fondant sur les suggestions de leurs professeurs favoris. Notre comité a constaté à quel point nombre d'enseignants étaient mal informés au sujet des points forts et des points faibles d'autres départements de géologie et de géophysique, même ceux qui se trouvent dans la même province. Cette critique s'adressait surtout à certains des professeurs oeuvrant dans les petits départements, mais ne s'appliquait pas qu'à eux. Les enseignants les mieux informés étaient ceux qui participaient ou qui venaient de prendre part à des tournées de conférences nationales ou à des travaux en comité qui les avaient conduits dans des universités de tout le Canada.

Les départements de géologie et de géophysique exigent presque tous la rédaction d'une thèse de recherche comme principale condition préalable à l'obtention d'un M.Sc. Or, pour exécuter un travail de ce genre, l'étudiant a besoin de la supervision d'un chercheur actif ou d'une personne considérée par ses collègues comme un spécialiste intéressé et informé, dont le dévouement et la réflexion constituent une ressource précieuse pour l'étudiant dont il a la charge. Tous nos départements de géologie et de géophysique considèrent les études de Ph.D., non pas comme un programme de formation axé sur un problème étroit, mais plutôt comme ce que Bonneau et Corry (1972) appellent "...le dur apprentissage des pentes qui mènent aux sommets encore invaincus de la science, avec l'espoir d'être de la première équipe qui y parviendra". La plupart des candidats canadiens à un Ph.D. font cette expédition en bonne compagnie, mais, si l'on en juge par le dossier des recherches récentes, certains étudiants ont pour guides des Sherpas amorphes qui ne connaissent pas le terrain suffisamment bien pour gravir les dernières pentes escarpées.

Nous voyons deux solutions possibles au problème de l'insuffisance de la supervision. Un chef de département qui a de l'influence peut tenir les étudiants à l'écart des superviseurs incompetents, ou convaincre ces derniers qu'il n'est pas dans leur intérêt de prendre des diplômés sous leur tutelle. Ainsi que nous le mentionnions dans le chapitre 2, notre régime d'enseignement universitaire ne favorise pas nécessairement la nomination de bons gestionnaires à la tête des départements. Néanmoins, nous en avons des compétents et quelques-uns d'entre eux choisissent les superviseurs avec beaucoup de soin. L'autre solution est entre les mains des

étudiants eux-mêmes. Comme le nombre de diplômés aspirant à des grades supérieurs diminue, les bons étudiants sont en demande, de sorte qu'ils sont en mesure d'exiger une formation adéquate et des superviseurs compétents. Ils devraient, avant d'obtenir leur baccalauréat, écrire à des conseillers possibles de plusieurs départements et leur poser des questions sur les publications qu'ils ont produites, sur leurs activités et sur les sujets de thèse qu'ils ont à proposer et qu'ils sont en mesure de superviser. Morale: ne vous fiez pas aux conseils de vos bons vieux profs (qui pourraient être en retard de 25 ou 30 ans), mais faites les démarches vous-mêmes.

Voici nos recommandations:

- (1) Avant de s'inscrire à des programmes d'études supérieures d'une autre université, les étudiants devraient recueillir les opinions de personnes qui y ont déjà été admises (peut-être par l'entremise de l'association des étudiants) au sujet de la qualité de la supervision pratiquée dans les diverses spécialités. Ils devraient aussi communiquer directement avec leur éventuel superviseur, afin d'avoir une idée de ses activités dans le domaine choisi.
- (2) Les chefs de département devraient tenir fermement à l'écart de la supervision directe des étudiants les chercheurs et professeurs inaptes pour ce genre de travail, même si ces personnes ont déjà été dûment autorisées à le faire sur la foi de leurs réalisations antérieures.

De quelle aide bénéficient les étudiants?

Si les étudiants en quête d'un premier diplôme comptent principalement sur l'aide de leurs parents, sur l'argent que leur ont procuré des emplois d'été et sur des emprunts bancaires, les étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles demandent et obtiennent généralement une aide moins précaire. Cette assistance financière peut leur être apportée de multiples façons: bourses du C.R.S.N.G., bourses provinciales, bourses universitaires et rémunération de suppléance, contributions puisées à même les subventions à la recherche consenties à des professeurs, rémunérations partielles et provisions accordées par l'industrie ou des organismes gouvernementaux, ou provenant d'un emploi d'été.

Les récompenses les plus prestigieuses sont peut-être les bourses NSERC 1967 (Centennial) qui, en 1980-81, totaliseront \$11 200 par année. Elles sont décernées aux étudiants qui obtiennent les plus hautes notes lors d'une entrevue que leur fait passer un comité national. Très peu d'étudiants en géologie ou en géophysique en ont déjà gagnées, peut-être parce qu'il est très difficile, sinon impossible, d'obtenir de très hautes notes en sciences de la Terre. De plus, quelques bourses prestigieuses de l'industrie réservées aux sciences physiques et au génie sont parfois accordées à des étudiants de géologie et de géophysique.

Les bourses du C.R.S.N.G., évaluées à \$7 000 en 1979-80, sont décernées par un comité national qui choisit entre des candidats nommés par les écoles d'enseignement supérieur de nos universités. Étant donné que, dans le cas des nominations faites au niveau de l'université, les disciplines se font concurrence, les grades comptent pour beaucoup dans les décisions prises à cet égard. Comme l'indique le tableau 4.6, la géologie et la géophysique se trouvent dans une situation désavantageuse par rapport à d'autres sciences, soit parce qu'il est difficile d'obtenir des grades élevés, soit parce que ce sont les plus cancrs qui s'inscrivent en sciences de la Terre. Si l'on pouvait démontrer au C.R.S.N.G. que cette

dernière raison n'est pas la bonne, peut-être alors pourrait-on le convaincre de fixer des nombres maximaux de bourses pouvant être attribuées aux diverses disciplines, de même qu'il attribue certaines sommes d'argent, en subventions à la recherche, à chacun des nombreux groupes de sciences. Comme les boursiers du C.R.S.N.G. peuvent poursuivre leurs études dans l'université de leur choix, certains professeurs soutiennent que la qualité d'un département se mesure au nombre de boursiers qu'il possède. L'université Queen's, où étudient huit boursiers du C.R.S.N.G., vient incontestablement en tête dans ce domaine (tableau 4.6). Est-il besoin de préciser que beaucoup contestent la valeur de cette interprétation!

Le C.R.S.N.G. devrait montrer l'exemple à d'autres organisations en augmentant de 50% ou plus la valeur des bourses accordées à des étudiants supérieurs. En outre, son comité national de sélection devrait chercher et exposer publiquement les raisons pour lesquelles si peu de bourses sont décernées en géologie et en géophysique, de même que songer à l'établissement de contingents pour faire en sorte que davantage de diplômés s'inscrivent dans ces domaines des plus essentiels.

Les lauréats de subventions à la recherche du C.R.S.N.G. sont actuellement autorisés à aider financièrement leurs étudiants supérieurs jusqu'à concurrence de \$520 par mois. Dans certains départements, les membres de la faculté mettent en commun des parties de leurs subventions pour aider conjointement un ou plusieurs étudiants. Pour que leurs subventions soient renouvelées, ils doivent, dans un délai raisonnable, porter leur recherche au stade de la publication; ils ont donc intérêt à pousser les étudiants à terminer et à publier leurs thèses. Il s'agit d'un système très efficace dans l'ensemble, bien qu'il conduise à certains abus, comme une multiplicité de publications et la non-rémunération de coauteurs.

Les universités, en particulier les plus anciennes, ont plusieurs ou de nombreuses bourses, certaines accessibles uniquement à des géoscientifiques, d'autres à tous les scientifiques. La plupart des provinces offrent également des bourses d'études, mais uniquement à des résidents qui fréquentent des établissements de la province. La valeur de ces bourses varie de \$2 000 par session en Ontario et de \$6 000 par année en Alberta à \$2 500 par année à Terre-Neuve.

L'aide aux enseignants est une autre source courante de revenus. Des étudiants aident des professeurs à préparer et à donner des cours en laboratoire, à corriger des examens et à exécuter d'autres tâches connexes. Ces étudiants sont en contact avec des enseignants pendant trois à six heures par semaine, et leurs revenus s'échelonnent entre \$1 500 et \$2 000 par session. C'est une expérience appréciée de la plupart des étudiants supérieurs, même de ceux qui disposent d'une autre source de revenus suffisante.

Enfin, beaucoup d'étudiants supérieurs trouvent un emploi, pendant l'été, au sein de l'industrie ou du gouvernement. Dans certains cas, cet emploi d'été est lié à des projets de thèse financés partiellement; dans d'autres, il est sans rapport avec un travail de recherche et vise uniquement à permettre à l'étudiant de se renflouer et d'acquérir une expérience pratique. Certains départements encouragent cette dernière pratique, tandis que d'autres la déconseillent fortement car elle prolonge considérablement la période de rédaction d'une thèse.

Les départements essaient pour la plupart d'uniformiser les récompenses financières par une combinaison de bourses, de subventions et de rémunérations d'aide à l'enseignement.

Ils établissent des revenus minimaux pour ceux qui n'ont pas d'emploi rémunérateur pendant l'été. Les traitements minimaux ont été remarquablement uniformes en 1978-79: un peu plus de \$6 000 dans les universités de l'Ouest et un peu moins de \$6 000 dans la région centrale. Dans la région de l'Atlantique, toutefois, ils variaient de \$6 000 à l'université Memorial à \$3 300 à Acadia. Les étudiants doivent généralement payer leurs frais de scolarité à même ces traitements, soit entre \$500 et \$800 dans le cas des Canadiens et le double pour les étrangers.

Les étudiants étrangers posent un gros problème de financement. Ils ne sont pas admissibles à des bourses du C.R.S.N.G., ni à une aide d'enseignants qui bénéficient de subventions. En vertu des lois actuelles sur l'immigration et la main-d'œuvre, il est très difficile pour ceux qui possèdent des visas d'étudiant (ou pour leurs conjoints) d'obtenir des permis de travail qui leur permettraient d'accepter un emploi d'été. Les bourses universitaires constituent habituellement l'unique source de revenus qui leur est accessible. En outre, il est de plus en plus difficile de leur procurer les sommes d'argent que les départements considèrent comme des minima souhaitables.

Le Conseil canadien des sciences de la Terre devrait continuer à faire des représentations auprès des députés du Parlement et communiquer directement avec des agents d'immigration pour parler de la nécessité d'accorder des permis de travail spéciaux aux étudiants étrangers et à leurs conjoints pendant cette période de diminution de l'effectif d'étudiants supérieurs dans nos départements des sciences de la Terre.

À l'heure actuelle, l'aide consentie aux étudiants supérieurs provient presque en totalité des subsides versés par les provinces aux universités, ainsi que des bourses et des subventions à la recherche du gouvernement fédéral. Dans une économie mixte, il serait sain d'élargir la contribution de l'industrie, qui, actuellement, n'est que symbolique.

Voici nos recommandations:

- (1) Les membres des facultés, individuellement et collectivement, devraient essayer de faire valoir, auprès de la direction des sociétés pétrolières et minières, l'importance qu'ont pour elles les études supérieures, ainsi que le coût réel de l'aide apportée aux projets de recherche des étudiants (à savoir au moins \$15 000 par année dans le cas du type de recherche le plus simple).
- (2) La direction des entreprises oeuvrant dans le domaine des sciences de la Terre devrait offrir des bourses (d'une valeur au moins égale à celle des bourses du C.R.S.N.G.) aux départements qui lui ont constamment fourni des M.Sc. ou des Ph.D. compétents par le passé. De plus, elle devrait commencer à financer en totalité certains projets menés par des étudiants supérieurs dans des domaines qui s'inscrivent dans sa sphère d'intérêt, au lieu de s'en remettre presque entièrement au gouvernement à cet égard.

#### POURQUOI LES ÉTUDES SONT-ELLES SI LONGUES?

La façon la plus sûre et la plus rapide d'obtenir un M.Sc. consiste à s'inscrire à un programme menant à un grade sans thèse, comme ceux offerts dans certaines sciences appliquées à McGill, Queen's et Waterloo. Ces programmes réclament deux années universitaires. Bien que le programme de M.Sc. avec thèse n'exige qu'une année de séjour à l'université, les

géologues et géophysiciens prennent en moyenne plus de trois ans pour passer leur diplôme. Il n'existe pas de méthode infaillible pour obtenir un Ph.D., mais la meilleure façon d'y parvenir en le moins de temps possible serait de s'inscrire à une université anglaise ou irlandaise; ainsi, trois ou quatre années pourraient suffire, alors qu'il en faudrait plus de six dans une université canadienne.

La majorité des enseignants déplorent la trop longue période nécessaire à l'obtention d'un M.Sc. Selon eux, deux années universitaires devraient constituer un maximum absolu; beaucoup de chefs de département, surtout en géophysique, prétendent qu'ils exercent certaines pressions (par exemple, en réduisant leur aide financière) pour forcer les étudiants à terminer leurs programmes dans les délais prévus. Or, lors de nos entrevues avec des étudiants, nous avons constaté qu'il existe de nombreuses exceptions à cette supposée règle. Le tableau 4.1 nous dit ce qui en est du pourcentage d'étudiants qui se sont inscrits en 1978-79 et qui ont obtenu leurs diplômes au cours de la même année.

Les enseignants sont partagés sur la question du temps nécessaire à l'obtention d'un Ph.D. Certains affirment que la période courante devrait être de trois ans, et la période moyenne de quatre ans. D'autres soutiennent que cette période représente pour un spécialiste une des rares occasions qu'il a dans sa vie de concentrer tous ses efforts vers la solution d'un problème fondamental en science; selon eux, un étudiant en Ph.D. devrait recevoir un appui financier tant qu'il fournit un bon rendement en vue d'atteindre un but légitime. Notre comité a été davantage influencé par la première opinion et, à cet égard, on nous permettra de citer à nouveau Ziman (1978): "Les scientifiques d'expérience savent que, dans le domaine de la recherche, les progrès réels ne se font que lentement et au prix d'efforts soutenus, et qu'il est souvent préférable de publier une idée nouvelle et intéressante, même si elle n'a pas fini d'être explorée et comprise, que de la garder secrète jusqu'à ce que l'on en ait saisi toutes les implications". Il faudrait encourager les étudiants qui se penchent sérieusement sur des problèmes complexes à rédiger leurs résultats préliminaires ou provisoires sous forme de thèse et à poursuivre leurs recherches sans interruption à titre de chercheurs postdoctorat. Une politique de ce genre pourrait permettre de diminuer le nombre d'étudiants en Ph.D. qui inventent toutes sortes de raison pour se soustraire à leurs responsabilités (dont beaucoup ne terminent jamais leurs études) et d'augmenter le nombre de gens qui poursuivent leurs recherches après le doctorat, ce qui ne coûterait pas beaucoup plus cher au contribuable canadien.

Voici les raisons données par les enseignants pour expliquer la longueur des programmes d'études supérieures: 1) Des étudiants ont des emplois d'été sans rapport avec le sujet de leur thèse. 2) Des étudiants exécutent des travaux à temps partiel et des services de consultation pour l'industrie (c'est surtout le cas d'étudiants de quelques grandes universités de l'Ouest). 3) Des étudiants prennent goût à la vie sociale des universités et, par conséquent, sont peu motivés à terminer leurs projets. 4) Des étudiants ont tendance à s'attaquer à des problèmes excessivement complexes et à élargir leur sphère d'intérêt, plutôt qu'à canaliser leurs énergies sur des aspects particuliers d'un problème. 5) Des étudiants acceptent des emplois avant d'avoir obtenu leur grade et essaient de terminer leur thèse hors de l'université; beaucoup de ces étudiants non en résidence (N.E.R., tableau 2.1) ne terminent jamais leurs études et ceux qui le font ont habituellement besoin d'une période supplémentaire qui augmente sensiblement la moyenne statistique de la durée des études. C'est à l'université du Manitoba que l'on compte le plus grand nombre d'étudiants qui essaient de passer leur grade non en résidence, soit presque les deux tiers de l'effectif.

Les étudiants supérieurs envisagent le problème sous des angles différents et, pour justifier la longueur de leur séjour, ils avancent les raisons que voici: 1) Il y a trop de cours répétitifs et superflus, ce dont se plaignent souvent les étudiants titulaires d'un M.Sc. qui changent d'université pour passer leur Ph.D. 2) Les étudiants ne sont pas suffisamment supervisés et orientés, à commencer par le fait qu'ils sont mal conseillés sur le choix des sujets de thèse. 3) Le manque d'argent les oblige à délaissier leurs recherches pendant des mois afin d'augmenter leurs revenus à un niveau qui leur permet de survivre. 4) Ils doivent faire beaucoup plus d'heures de travail auprès des enseignants qu'il n'est indiqué. 5) Certains membres de la faculté, souvent dans d'autres spécialités, exercent sur eux des pressions pour qu'ils élargissent le champ d'application de leurs projets de manière à tirer profit des nouvelles installations et du nouvel équipement dont les départements viennent de se doter.

Notre comité est arrivé à la conclusion que de sérieux efforts devraient être faits pour réduire considérablement le temps consacré à des études de M.Sc. et de Ph.D. Il faudrait pour cela que les départements aient à leur tête des gestionnaires fermes, capables d'éliminer les superviseurs incompetents ou désintéressés des programmes d'enseignement supérieur. Il faudrait que les étudiants soient suffisamment rémunérés (le C.R.S.N.G. montrant l'exemple) pour qu'ils n'aient pas à se chercher un revenu extérieur. Enfin, il conviendrait de faire respecter, dans des limites raisonnables, les échéances fixées aux divers niveaux d'études. L'application de cette dernière recommandation entraînerait probablement une réduction de l'effectif, puisque, incapables de respecter les premières échéances, beaucoup de gens laisseraient leurs études; toutefois, à plus long terme, cette mesure se traduirait par une élimination marquée du gaspillage et par une augmentation, en quantité et en qualité, des thèses soumises chaque année. Pour reprendre l'analogie employée par Bonneau et Corry (1972), ceux qui ont les aptitudes voulues pour effectuer une première ascension des pentes qui mènent aux sommets de la science devraient être encouragés à poursuivre leur expédition pendant encore quelques années, mais à titre de chercheurs postdoctorat bénéficiant des à-côtés, des privilèges et du traitement auquel ont droit habituellement des professeurs adjoints. Ceux qui ont pu atteindre des altitudes respectables, mais qui ont peu d'espoir de parvenir au sommet, devraient pouvoir abandonner leurs études avant d'en avoir assez; il leur sera toujours possible de tracer de nouvelles voies ou de suivre des itinéraires déjà connus pour se rendre à d'autres sommets de la connaissance.

Voici nos recommandations:

- (1) Il faudrait un contrôle plus strict de la qualité des étudiants admis à des programmes d'enseignement supérieur. Nombre des étudiants qui n'ont pas les aptitudes requises pourraient être orientés vers les programmes de diplômes recommandés dans le chapitre précédent.
- (2) Les chefs de département devraient faire en sorte de fixer un échéancier des programmes dès le début des études et veiller à ce qu'il soit raisonnablement respecté; par exemple, les examens détaillés et les examens oraux de Ph.D. ne devraient pas être sans cesse reportés, comme c'est souvent le cas actuellement.
- (3) Les départements devraient favoriser l'admission directe à des études de Ph.D., au lieu d'exiger un examen de probation au niveau du M.Sc. Quatre années devraient normalement suffire à terminer des études de Ph.D.; les étudiants qui se penchent

sur des problèmes complexes devraient être encouragés à poursuivre leurs travaux à titre de chercheurs postdoctorat.

## EMBAUCHE DES M.SC. ET DES PH.D.

En 1979, 51 géologues et 8 géophysiciens ont obtenu des grades de Ph.D.; des M.Sc. ont été décernés à 141 géologues et à 16 géophysiciens. D'après l'information dont nous disposons, il s'agit peut-être d'un nombre record dans le cas des géologues, mais il y eu des années où le nombre de géophysiciens diplômés a été supérieur. Nous n'avons malheureusement pas de données fiables au sujet de l'emploi de ces étudiants, mais il semblerait, si l'on en juge par les entretiens que nous avons eus avec des membres de facultés de tout le Canada, que de 10 à 15% d'entre eux quittent le pays une fois qu'ils ont obtenu leurs diplômes. Ce nombre comprend quelques Canadiens et immigrants reçus qui dénichent un emploi à l'étranger, mais englobe surtout la moitié des étudiants qui fréquentaient nos établissements en vertu d'un visa et qui retournent dans leurs pays sans en revenir. Les autres étudiants possédant un visa s'organisent pour se trouver des emplois au Canada, puis retournent dans leurs pays pendant une brève période de manière à pouvoir revenir en tant qu'immigrants reçus. Le reste des étudiants obtiennent des emplois au sein d'organismes gouvernementaux ou dans l'industrie privée; beaucoup entrent dans des sociétés minières et pétrolières, mais de plus en plus sont embauchés par des firmes d'ingénieurs et par des compagnies de services publics. Quelques-uns, environ 5%, se dirigent ailleurs (par exemple, les M.Sc. font de l'enseignement collégial et les Ph.D. se lancent dans l'enseignement universitaire ou dans la recherche postdoctorat).

On accuse souvent les professeurs d'université de former les étudiants à leur image, pour en faire des universitaires. Ce serait malheureux si c'était vrai; en fait, très peu de nos Ph.D. en géologie sont embauchés par des universités canadiennes. Il y a dix ans (Blais et autres, 1971), 90 de nos professeurs de géologie avaient obtenu leur grade le plus élevé dans des universités de chez nous. Aujourd'hui, ils sont 100 à pouvoir revendiquer cet honneur, soit un gain net de un professeur par année. Les étudiants canadiens qui aspirent à l'enseignement ont intérêt à étudier à l'étranger. Les géophysiciens connaissent un sort plus heureux: 21 possédaient des doctorats canadiens il y a dix ans, contre 47 aujourd'hui (61% de tout l'effectif de nos départements de géophysique). Les quelques étudiants qui passent leur doctorat en géophysique dans nos établissements ont de très bonnes chances de devenir des universitaires. Les doctorats canadiens en géologie sont très bien cotés à l'étranger, et deux enseignants ont estimé qu'environ 30 de nos Ph.D. (autochtones ou immigrants reçus) s'étaient inscrits à des facultés d'universités étrangères (principalement aux États-Unis) au cours des dix dernières années.

Des docteurs en géologie et en géophysique sont embauchés par des organismes de recherche du gouvernement fédéral. Leur recherche est en bonne partie à caractère thématique, mais, souvent, elle ne diffère pas sensiblement de celle entreprise pendant des projets de thèse, et il arrive couramment que des scientifiques fédéraux publient une partie des résultats de leurs recherches dans les mêmes revues internationales que leurs confrères universitaires. Les personnes titulaires de M.Sc. se dirigent généralement vers la recherche appliquée, le soutien de la recherche ou la réglementation au sein d'organismes fédéraux.

Les gouvernements provinciaux embauchent à la fois des M.Sc. et des Ph.D. Leur travail est semblable à celui de leurs confrères au fédéral et consiste à constituer des bases de

données et à exécuter des évaluations de ressources. Toutefois, dans l'ensemble, il est davantage pragmatique et descriptif, et la plupart des résultats paraissent sous forme de cartes et de rapports gouvernementaux, très peu étant publiés dans les revues universitaires. Les diplômés supérieurs qui arrivent sur le marché du travail ont le sentiment de participer plus activement à la cueillette et à l'évaluation de données factuelles et se sentent moins préoccupés par les progrès théoriques que ce n'est le cas dans les milieux universitaires.

Nombre de ceux qui entrent dans l'industrie privée se trouvent encore plus séparés de l'atmosphère de recherche de pointe qui anime les écoles d'enseignement supérieur. Seulement quelques-unes des très grandes sociétés d'exploitation de métaux et quelques petites compagnies de services très innovatrices ont des laboratoires qui emploient des chargés de recherche géoscientifique pour s'attaquer à des problèmes complexes de métallogénèse et d'exploration. De même, les grandes sociétés pétrolières ayant des divisions de la recherche sont peu nombreuses, et l'une d'elles est la société d'État récemment créée, Petro-Canada. La plupart des grandes entreprises multinationales exécutent leurs recherches ailleurs qu'au Canada, et les Ph.D. canadiens qui y sont embauchés à titre de chercheurs ont de fortes chances de se retrouver au Texas ou en Oklahoma, comme ce fut le cas des quelques Ph.D. en géophysique qui sont sortis de nos établissements en 1979. Tant que des lois fiscales n'encourageront, ou même n'obligeront, pas les multinationales à transporter au Canada une partie de leurs laboratoires de recherche, les chercheurs canadiens devront continuer à travailler à l'étranger, à proximité des sièges sociaux. Le gouvernement pourrait même faire appel à des stimulants ou sanctions de nature fiscale pour inciter les grandes compagnies canadiennes à faire de la recherche appliquée, soit dans leur établissements, soit dans des laboratoires d'universités avoisinantes.

À part les laboratoires de recherche industriels, les personnes possédant des diplômes avancés ont deux possibilités de carrière qui s'offrent à eux dans l'industrie: services spécialisés ou exploitation. L'approche de chacun de ces secteurs d'activité diffère d'une industrie à l'autre, surtout parce que les grandes sociétés pétrolières offrent à leurs recrues des programmes de formation intensifs et très bien structurés, ce qui n'est pas le cas des compagnies d'exploration miniérale.

Les grandes sociétés pétrolières embauchent des spécialistes dans des domaines où elles n'ont besoin que de quelques employés et où un programme de formation interne serait onéreux et impossible à offrir, par exemple, en micropaléontologie, en palynologie et, dans une moindre mesure, en géochimie, en pétrographie des roches sédimentaires, en minéralogie de l'argile et en traitement des données géophysiques. Ces postes sont occupés par des Ph.D. récemment diplômés, ainsi que par des chercheurs plus expérimentés que les compagnies ont enlevés aux gouvernements ou aux universités. Ces spécialistes ne font généralement pas partie de la hiérarchie administrative d'une société. À moins de passer au secteur de l'exploitation, ils ont peu de chances d'accéder à des postes de cadres supérieurs. Les sociétés de taille plus petite font appel à des experts-conseils du Canada et de l'étranger pour obtenir des services de cette nature. La demande ayant augmenté, on a assisté récemment à une éclosion de firmes d'experts-conseils qui offrent des services avancés et très techniques et emploient de nombreux scientifiques possédant une formation supérieure.

Les divisions de l'exploitation des grandes sociétés pétrolières, dont le travail consiste à circonscrire des

situations à explorer et à mettre en valeur des gisements, comptent sur des équipes de scientifiques qui ont été formées ensemble et qui continuent de travailler en étroite collaboration. Elles ne recherchent pas nécessairement, pour doter ces postes, des personnes qui ont acquis une formation supérieure dans le domaine de la recherche. La plupart prétendent qu'elles préfèrent embaucher des M.Sc. (bien qu'elles n'offrent au début qu'une faible compensation pour la différence de niveau d'instruction), mais qu'elles s'accommodent généralement très bien de bacheliers en sciences brillants et bien formés. Elles voient peu d'avantages à embaucher des Ph.D., étant donné que ceux-ci doivent entreprendre leur formation sur un pied d'égalité avec les personnes ne possédant qu'un M.Sc. ou un B.Sc. Quelques représentants des cadres de ces compagnies nous ont dit que le seul intérêt qu'ils avaient à engager des Ph.D., c'était le fait qu'ils représentaient une couche supérieure du savoir. La plupart hésitaient à en embaucher parce que, leur esprit étant tourné vers des domaines très étroits de la recherche, ils avaient tendance à manquer de souplesse et à s'adapter avec lenteur aux objectifs très différents de la recherche appliquée dans les activités pétrolières. En dépit de toutes ces attitudes, nous estimons que le pourcentage de géologues possédant des diplômes avancés qui occupent les échelons supérieurs de la haute direction des entreprises se situe bien au-dessus des 25% qui caractérisent l'ensemble de l'industrie. En outre, nous constatons avec surprise qu'un grand nombre de titulaires de Ph.D., souvent dans des spécialités sans rapport avec le pétrole, sont des géologues en chef, des directeurs de l'exploration ou des vice-présidents de grandes sociétés. Peut-être ont-ils réussi en dépit de leur formation universitaire! Les petites sociétés pétrolières ont tendance à rechercher les services de spécialistes qui ont reçu leur formation au sein de plus grandes compagnies. La plupart semblent embaucher surtout des B.Sc., parfois des M.Sc. et rarement, sinon jamais, des Ph.D.

Les sociétés d'exploration minérale ressemblent aux compagnies pétrolières du point de vue du pourcentage de géoscientifiques possédant des diplômes supérieurs, c'est-à-dire environ 25%. Cependant, elles en diffèrent dans la façon dont ces diplômes se répartissent: beaucoup de petites compagnies emploient des Ph.D. et des M.Sc. Leur rôle consiste sans doute à combler l'écart avec les chercheurs des gouvernements et des universités, en appliquant de nouveaux concepts aux techniques d'exploration. C'est probablement l'équivalent, dans l'industrie des minéraux, des programmes de formation offerts par les grandes compagnies pétrolières. Au lieu de constituer des pelotons de spécialistes internes qui sont séparés des groupes d'exploitation, les sociétés d'exploration minérale font appel depuis toujours à des experts-conseils pour exécuter des analyses et des études approfondies. Il existe beaucoup de firmes d'experts-conseils établies de longue date, petites et grandes, bien pourvues de Ph.D. et de M.Sc., qui ont acquis une excellente réputation internationale dans le domaine des levés géophysiques, géologiques et géochimiques détaillés. Depuis toujours, des géologues et géophysiciens possédant des diplômes supérieurs occupent des postes importants dans le secteur de l'exploitation technique et la haute direction des petites sociétés d'exploration minérale. Toutefois, contrairement à l'industrie pétrolière où presque tous les cadres supérieurs sont des géologues ou des ingénieurs, les grandes compagnies d'exploration minière ont toujours préféré avoir à leur tête des comptables et des diplômés d'écoles commerciales. Certains indices d'un changement se sont manifestés au cours des dernières années, et un plus grand nombre de géoscientifiques, dont les Ph.D., s'acheminent vers les échelons supérieurs.

Tout bien considéré, les divisions de l'exploitation des entreprises représentent le plus gros employeur de nos étudiants supérieurs en sciences de la Terre. Dans les

réponses qu'ils ont données à notre questionnaire, beaucoup de directeurs de l'exploitation ont tenu des propos peu flatteurs au sujet des études et de la recherche faites au niveau de l'enseignement supérieur. Par exemple, la plupart d'entre eux semblent préférer les M.Sc. à tout autre niveau de formation. Les titulaires de Ph.D. sont certainement mieux accueillis dans la recherche de minéraux que dans les activités pétrolières, mais, abstraction faite de cette considération, beaucoup d'entre eux ont très bien réussi dans les deux.

Voici nos recommandations:

- (1) Le Conseil canadien des sciences de la Terre devrait demander instamment au Conseil des ministres d'encourager la recherche de pointe dans les sciences de la Terre appliquées par des sociétés minières et pétrolières oeuvrant au Canada, de manière que nos Ph.D. sortants puissent poursuivre des études fondamentales, au lieu d'avoir à accepter des postes d'exploitation ou de services.
- (2) Le Conseil canadien des sciences de la Terre devrait mandater des personnes ou des groupes informés pour s'entretenir avec des organisations industrielles qui élaborent des politiques, telles que la Canadian Petroleum Association et l'Association minière du Canada, au sujet de l'importance que revêtent de bonnes écoles d'enseignement supérieur en géologie et en géophysique pour les industries minière et pétrolière, de même que de la nécessité d'une plus grande contribution de l'industrie en faveur de ces écoles.
- (3) Certains organismes fédéraux et provinciaux font participer des membres de faculté et des étudiants à leur recherche; voilà une pratique louable qu'il conviendrait de répandre. Cela permet à des étudiants supérieurs de faire leur apprentissage au sein des organismes où ils occuperont plus tard un poste permanent. Le fait de répandre cette pratique pourrait permettre de former des étudiants dans les domaines spécialisés pour lesquels on fait actuellement du recrutement à l'étranger.
- (4) La caractéristique cosmopolite de nos départements de géologie mérite notre admiration: 73% des membres de nos facultés ont obtenu leur grade le plus élevé à l'étranger. Nous constatons toutefois que l'augmentation nette du nombre de géoscientifiques formés au Canada au cours des dix dernières années n'a été que d'un par an, et c'est pourquoi nous prions instamment les comités de recherche de ne pas ignorer les produits de nos départements de géologie et de géophysique lorsqu'ils combient des postes nouveaux ou vacants.

## OPINIONS SUR LES ÉTUDES SUPÉRIEURES

En discutant avec des étudiants supérieurs d'environ la moitié des universités où nous nous sommes rendus, avec des membres de facultés représentatifs de la plupart des départements et avec quelques particuliers de l'industrie et du gouvernement, nous avons recueilli d'autres opinions, partiellement contradictoires, au sujet des études supérieures.

### Opinions des étudiants supérieurs

Nos comités en sont venus à la conclusion que les étudiants supérieurs étaient, en général, plus mécontents que les étudiants du 1<sup>er</sup> cycle auxquels nous avons parlé. Les

quelques exceptions notables que nous avons relevées n'ont fait qu'atténuer la valeur de cette généralisation. Outre qu'ils se plaignent de ne pas être suffisamment supervisés et de ne pas recevoir de récompense financière adéquate sur le marché du travail au terme de leurs études, les étudiants de certains départements ont déploré le manque de communication avec les membres de leur faculté. Les étudiants supérieurs d'aujourd'hui ont tendance à se considérer comme de jeunes professionnels recherchés (à l'instar de leurs confrères de l'industrie), et non plus comme les humbles apprentis qu'ils étaient l'année précédente. Ils en ont contre le paternalisme et les règles relativement rigides qui prévalent dans certaines de nos écoles d'enseignement supérieur. Ceux qui ont obtenu leur M.Sc. ailleurs tiennent des propos particulièrement amers au sujet des travaux de cours supplémentaires que l'on exige d'eux avant qu'ils puissent entamer leurs projets de recherche. Dans plusieurs départements, les étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles ont souligné le manque de rapports et de contacts informels, sauf avec les très jeunes membres de la faculté. L'un d'eux a dit: "Après les chaleureuses lettres d'accueil qui nous ont attirés ici, force nous est de constater, maintenant que nous y sommes, que personne ne s'intéresse à nous, même de loin..."

Les nouveaux étudiants supérieurs surestiment leur importance, ce dont, malheureusement, ne se rendent pas compte les membres des facultés, qui ont pourtant vu des hordes d'étudiants aller et venir depuis 20 ans. Nos comités ont néanmoins été impressionnés par le fait que les départements où s'établissaient facilement des liens authentiques entre membres de faculté et étudiants supérieurs étaient souvent les écoles réputées pour leur recherche et la qualité de leurs étudiants.

## Commentaires de l'industrie

### Industrie pétrolière

La principale critique formulée par les sociétés pétrolières est que la plupart des écoles de l'Est et certains départements de l'Ouest insistent trop sur les gisements de minéraux métalliques et les roches cristallines dans leurs programmes d'études des 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles. Nombre de ces compagnies contestent également les "roches douces" comme choix de sujet de thèse, et se demandent pourquoi plus de travaux de recherche ne sont pas axés sur des sujets qui ont un intérêt pratique comme:

- (1) La géochimie organique appliquée à l'origine et à la maturation des hydrocarbures.
- (2) La diagenèse de l'argile, appliquée en particulier à la récupération secondaire.
- (3) La paléontologie et la palynologie de la faune et de la flore paléozoïques et mésozoïques des régions de l'Arctique.

Quelques-unes des réponses données par les sociétés pétrolières nous ont semblé ne pas tenir compte de la réalité. Par exemple, plusieurs ont parlé de la concentration sur les problèmes de sismique et de réfraction, et non de la trop grande indulgence dans les études sur le magnétisme et la gravité. Toutefois, d'après les projets actuellement réalisés avec l'appui du C.R.S.N.G., il semblerait que l'accent ait déjà été changé dans certains cas. D'autres compagnies, peut-être plus réalistes, affirment que les étudiants supérieurs de la plupart des universités ne pourraient entreprendre d'études sismiques qui ont un intérêt direct sans une étroite collaboration avec l'industrie, en raison des énormes investissements qu'elles supposent.

Plusieurs sociétés ont fait valoir la nécessité d'une collaboration plus étroite avec l'industrie dans l'exécution des projets de thèse; elles ont laissé entendre que les géoscientifiques des universités canadiennes ne faisaient pas de publicité dynamique autour de leurs ressources et ne recherchaient pas suffisamment l'appui de l'industrie et qu'à ce chapitre, ils accusaient beaucoup de retard par rapport à leurs confrères américains.

### Sociétés d'exploration minière

Sur les 78 sociétés d'exploration qui ont répondu à notre questionnaire, 47 ont déclaré avoir financé partiellement des thèses au cours des cinq années précédentes. Les universités qui ont bénéficié le plus de cette aide sont Queen's (18), Western Ontario (15), Toronto (10) et Carleton (7). Vingt-trois d'entre elles ont dit qu'elles avaient octroyé des subventions à la recherche et, là encore, les principaux bénéficiaires ont été Queen's, Western Ontario et Toronto avec cinq chacune; la Colombie-Britannique en a reçu quatre.

L'économie des minéraux a été citée comme lacune importante des programmes d'enseignement supérieur. Plusieurs compagnies ont demandé instamment à l'université Queen's d'y suppléer. Les domaines où, de l'avis des sociétés, un plus grand nombre d'étudiants devraient s'inscrire sont: la géophysique de l'exploration minière, la géochimie de l'exploration, le génie géologique au niveau du M.Sc., ainsi que la géologie du Pléistocène et du Quaternaire.

On a également reproché aux thèses d'études supérieures de ne pas faire intervenir suffisamment de travaux d'observation sur le terrain, et de trop insister sur le travail de laboratoire et sur la manipulation statistique de données mal recueillies.

### Évaluations par des scientifiques gouvernementaux

Des géoscientifiques du gouvernement fédéral, en particulier de la Commission géologique du Canada, de la Direction de la physique du globe et du Musée national, ont exprimé des opinions utiles. Dans certaines divisions de ces organismes, des employés ont établi des rapports assez étroits avec des universités, en finançant partiellement des thèses, en participant à la supervision d'étudiants et en agissant à titre de lecteurs critiques et d'examinateurs. Dans l'ensemble, ils ont semblé satisfaits de l'enseignement et de la recherche qui se font au niveau des études supérieures; certains d'entre eux parlent de rendements qui dépassent largement la moyenne internationale dans des domaines tels que la tectonique régionale, la géochimie et la géophysique de l'exploration, la géochimie et la pétrographie isotopiques, ainsi que la sédimentologie. Ces scientifiques, de même que d'autres groupes fédéraux, se plaignent surtout du fait que trop d'étudiants sont amenés à faire de la recherche basée sur des chiffres obtenus par des instruments, sans acquérir suffisamment d'expérience dans l'observation directe des propriétés et des interrelations des roches et des minéraux. Certains répondants se sont dit préoccupés par la prolifération de départements qui se consacrent à des études supérieures, d'autres par le manque d'activité dans des domaines tels que la géologie marine et l'évaluation des ressources. L'un d'eux nous a laissé savoir que son groupe devait aller à l'étranger pour obtenir des doctorats en géologie du charbon et dans certaines spécialités de la paléontologie; selon lui, les membres des facultés et les employeurs devraient se consulter plus fréquemment au sujet de la demande future de spécialistes.

Les organisations géoscientifiques provinciales participent toutes à des programmes d'enseignement

supérieur, surtout avec des universités de leur propre province. Elles parrainent des projets de thèse en fournissant le soutien logistique, en totalité ou en partie, en rémunérant des étudiants pour des emplois d'été, en exécutant des analyses en laboratoire et en apportant leur aide sous d'autres formes. Certains employés agissent à titre de superviseurs et d'examineurs. D'autres fréquentent à temps partiel une université de leur région, pour y passer leur doctorat en rédigeant des thèses qui s'inscrivent dans le cadre de projets provinciaux. Ces organisations semblent, pour la plupart, satisfaites des relations entre universités et gouvernement. Certains spécialistes interrogés ont indiqué que cette façon de procéder était payante sur le plan de la recherche et leur permettait de préparer des étudiants supérieurs à des postes permanents. Trois répondants ont souligné que les programmes d'enseignement supérieur prodigués par les universités manquaient d'innovation et, en général, mettaient du temps à trouver les futurs meneurs qui sont susceptibles de conduire la recherche, en particulier la recherche appliquée, sur la voie de nouveaux défis. Un répondant a déploré le manque de planification des programmes d'enseignement supérieur, qui fait que, dans certaines écoles, les étudiants sont aux prises avec des sujets mal conçus, des objectifs mal définis et une supervision insuffisante; il en résulte, du moins dans les écoles qui lui sont familières, un taux d'achèvement de thèses assez faible.

### La réponse des enseignants

Actuellement, ce qui préoccupe le plus les membres des facultés des sciences de la Terre, c'est de constater, chez les meilleurs diplômés du Canada, une baisse d'intérêt à l'égard des études des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles, alors que les possibilités d'emploi se font de plus en plus nombreuses et qu'une forte concurrence s'exerce au niveau du recrutement. Un autre facteur inquiétant est l'ensemble des restrictions imposées aux étudiants étrangers par nos lois de l'immigration. La plupart des universitaires craignent une baisse immédiate de l'effectif d'étudiants supérieurs, à une époque où le besoin de recherches de première qualité en sciences de la Terre n'a jamais été aussi pressant.

Certains enseignants ont parlé avec regret d'un manque de motivation scientifique chez un grand nombre de leurs étudiants supérieurs. Beaucoup pensaient uniquement à se trouver un emploi et n'avaient pas l'enthousiasme nécessaire pour s'attaquer à des problèmes importants dans les sciences de la Terre. Qui plus est, le syndrome de la semaine de 37 heures, qui a affligé la plupart des secteurs de notre société d'abondance, a rendu encore plus difficile la tâche de convaincre les étudiants supérieurs qu'une bonne recherche réclame de longues soirées et des week-ends entiers dans des laboratoires. La curiosité scientifique ou l'éthique professionnelle qui retenaient des scientifiques mal payés à leur bureau de travail il y a vingt ou même dix ans disparaissent rapidement de la vie universitaire.

Les enseignants ont tenu des propos généralement acerbes à l'endroit des personnes qui déplorent le manque de recherche appliquée ou de travail sur le terrain dans le cadre des études supérieures. Ces reproches, selon eux, procèdent de l'ignorance. Les exposés sommaires des recherches géoscientifiques qui se font dans les universités canadiennes révèlent que, compte tenu de l'effectif, nous faisons beaucoup plus d'études appliquées que d'autres pays occidentaux. Un des professeurs interrogés a énuméré six méthodes d'exploration largement utilisées qui ont été mises au point grâce aux études supérieures qui se font à son université; certaines de ces études appartiennent au genre que de nombreux géologues de l'entreprise privée appelleraient "théorique". De nombreux enseignants ont déploré le manque d'appui de la part de certaines compagnies,

pour qui "parrainer" une thèse signifie fournir quelques mètres de carottes, quelques milliers de dollars ou un emploi d'été. Beaucoup de donateurs industriels semblent n'avoir aucune idée du coût réel de l'aide apportée à un étudiant supérieur, que l'un des chefs de département estime à \$15 000 par année dans le cas du type de recherche le plus simple. Souvent, le professeur doit solliciter au compte-gouttes l'argent nécessaire pour aider ses étudiants, de sorte qu'il lui reste peu de temps pour superviser la recherche.

Certains professeurs se disent satisfaits de l'appui donné par des organismes gouvernementaux aux étudiants qui rédigent des thèses. Cela est particulièrement vrai dans les endroits où un ou plusieurs enseignants participent également, de sorte qu'ils peuvent superviser leurs étudiants et travailler en étroite collaboration avec eux sur des projets connexes. D'autres ne sont pas aussi heureux de voir leurs étudiants travailler sous l'égide de scientifiques du gouvernement fédéral ou d'une province, car ils doivent s'occuper seuls de l'enseignement, des conseils de laboratoire et des travaux de service, alors qu'ils ne font pas partie du projet de recherche et n'ont pas voix au chapitre ni dans la planification ni dans la publication des travaux. En fin de compte, leur rôle se résume à celui d'un préposé aux dortoirs. Certains des principaux géoscientifiques universitaires se sont indignés des critiques selon lesquelles la recherche au niveau des études supérieures ne ferait pas intervenir suffisamment de travaux d'observation sur le terrain. Ils ont prétendu que les géoscientifiques en chef du gouvernement avaient eu l'occasion d'appuyer et de renforcer la géologie et la géophysique universitaires de la même façon que le C.N.R.C. l'avait fait pour la chimie et la physique; or, le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et ses prédécesseurs avaient préféré se concentrer sur la recherche interne. C'est le C.N.R.C. qui a finalement décidé de venir en aide aux facultés des sciences de la Terre. Comme l'expérience de cet organisme se limitait à de la recherche en laboratoire, c'est dans ce secteur d'activité qu'il a apporté son appui le plus massif; de plus, il n'avait aucune idée du coût énorme du matériel nécessaire à des travaux sur le terrain. Aux dires de ces enseignants, les organismes industriels et gouvernementaux ne méritent pas que la formation des étudiants et la recherche au niveau supérieur soient taillées à la mesure de leurs besoins, car ils n'ont rien fait qui vaille pour leur apporter une aide spirituelle et matérielle. Il n'y a pas lieu de s'étonner si au moins la moitié de nos étudiants supérieurs s'adonnent à la recherche de pointe, étant donné que les subventions actuelles sont, pour la plupart, destinées à ce type de recherche. Rien d'étonnant non plus à ce que la majorité d'entre eux ne passent pas trois mois dans les îles de l'Arctique ou dans le nord du Bouclier canadien, étant donné que le matériel requis coûterait à lui seul trois fois la somme totale des subventions à la recherche octroyées aux professeurs.

Les demandes et commentaires formulés par des scientifiques de l'industrie privée et du gouvernement, ainsi que les réponses données par les professeurs d'université, font ressortir la nécessité d'un dialogue sur la réalisation et le but des études supérieures. Ce dialogue ne doit pas se tenir entre deux individus comme c'est généralement le cas, mais entre des groupes d'action qui représentent les trois secteurs d'activité. Ces réunions entre universitaires et scientifiques provinciaux qui ont donné lieu à la création du *Geoscience Research Grants Program* de l'Ontario témoignent de l'efficacité d'une communication de ce genre.

### RÉSUMÉ

Les études supérieures sont indissociables de la recherche dans nos universités. Leur croissance et leur essor

ont coïncidé avec l'énorme progression de la recherche géoscientifique, elle-même liée à l'élargissement des facultés et à l'avènement des subventions du C.N.R.C. dans les années 60. Depuis cette époque, le nombre d'étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles inscrits en géophysique a diminué, peut-être parce que les spécialités offertes ne sont pas celles (par ex. la sismicité) dans lesquelles les possibilités d'emploi sont les meilleures. L'effectif inscrit en géologie a augmenté radicalement au cours des années 60, et sa croissance a ralenti et s'est stabilisée pendant la décennie suivante. Toutefois, certaines indications nous portent à croire qu'il est sur le point de diminuer.

Pendant que le nombre d'inscriptions du 1<sup>er</sup> cycle en géologie poursuivait sa progression, l'effectif d'étudiants supérieurs a accusé une légère baisse depuis 1977 (figure 1.1). Ce fléchissement est surtout attribuable aux excellentes possibilités d'emploi qui s'offrent actuellement aux nouveaux diplômés, de même qu'aux difficultés que pose le financement des 30% d'étudiants étrangers actuellement inscrits. Cette diminution est peut-être également due, quoique dans une moindre mesure, à la somme de temps démesurée que réclame l'obtention d'un M.Sc. et d'un Ph.D., à l'insuffisance des traitements versés à la plupart des étudiants supérieurs, ainsi qu'au manque de supervision adéquate dans certains domaines d'étude à quelques universités. Tous ces facteurs sont de nature à dissuader les étudiants de terminer leurs travaux.

Même si l'industrie se plaint que les études sont trop orientées vers l'université, un quart de tous les étudiants supérieurs inscrits en géologie s'attaque à des problèmes liés

aux gisements minéraux, et un autre quart se penche sur des problèmes associés aux roches sédimentaires, donc de nature à intéresser l'industrie pétrolière. Près des deux tiers des étudiants en géophysique s'adonnent à des études utiles pour les industries des minéraux métalliques et du pétrole. Les titulaires d'un M.Sc. trouvent généralement un emploi dans le secteur de l'exploitation de l'industrie, et la demande de spécialistes de ce genre dépasse largement l'offre. Les titulaires de Ph.D. deviennent pour la plupart des chercheurs au sein du gouvernement; dans l'entreprise privée, ils offrent des services spécialisés ou occupent des postes au sein des divisions de l'exploitation. Les quelque \$50 géoscientifiques qui obtiennent un Ph.D. chaque année n'ont vraisemblablement aucune difficulté à se trouver un emploi, bien que nombre de ceux qui entrent dans des compagnies minières ou pétrolières doivent abandonner la recherche de pointe, à moins d'aller travailler à l'étranger. La demande de Ph.D. doit certainement dépasser l'offre, puisque certaines organisations gouvernementales et industrielles disent qu'elles en recrutent à l'étranger pour exécuter des travaux spécialisés.

Les organisations gouvernementales tiennent généralement des propos flatteurs au sujet des programmes d'enseignement supérieur prodigués au Canada dans le domaine des sciences de la Terre; les critiques de l'industrie sont moins positives. Les gouvernements viennent en aide à de nombreux étudiants qui font des études avancées, l'industrie moins. On a grand besoin d'un dialogue structuré entre les universités, l'industrie et le gouvernement, qui doit porter sur les objectifs et le financement des études supérieures.

TABLEAU 4.1  
DIPLOME POST-UNIVERSITAIRES ACCORDÉS EN 1979

DÉPARTEMENT	MAÎTRISE	DOCTORAT
Acadia	3	-
Alberta (géologie)	13	2
(géophysique)	2p	2p
Colombie-Britannique (géologie)	14	5
(géophysique)	2p	1p
Brock	3	-
Calgary	4	3
Carleton	4	1
Dalhousie	6	1
École Polytechnique	3	1p
Guelph	0	0
Lakehead	0	-
Laurentienne	6	-
Laval	2	0
Manitoba	6 +2p	2
McGill	6	2
McMaster	4	6
Montréal	4	0
Memorial (géologie)	5	2
(géophysique)	1p	0
Nouveau-Brunswick	1	5
Ottawa	3	1
Québec-Chicoutimi*	6	-
Québec-Montréal	2	-
Queen's	8	8
Régina	0	-
Saskatchewan	5	-
Toronto (géologie)	11	6
(géophysique)	2p	3p
Victoria	2p	0
Waterloo	6	2
Western (géologie)	9	5
(géophysique)	1p	0
Windsor	6	-
York	-	1p
Total	140 +12p 152	51 +8p 59

p = géophysicien

\* = évaluation approximative à partir du nombre d'étudiants inscrits en 1977-1978.

Pourcentage d'étudiants inscrits diplômés en 1979:

Maîtrise (géologie)	- 24%
Maîtrise (géophysique)	- 21%
Doctorat (géologie)	- 18%
Doctorat (géophysique)	- 15%

TABLEAU 4.2  
ÉTUDIANTS DIPLOMÉS CANADIENS ET ÉTRANGERS, 1978-1979

DÉPARTEMENT	CANADIEN	ÉTRANGER
Acadia	3	8
Alberta (géologie)	40	14
(géophysique)	9	8
Colombie-Britannique (géologie)	25	24
(géophysique)	9	6
Brock	4	4
Calgary	20	19
Carleton	37	14
Dalhousie	?	?
École Polytechnique	25	3
Lakehead	3	0
Laval	25	0
Manitoba	?	?
McGill	25	17
McMaster	24	11
Memorial	21	14
Montréal	15	4
Nouveau-Brunswick	18	3
Ottawa	23	6
Québec (Montréal)	11	1
Queen's	36	19
Régina	9	4
Saskatchewan	29	10
Toronto (géologie)	48	22
(géophysique)	18	6
Victoria	?	?
Waterloo	44	11
Western (géologie)	31	25
(géophysique)	2	5
Windsor	?	?
York	?	?
Total	569	258

pour 27 départements qui ont fourni des renseignements.

TABLEAU 4.3  
ÉTUDIANTS POST-UNIVERSITAIRES INSCRITS EN GÉOLOGIE ET GÉOPHYSIQUE

	1978/1979				1979/1980				1979/1980	
	Maîtrise		Doctorat		Maîtrise		Doctorat		Total	
Acadia	11		-		11		-		11	(0)
Alberta (géologie)	45		11		32		13		45	(-11)
(géophysique)		8p		11p		7p		11p	18	(-1)
Brandon	-		-		-		-		-	
Colombie-Britannique	32		16		35		12		47	(-1)
(géologie)										
(géophysique)		8p		6p		11p		6p	17	(+3)
Brock	8		-		7		-		7	(-1)
Calgary	18	+4p	15	+2p	17	+4p	12	+1p	34	(-5)
Carleton	35		13		22		19		41	(-7)
Concordia	-		-		-		-		-	
Dalhousie	11	+4p	7	+2p	18	+3p	11	+1p	31	(-3)
École Polytechnique	16	+1p	15	+2p	18	+3p	11	+1p	31	(-3)
Guelph	2		1		4		1		5	(+2)
Lakehead	3		-		5		-		5	(+2)
Laurentienne	17		-		20		-		20	(+3)
Laval	17		8		25		8		33	(+8)
Manitoba	31	+6p	10	+3p	29	+5p	8	+4p	46	(-4)
McGill	31		19		35		13		48	(-2)
McMaster	16		19		20		16		36	(+1)
Memorial (géologie)	22		13		21		15		36	(+1)
(géophysique)		5p	-			4p	-		4	(-1)
Montréal	11		9		11		9		20	(0)
Mount Allison	-		-		-		-		-	
Nouveau-Brunswick	14	+1p	7	+2p	16	+1p	9	+1p	27	(+3)
Ottawa	7		14		12		11		23	(+2)
Québec-Chicoutimi*	(?)17		-		(?)17		-		17?	(0)
Québec-Montréal	14		-		13		-		13	(-1)
Queen's	32		23		45		21		66	(+11)
Régina	11		-		11		-		11	(0)
St-Francis Xavier	-		-		-		-		-	
St.Mary's	-		-		-		-		-	
Saskatchewan	28	+2p	9		19	+2p	9		30	(-9)
Toronto (géologie)	39	+3p	25	+4p	39	+3p	26	+3p	71	(0)
(géophysique)		9p		11p		12p		8p	20	(0)
Victoria (géophysique)		1p		2p		1p		1p	2	(-1)
Waterloo	45		9		44		9		53	(-1)
Western Ontario	21		35		17		33		50	(-6)
(géologie)										
(géophysique)		3p		5p		4p		4p	8	(0)
Windsor	25		-		17		-		17	(-8)
York		3p		4p		2p		3p	6	(-1)
TOTAL	579	+58p	278	+54p	573	+61p	263	+46p	943	(-26)
	637		332		634		309			
P = géophysicien      *- approximation fondée sur les statistiques de 1977-1978 de l'I.C.M.M.										

TABLEAU 4.4  
POURCENTAGE D'ÉTUDIANTES DANS CERTAINS  
DÉPARTEMENTS DE GÉOLOGIE, 1979-80

DÉPARTEMENT	Baccalauréat ès sciences	Baccalauréat ès sciences appliquées	Maîtrise ès sciences/ Doctorat
Colombie-Britannique	25%	5%	25%
Alberta	23%	S.O.	11%
Régina	13%	S.O.	9%
Saskatchewan	11%	16%	10%
Toronto	?	?	10%
Carleton	17%	S.O.	8%
Queen's	39%	24%	20%
Laval	13%	?	13%
Nouveau-Brunswick	40%	S.O.	18%
Mount Allison	12%	S.O.	S.O.

TABLEAU 4.6  
BOURSES D'ÉTUDES POST-UNIVERSITAIRES ACCORDÉES PAR LE C.R.S.N.G. EN 1978-79

En tout, 1386 bourses ont été accordées en science et génie; 65 de ces bourses ont été accordées à des géologues et des géophysiciens dans les universités suivantes:

Victoria	5	Waterloo	5
*Colombie-Britannique	2	Western	1
*Alberta	5	York	1
Calgary	2	Québec (M)	2
Saskatchewan	3	Laval	2
Régina	1	McGill	3
Manitoba	1	Montréal	1
Lakehead	1	Polytechnique	2
McMaster	1	Nouveau-Brunswick	1
Ottawa	1	Memorial	1
Queen's	8	Royaume-Uni	1
*Toronto	4	États-Unis	10
		Australie	1

\*Bourses accordées à deux départements différents

TABLEAU 4.5  
DOMAINES DES RECHERCHES EFFECTUÉES PAR DES ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS  
DANS LES DÉPARTEMENTS DE GÉOLOGIE ET DE GÉOPHYSIQUE, 1978-79\*

Domaine (voir le tableau 4)	Nombre d'étudiants** diplômés*	Domaine (voir le tableau 4)	Nombre d'étudiants** diplômés*
1. Géologie du charbon	2	25. Volcanologie	5
2. Géologie économique, y compris la géologie minière (n° 11)	150	26. Autres domaines en sciences géologiques	0
3. Génie géologique, sauf le génie géotechnique	31	27. Géophysique d'exploration	23
4. Géologie de l'environnement	2	28. Géodésie	1
5. Géologie générale et géologie régionale	14	29. Géomagnétisme et paléomagnétisme	13
6. Géomorphologie, sauf la géographie physique	2	30. Instruments utilisés en géophysique	3
7. Géologie historique	1	31. Gravité	4
8. Hydrogéologie	26	32. Flux thermique	0
9. Géologie marine	9	33. Études magnéto-tellurgiques	2
10. Minéralogie et cristallographie	13	34. Géophysique marine	2
11. Géologie minière (voir n° 2)	-	35. Propriétés physiques des roches et des minéraux	3
12. Paléobotanique	0	36. Télédétection	0
13. Paléontologie	39	37. Sismologie	28
14. Palynologie	10	38. Tectonophysique	4
15. Sciences des sols (les travaux de recherche sont presque tous effectués dans d'autres départe- ments)	-	39. Autres domaines en géophysique	17
16. Pétrologie	95	40. Biogéochimie	1
17. Géologie du pétrole	5	41. Géochimie d'exploration	13
18. Photogéologie	0	42. Géochimie inorganique	15
19. Recherches et géologie du Quaternaire	23	43. Géochimie isotopique et géochronologie	48
20. Mécanique des roches (les travaux de recherche sont presque tous effectués dans d'autres départements)	1	44. Géochimie physique	21
21. Sédimentologie	55	45. Géochimie organique	0
22. Mécanique des sols	1	46. Autres domaines en géochimie, y compris la géochimie des solutions et la géochimie des eaux souterraines	6
23. Stratigraphie	36	47. Mathématiques appliquées à la géologie	5
24. Géologie structurale, tectonique et géotectonique	52	TOTAL	798

\* Ces renseignements proviennent de 28 des 35 départements qui donnent des cours supérieurs.

\*\* Un grand nombre des travaux de recherche effectués par des étudiants diplômés peuvent être classés dans plus d'un domaine, p. ex., la recherche entreprise dans le domaine 16 peut également être classé dans les domaines 43 ou 44 ou les deux.

## 5. LA RECHERCHE

*...If scientific knowledge is to evolve, it needs more than the accumulation of new 'facts' enlivened by occasional accidental discoveries...each scientist is encouraged to be an imaginative source of interpretation, both of his own contributions and of the work of other scientists...*

John Ziman, 1978

### LE MOMENT EST VENU DE FAIRE LE POINT

Au cours des dernières décennies, la recherche a pris un grand essor dans les départements de géologie et de géophysique des universités canadiennes. Antérieurement, seulement trois ou quatre départements de nos universités s'étaient sérieusement engagés dans la recherche de pointe.

La majeure partie de la recherche géoscientifique était alors effectuée par les agences fédérales et provinciales qui, bien sûr, concentraient surtout leurs activités sur les aspects de la géologie et de la géophysique qui relevaient de leur mandat. Cependant, à partir des années soixante, la participation des universités à la recherche a augmenté rapidement, et les activités se sont étendues à tous les aspects de la géologie et de la géophysique.

Le prestige associé à la recherche a aussi pris considérablement d'ampleur. Alors qu'il y a deux décennies, elle passait après l'enseignement et les autres réalisations académiques, la recherche est maintenant devenue une priorité, tout au moins pour les enseignants de la plupart des écoles. Presque tous les professeurs de géologie ou de géophysique s'intéressent maintenant à la recherche de pointe et persévèrent malgré les échecs et les revers. Beaucoup estiment que c'est le seul moyen d'avancer dans la carrière.

Le financement de la recherche a aussi pris un nouveau tournant. Auparavant financés en totalité par les ministères gouvernementaux et l'industrie et, par conséquent, principalement intéressés à la recherche thématique, des professeurs ont reçu, au cours des deux dernières décennies, des subventions relativement élevées du Conseil national de recherche (maintenant du C.R.S.N.G.) pour effectuer des recherches "gratuites" en géologie et en géophysique.

La recherche fondamentale et la recherche appliquée, pratiquement indissociables en géologie et en géophysique, sont manifestement essentielles parce que le Canada a besoin d'une évaluation et d'une gestion intelligentes et novatrices de ses ressources nationales, non seulement pour son propre bien-être sociale économique, mais aussi pour celui du monde. À mi-chemin entre deux décennies de croissance rapide, des départements de géologie et de géophysique des universités canadiennes ont fait l'objet d'une étude approfondie (Blais et al., 1971). Il est maintenant temps de faire le point et d'évaluer la qualité du travail qui s'est fait.

### BREF HISTORIQUE

Au Canada, la recherche dans le domaine des sciences de la Terre a tenu une place prépondérante dans l'histoire des sciences, mais, au début, elle était principalement menée par des chercheurs du gouvernement. Au milieu du siècle dernier, sir William Logan et ses collègues et successeurs à la Commission géologique du Canada ont acquis une renommée mondiale en effectuant les premières études géologiques et géochimiques. Parce qu'elles étaient étroitement liées à

l'exploitation des ressources et à la prospection des terrains dans un pays en plein essor, les sciences de la Terre jouaient alors un rôle politique plus important que certaines sciences connexes. Les géologues ont participé activement à la fondation, en 1882, de l'Académie nationale, la Société royale du Canada, et, pendant nombre d'années, ils en ont constitué une section distincte. Les premières recherches canadiennes sérieuses en géophysique ont débuté en 1840, à Toronto (Garland, 1968), mais les activités sont demeurées très limitées jusqu'à la fondation de l'Observatoire fédéral, en 1905.

Au début du siècle, le prestige et le pouvoir des sciences de la Terre ont diminué quelque peu, probablement pour des raisons intellectuelles: la révolution scientifique avait fait de la chimie, de la physique et de certaines formes de biologie des domaines de pointe, alors que la géologie manquait de théorie d'ensemble et offrait peu de possibilités de progrès conceptuel. Le fait que la géologie n'avait pas de leaders forts et clairvoyants a peut-être joué aussi un rôle dans le déclin de cette science. Il ne fait aucun doute qu'un leadership dynamique a permis à la physique, à la chimie et à la biologie de s'établir, en 1933, dans les laboratoires du Conseil national de recherche. C'est aussi ce même leadership qui a lancé la physique et la chimie sur la scène internationale au cours de la Seconde Guerre mondiale et de l'après-guerre.

Si, au cours de la première moitié du siècle, la Commission géologique n'était plus la seule force dominante du milieu scientifique canadien, elle a quand même gardé sa réputation internationale grâce aux levés systématiques qu'elle a réalisés, au cours des années 50 et 60, et qui se sont traduits par des levés géologiques fructueux par hélicoptère et par magnétomètre aéroporté. De plus, au cours de cette période, l'Observatoire fédéral (plus tard la Direction de la physique du Globe) a mis sur pied notre célèbre réseau de stations sismographiques et a constitué notre banque de connaissances sur le champ gravitationnel de la terre et un programme de recherche sur plusieurs aspects du magétisme terrestre. La plupart des levés provinciaux ont été effectués à la fin du siècle dernier ou au début du siècle. Ceux du Québec et de l'Ontario et, dans une moindre mesure, ceux de la Colombie-Britannique étaient, au milieu du siècle, d'une ampleur, et d'une précision suffisante pour améliorer considérablement nos connaissances de la structure géologique du Canada acquises au milieu des années 60.

Stearn (1968) a rédigé l'histoire des départements de géologie dans les universités. Nous en donnons un bref résumé au chapitre 2 de ce rapport. Stearn remarque que, bien que 13 départements aient été créés en 1920, ils ne comptaient au total que 22 professeurs. La plupart des titulaires isolés d'une chaire de géologie ne pouvaient consacrer beaucoup de temps à la recherche à cause de leurs nombreuses autres tâches. Cependant, des hommes comme William Dawson et ensuite F.D. Adams de l'université McGill, A.P. Coleman de l'université de Toronto, Willet J. Miller de l'université Queen, R.C. Wallace de l'université du Manitoba et J.A. Allen de l'université de l'Alberta ont accompli un travail remarquable dans ce domaine.

La géophysique a progressé lorsque des professeurs des départements de physique des universités McGill et de Toronto ont entrepris, en 1928, des recherches sur les techniques de prospection en géophysique à la demande de la Commission géologique du Canada. Après ces premiers travaux, les activités universitaires en géophysique sont passées de la recherche appliquée à la recherche fondamentale, mais, sauf quelques rares exceptions, elles sont restées plus étroitement liées aux départements de physique qu'à ceux de géologie (Garland, 1968). Ce phénomène a donc contribué à créer un fossé entre géologues et géophysiciens, fossé qu'ils commencent seulement à franchir.

Il est probablement juste de déclarer que la plupart des recherches géologiques effectuées dans les universités au cours de la première moitié du siècle étaient en relation directe avec les études des gouvernements fédéral et provinciaux et les besoins des sociétés d'exploration minière. Il n'existait aucune autre source de financement et ces fonds, en plus de financer les ressources matérielles, constituaient habituellement un revenu d'appoint fort opportun pour les professeurs et les étudiants diplômés. Les liens étroits qui unissaient les chercheurs des universités, du gouvernement et de l'industrie privée faisaient l'envie de la plupart des nations et jouent probablement un rôle dans le fait que des scientifiques étrangers nous considèrent encore comme des chefs de file pour ce qui est des études régionales sur le terrain et de la recherche sur les gisements de minéraux. Cependant, cette pratique limitait les recherches aux techniques traditionnelles de levé, et ceux qui allaient suivre un programme de formation avancé à l'étranger devaient subordonner leurs nouvelles connaissances et leurs intérêts aux réalités de la scénecanadiennes. Il ya eu quelques découvertes conceptuelles d'une grande importance au cours de cette période, comme les tentatives fructueuses faites chacun de leur côté par J.E. Gill (1949) et de J. Tuzo Wilson (1949) pour subdiviser les roches du Bouclier canadiens, mais, en général, la recherche universitaire au Canada pouvait être décrite comme prosaïque, mais en même temps, pragmatique.

La recherche universitaire sous toutes ses formes a pris en grand essor entre 1961 et 1971. Au cours de cette décennie, l'aide financière des diverses agences fédérales a quintuplé, passant de 25 à 125 millions de dollars, et les universités ont réagi en décernant cinq fois plus de doctorats (et en produisant probablement dix fois plus de thèse de recherche!). La géophysique a vite tiré profit de cette augmentation des fonds parce qu'elle était déjà représentée au Conseil national de recherche (C.N.R.) par le comité conjoint sur la géodésie et la géophysique. Les autres sciences de la Terre n'ont profité que plus tard de cette augmentation à cause de leur faible représentation au C.N.R., des liens qui les unissaient déjà à des ministères gouvernementaux qui ne sont pas devenus des sources importantes de subventions et, peut-être, du manque de chefs de file dynamiques dans leur petit département débordés de travail.

Les Canadiens qui revenaient au pays après avoir fait des recherches ou des études à l'étranger et les professeurs venant d'autres pays (principalement du Royaume-Uni) ont contribué à élargir le champ des recherches et ont commencé à chercher d'autres sources de financement non traditionnelles. Comme les sciences de la Terre ont tardé à profiter des fonds disponibles au cours des années 60, elles n'ont pu progresser beaucoup avant que la réaction du public face à l'extraordinaire expansion de la recherche non dirigée n'entraîne la création de comités d'enquête, la réduction des fonds et une croissance nulle au cours des années 70. Les administrateurs ont soudain pris conscience que les subventions du gouvernement fédéral n'étaient, somme toute,

qu'une aide à la recherche. Les provinces qui subventionnaient les universités ont dû fournir des fonds beaucoup plus considérables pour payer les locaux des laboratoires, les salaires et les frais généraux nécessaires à l'exécution des programmes de recherche toujours en expansion. Une baisse du nombre d'inscriptions dans certaines sciences physiques les a rendu méfiantes à l'égard des immenses infrastructures déjà en place, et qui demandent déjà de l'entretien.

Comme elles ont tardé à profiter des subventions, les sciences de la Terre ont certainement été moins touchées lorsque la situation s'est détériorée, puisqu'elles n'étaient pas les principales cibles des soupçons et de l'envie dans les universités. De plus, à cause de la vague d'exploration énergétique et d'un marché de travail assez bon, le nombre d'inscriptions a continué à augmenter lentement, même si, dans l'ensemble, il en allait autrement pour les autres sciences. Il en a résulté que les activités de la plupart des facultés de géologie sont demeurées constantes ou ont augmenté, les installations se sont améliorées (bien que certains départements soient toujours logés dans les locaux vétustes), les subventions du gouvernement fédéral ont continué à augmenter lentement par rapport à certaines autres sciences, et les facultés disposent maintenant de nombre d'autres sources de financement, telles les gouvernements provinciaux et étranger et quelques secteurs éclairés de l'industrie.

La recherche géoscientifique dans les universités canadiennes ne s'est jamais mieux portée. Malgré certaines faiblesses et un manque de rationalisation dans plusieurs domaines, sa situation s'est largement améliorée, et avec raison, au cours des 15 dernières années, le nombre de géoscientifiques en exercice à plein temps a au moins doublé au cours de cette période et l'avenir immédiat du financement semble excellent. C'est dans la nature des choses que les bons jours ne durent pas toujours; c'est pourquoi il faut en profiter au maximum.

## NATURE ET PORTÉE DE LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE

### La diversité

Des universitaires canadiens se livrent à des activités scientifiques de toutes sortes. Le tableau 5.1 donne une liste de cinquante-trois disciplines géoscientifiques qui sont subventionnées par le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie (C.R.S.N.G.). En plus de celles énumérées au tableau 5.1, d'autres disciplines universitaires sont subventionnées par l'industrie et les gouvernements canadien ou étrangers. Les sujets de recherche sont très diversifiés: concentration sur les sédiments glaciaires non consolidés ou sur les aleurites et les boues des veyts tidales modernes, travaux sur les anciennes roches cristallines du Bouclier précambrien, descriptions des fossiles et établissement de cartes géologiques classiques, exploitation de laboratoires dotés d'instruments sophistiqués comme des spectrographes de masse et des microsondes ioniques. Certains professeurs de géologie et géophysique ont les antécédents voulus pour enseigner et faire de la recherche dans un ou plusieurs des départements de chimie, de physique, de biologie, de génie civil ou de géographie, et leurs spécialisations traduisent ces intérêts très variés.

Dans le domaine des sciences de la Terre, il a toujours été difficile de dissocier la recherche fondamentale et la recherche appliquée. Les spécialistes de la tectonique, dans leur "tour d'ivoire", étudient l'évolution des chaînes de montagnes Appalache et Cordillère et doivent, nécessairement, rassembler des données et établir des cartes

qui, dès le jour de leur publication, seront utilisées par les pragmatiques prospecteurs de gisements de pétrole, de gaz et de métaux communs.

Les spécialistes de la stratigraphie qui travaillent pour des industries du charbon et du pétrole attendent avec impatience les résultats des recherches des palynologues et des spécialistes de la micropaléontologie qui tentent d'identifier les anciennes formes de vie et, ainsi, de définir les écosystèmes dans les roches du Dévonien, du Carbonifère ou du Crétacé.

Si les activités varient beaucoup, il en est de même pour la qualité. Les chercheurs individuels et les chefs d'équipe de recherche font preuve de plus ou moins de compétence dans la conception des projets, la cueillette de données fiables et l'interprétation des résultats. Certains en arrivent à des résultats révélateurs (qu'ils soient négatifs ou positifs) qui pourraient mener à des progrès conceptuels importants dans une ou plusieurs branches. D'autres publient des cartes ou des données géochimiques qui laissent le lecteur perplexe quant à l'utilité du travail accompli. Certains oeuvrent pendant des années, avec des fonds, du matériel coûteux et des étudiants diplômés à leur disposition, sans que leurs recherches fassent progresser la géologie et la géophysique. D'autres en se basant, semble-t-il, uniquement sur des travaux de leur collègues, ont fait des découvertes révolutionnaires dans le domaine des sciences de la Terre.

Certains géoscientifiques sont compétents dans plus d'une discipline et possèdent des connaissances dans bon nombre d'autres. D'autres se limitent à leur domaine de spécialisation et semblent peu enclins à faire cas des travaux de leurs collègues ou à en comprendre la portée. Nos comités de visite ont rencontré des spécialistes de la recherche expérimentale qui se demandent s'il ne vaudrait pas mieux considérer l'établissement de cartes sur le terrain comme de simples levés plutôt que comme de la recherche. Nous avons aussi rencontré des personnes qui établissent des cartes sur le terrain et se demandent pour quoi d'autres perdent tant de temps à lire et à rédiger des synthèses plutôt qu'à examiner les roches de première main.

Presque tous s'entendent sur le fait que la science est un processus de recherche par lequel on découvre les faits de la nature. Cependant, l'incertitude règne parmi les chercheurs qui n'arrivent pas à déterminer quelles activités peuvent vraiment être considérées comme de la recherche. Afin d'en savoir plus long, nous avons tiré les grandes lignes du rapport de Bonneau et Corry (1972) sur l'analyse et la classification de la recherche dans les universités canadiennes.

### La classification de la recherche

Selon Bonneau et Corry (ibid) la définition de la recherche est aussi évasive que la vérité qu'elle cherche à découvrir. Dans leur rapport, ils classent la recherche en deux grandes catégories: la recherche de pointe et la réflexion scientifique. Chacune des catégories est rigoureusement définie. Pour en arriver à cette classification, ils se sont basés sur le fait que la curiosité humaine est à l'origine de la découverte d'éléments nouveaux et de l'étude des hypothèses, ces activités, n'en demeurant pas moins très différentes. Des gens s'engagent dans une activité en faisant complètement abstraction de l'autre. Ils sont poussés vers l'une ou vers l'autre en fonction de leur tempérament, de leurs antécédents, de leurs intérêts et de leur éducation. Certains chercheurs poursuivent toujours les deux activités, en proportions variables, mais ce ne sont pas tous les universitaires qui agissent ainsi ou qui doivent le faire pour réussir.

La recherche de pointe se limite, selon la définition de Bonneau et Corry, à l'étude des phénomènes définis par les sens. Fortement empirique, cette recherche se base sur l'expérimentation et l'observation, et nécessite, naturellement, des efforts intellectuels tant pour le choix de l'hypothèse de départ que pour l'analyse et la corrélation des nouvelles données. Que le chercheur soit guidé par son instinct ou suivre un raisonnement logique, il s'agit de toute façon d'une exploration des frontières du savoir pour étendre le champ des connaissances.

Ainsi définie, la recherche de pointe comprend la science empirique de base (recherche ou spéculative) et la science appliquée (recherche utilitaire ou thématique).

La réflexion scientifique, d'après Bonneau et Corry, est une activité presque exclusivement intellectuelle. C'est le phénomène de la pensée qui entre en action pour examiner les principes et les théories qui font que la somme de nos connaissances prend une forme cohérente et significative, soit dans un domaine très réduit ou très vaste. Les avant-gardistes talentueux dans le domaine de la science fondamentale en arrivent naturellement à la réflexion scientifique lorsqu'ils leur faut adapter leurs découvertes aux théories déjà existantes; ceux qui sont engagés dans la recherche appliquée ressentent peut-être moins le besoin de se lancer dans cette forme d'activité. Une bonne réflexion scientifique va toujours de pair avec une bonne notion des découvertes les plus récentes de la recherche de pointe tout en trouvant de nouvelles avenues dans le champ des connaissances.

Certaines disciplines, comme les sciences humaines, sont presque uniquement axées sur la réflexion scientifique. Bien que les sciences soient une combinaison de la recherche de pointe et de la réflexion scientifique, certaines personnes ne seront à leur meilleur, en science appliquée ou en science fondamentale, que si elles n'utilisent qu'une de ces deux méthodes de recherche. Bonneau et Corry citent la Théorie de la relativité d'Albert Einstein comme un triomphe de la réflexion scientifique. Au Canada, dans le domaine des sciences de la Terre, les travaux de J. Tuzo Wilson sont un exemple manifeste des nombreuses grandes découvertes faites, au cours des deux dernières décennies, sur l'ensemble de la tectonique.

La recherche de pointe est très coûteuse; elle nécessite habituellement des instruments, des techniciens, des adjoints de recherche sur le terrain et des moyens de transport. La majorité des subventions du conseil de recherche va à la recherche de pointe, et c'est en partie pour cette raison qu'elle est devenue une des plus prestigieuses activités dans beaucoup d'universités. Si la recherche de pointe, particulièrement dans un domaine restreint, n'est pas très utile pour les professeurs du 1<sup>er</sup> cycle, elle est indispensable pour ceux qui supervisent les travaux des étudiants de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles.

La réflexion scientifique en elle-même est une activité peu coûteuse. Il faut avoir le temps de penser et de lire et, si possible, de voyager pour aller échanger des idées avec d'autres collègues. Un bon professeur du 1<sup>er</sup> cycle doit absolument s'engager dans la réflexion scientifique. Ce genre d'activité peut aussi s'avérer utile pour l'enseignement au niveau de la maîtrise et du doctorat.

À l'époque où ils ont effectué leur étude, Bonneau et Corry (1972) considéraient que les universités pénalisaient les professeurs qui ne s'engageaient pas dans la recherche de pointe. Ainsi, les professeurs qui étaient peu doués pour ce genre de recherches s'évertuaient à en faire, à leur propre détriment et aux frais du pays. Selon Bonneau et Corry, il

serait beaucoup plus avantageux pour la recherche, l'enseignement et les chercheurs eux-mêmes, de laisser les professeurs libres de se concentrer sur la réflexion scientifique et de se fixer de nouveaux objectifs.

Les professeurs de géologie et géophysique n'acceptent pas tous la classification de la recherche établie par Bonneau et Corry et les recommandations qu'ils font pour la rationaliser.

### La recherche en géologie et en géophysique

Les comités qui ont visité les départements à travers le pays ont été impressionnés, non seulement par la qualité et la diversité des recherches en cours, mais aussi par l'importance que beaucoup de départements accordent à la recherche. Vous en trouverez des exemples dans une section subséquente sur le financement de la recherche. Beaucoup de titulaires de chaire et de doyens de départements estiment que tous les professeurs devraient faire des recherches puisque ces activités s'avèrent presque essentielles à l'enseignement des étudiants du 1<sup>er</sup> cycle et indispensables à la formation des étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles. Ils n'ont laissé aucun doute sur ce qu'ils entendaient par "recherche de pointe": accroître les connaissances par des travaux sur le terrain ou en laboratoire. Même dans les facultés où les dossiers de recherche sont peu reluisants, les titulaires semblaient accorder beaucoup d'importance aux réalisations dans le domaine de la recherche. Beaucoup ont souligné que leurs meilleurs chercheurs étaient aussi leurs meilleurs professeurs. Presque tous les doyens et chefs de départements affirment prendre en considération l'enseignement et la recherche lorsqu'il doivent décider d'une promotion. Plusieurs ont mentionné des cas (habituellement une seule personne dans chaque département) où une promotion avait été accordée à un professeur en tenant compte uniquement de ses capacités d'enseignant. Les professeurs interrogés ont toutefois exprimé des opinions très différentes. Beaucoup se plaignent du fait que seuls les professeurs qui publient des travaux de recherche obtiennent rapidement des promotions ou des avantages et que, ces dernières années, il fallait vraiment être exceptionnel pour obtenir une permanence ou une promotion par tout autre moyen.

Les professeurs de géologie et de géophysique sont habituellement très réticents à l'égard de la classification en deux volets établie par Bonneau et Corry et de leur affirmation que ceux qui ne sont pas doués pour le premier genre de recherche peuvent s'engager avec succès dans le second. Ils soutiennent que toute recherche comprend une grande part de réflexion scientifique qui ne consiste, après tout, sans la recherche de pointe, qu'à se tenir au courant des progrès scientifiques, ce que tout professeur devrait habituellement faire. Leur attitude est bien compréhensible. La géologie et la géophysique en sont encore aux dernières étapes d'une révolution scientifique, ce qui donne l'impression que pour enseigner les découvertes les plus récentes, il faut avoir participé à la recherche de pointe. Les professeurs estiment aussi que plus les projets de recherche sont nombreux, plus il est facile de déterminer lesquels sont bons. Certains croient aussi que même les chercheurs médiocres peuvent produire des données utiles dans un grand pays où les ressources naturelles abondent et où le moindre renseignement peut s'avérer utile. De plus, bien que ces scientifiques puissent ne tirer que peu de conclusions valables à partir de leur données, de meilleurs chercheurs pourraient les utiliser dans leur synthèses. (Si les conclusions d'un mauvais chercheur sont douteuses, comment ne pas croire que les données de base le sont aussi!)

Les auteurs de ce rapport ont été impressionnés par la classification de Bonneau et Corry et estiment peu convaincants les arguments des professeurs de géologie et de géophysique. Après avoir vu suffisamment d'excellents professeurs du premier cycle qui n'effectuaient pas de recherche de pointe, et de chercheurs découragés qui auraient voulu abandonner la recherche mais craignaient de perdre la face, les membres du comité estiment que les départements de géologie et de géophysique accordent trop d'importance à la recherche de pointe.

Nous estimons que ceux qui voudraient se tourner complètement vers la réflexion scientifique devraient être libres de le faire. Ils devraient néanmoins être conscients que leur réflexion doit porter fruit, par exemple, en faisant bénéficier leurs étudiants des connaissances acquises, en s'engageant dans les affaires publiques, en rédigeant des manuels scolaires, des articles de vulgarisation, en faisant part de leurs commentaires, en faisant des études et des synthèses générales. Ce genre de travaux est nécessaire, comme on peut le voir au chapitre 7. Des buts, à moyen et à long termes, devraient être fixés, une fois atteints et les résultats étant jugés satisfaisants, les professeurs devraient recevoir une promotion et d'autres récompenses, comme c'est le cas des professeurs compétents dans la recherche de pointe. Ainsi, il y aurait plus de fonds disponibles pour des recherches de niveau supérieur et moins de publications de travaux ordinaire qui manque d'élégance, de noblesse; les chercheurs avant-gardistes qui aimeraient consacrer moins de temps à l'enseignement pourraient le faire; les professeurs pourraient axer davantage leurs efforts sur les nombreuses autres activités qui accusent du retard dans bon nombre de départements. Il faut bien sûr mettre en place un bon système de gestion avant de prendre les mesures décrites au chapitre 2 et ailleurs (Keen, 1979).

Nous recommandons donc:

Que les doyens, chefs de département et autres administrateurs universitaires insistent moins sur la recherche de pointe et encouragent les professeurs qui n'y sont pas à l'aise à se concentrer sur la réflexion scientifique et à mettre leurs talents au service de l'enseignement de nombreuses autres activités savantes dans lesquelles les départements devraient s'engager. Si ces professeurs atteignent les objectifs pré-établis, ils devraient recevoir les mêmes avantages et les mêmes promotions que ceux qui font de la recherche de pointe.

### L'ORGANISATION DE LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE

Ailleurs que dans le milieu universitaire, bon nombre de personnes croient fermement qu'au pire, la recherche universitaire manque totalement de coordination et qu'au mieux, elle fait preuve de trop d'amateurisme. Certaines de leurs opinions sont citées plus loin dans ce chapitre. Les visites que nous avons faites et les discussions que nous avons eues prouvent en partie le contraire. Nous avons trouvé qu'environ la moitié des départements semblaient avoir défini clairement leurs objectifs de recherche. C'était des plus évident dans le cas des nouveaux départements ou des départements assez petits au départ mais qui ont pris de l'expansion dans les années soixante. Ce l'était moins dans le cas de certains départements plus anciens qui s'étaient dotés d'un nombreux personnel enseignant avant que des sommes substantielles ne soient allouées à la recherche. Aussi, il a probablement été difficile de choisir une façon démocratique de former des équipes autour de seulement quelques-uns des nombreux chercheurs individuels. Cependant, la plupart des écoles semblent maintenant avoir résolu ce problème ou s'y attaquent présentement.

Les programmes de nombreux départements de géologie et de géophysique s'orientent vers des sujets régionaux ou des disciplines particulières. Nous ne donnons ici que quelques exemples de chacun.

### Recherche à caractère régional

Dans certains cas, la recherche universitaire toute entière est axée sur les problèmes de la région immédiate. Ainsi, l'université Memorial accorde une importance particulière à Terre-Neuve et à l'Atlantique nord (Bonneau et Corry, 1972, p. 157). Les géologues et les géophysiciens de cette université ont donc dû concentrer leurs recherches sur Terre-Neuve en particulier, sur les régions géosynclinales appalachienne et calédonienne en général et aussi sur les roches précambriennes du Labrador. Beaucoup de chercheurs ont acquis une excellente réputation internationale dans leur branche en se consacrant à des recherches géologiques dans leur région immédiate.

Les universités francophones du Québec axent la majeure partie de leurs recherches sur les problèmes géoscientifiques de cette province. Ainsi, à Chicoutimi et à Montréal, les universités ont réalisé des travaux valables sur les roches précambriennes; les géologues de l'université Laval, des études sur la structure des Appalaches au Québec; l'université de Montréal, des travaux sur la sédimentologie et la biostratigraphie; l'université du Québec à Rimouski, des recherches océanographiques sur l'estuaire du Saint-Laurent; les géologues et les géophysiciens de l'École Polytechnique, des études sur les gisements miniers de la province.

Les spécialistes des sciences de la Terre de l'université de Regina ont concentré leurs recherches sur la Saskatchewan, et certains d'entre eux se sont fait remarquer bien au-delà de la province par de remarquables études structurales sur les roches du Bouclier canadien.

Dans certains cas, des départements ont concentré leurs recherches sur un ensemble de disciplines plus étroitement liées à l'intérêt régional qu'à la géologie régionale. C'est le cas à l'université de Calgary où un petit groupe de spécialistes de la recherche sur le pétrole s'est formé pour collaborer avec l'industrie locale.

### Recherche axée sur une discipline particulière

Par ses recherches océanographiques, l'université Dalhousie permet d'accroître les connaissances dans ce domaine (où il reste encore beaucoup à découvrir), et, en même temps, a tiré avantage de son emplacement. Plusieurs de ses géologues, géophysiciens et océanographes ont acquis une réputation internationale par leurs recherches océanographiques en utilisant le matériel de leur voisin, l'Institut océanographique Bedford.

Il y a environ dix ans, l'université de la Saskatchewan a connu une croissance rapide et elle en a profité pour élargir son champ d'activités en ajoutant à ses travaux de recherche sur les roches cristallines et les gisements miniers d'autres travaux sur les roches sédimentaires et le bassin de l'Ouest canadien. Sa réputation est très solidement établie comme centre de recherche biostratigraphique.

McMaster, département relativement petit, a décidé, il y a nombre d'années, de limiter ses recherches à quelques domaines particuliers. Depuis ce temps, il s'est acquis une réputation internationale en sédimentologie clastique et certains aspects de la géochimie.

Le département des sciences de la Terre à l'université de Waterloo est probablement le meilleur exemple d'une concentration soigneusement planifiée dans des disciplines précises. Fondé en 1965, ce département s'est constitué lentement jusqu'en 1970 alors qu'il prit rapidement de l'expansion pour devenir un de nos plus grands départements. Ses activités se portent principalement sur des recherches inédites sur l'environnement, l'énergie et les ressources. Son groupe sur l'hydrogéologie, l'hydrogéochimie et la géologie nucléaire est unique au Canada. Il a aussi formé les plus gros groupes de géologues et de biostratigraphes spécialistes du Quaternaire dans un département où il y a beaucoup d'interactions entre les domaines de recherche.

Nous avons déjà mentionné que certains des plus anciens et des plus grands départements avaient eu quelques difficultés à établir leurs objectifs de recherche. Avec le temps et les changements dans la Direction, il y a eu et il y aura encore des améliorations. Ainsi, l'université de Toronto a formé des groupes de géophysiciens, de pétrographes et de spécialistes des gisements miniers de première classe et travaille maintenant activement à former des groupes semblables dans le domaine de la biostratigraphie et de la géologie structurale. Elle semble donc en voie de devenir le Cambridge, l'A.N.U. ou le Cal Tech canadien en géologie et en géophysique, ce qui devrait plaire à ceux qui déploraient l'absence de recherches plus poussées dans ces domaines au pays. L'université de Montréal et l'École Polytechnique ont collaboré pour former une seule unité très forte dans plusieurs disciplines.

La plupart des départements de recherche les mieux connus en géologie et en géophysique semblent avoir des plans de recherche bien détaillés ou encore un groupe de chercheurs ayant les mêmes intérêts qui ont été amenés par hasard à travailler plus étroitement ensemble. Ces départements représentent environ la moitié des 40 départements au Canada, soit beaucoup plus que les quelques-uns que nous citons ici. Nous rappelons donc aux 20 autres:

Qu'une attitude de laissez-faire le plus complet envers la recherche peut conduire au gaspillage et à la non productivité. Elle empêche la création d'un milieu propice au partage des idées, des fonds, de l'espace, du matériel et des étudiants diplômés. Les chefs de départements devraient veiller à former des équipes de chercheurs dont les intérêts et les buts sont similaires en suivant l'exemple des départements qui ont réussi à former de bonnes équipes en exant leurs recherches sur des problèmes régionaux, sur une discipline donnée ou sur d'autres centre d'intérêts.

### Collaboration entre les institutions

Certaines critiques de l'extérieur déplorent le manque de collaboration entre les départements des universités et le double emploi que en résulte. Nous en avons vu quelques exemples: concurrence entre des universités de la même province pour les mêmes fonds, rivalités entre les chercheurs universitaires et leurs collègues fédéraux ou provinciaux, matériel très coûteux non utilisé à cause d'un manque d'aide technique. En général, il n'y a probablement pas autant de collaboration qu'il pourrait et devrait y avoir. Nous avons entendu parler de professeurs et d'étudiants diplômés qui ont du se rendre dans des institutions étrangères pour utiliser du matériel parce que celles-ci étaient plus coopératives que des universités plus rapprochées qui possédaient le même matériel. Nous avons vu deux universités essayer par tous les moyens d'obtenir du matériel financé par le gouvernement provincial, chacune d'elle étant convaincue que la perdante aurait bien peu l'occasion d'utiliser ce matériel s'il était

installé dans le laboratoire de l'institution rivale. Il ne leur est jamais venu à l'esprit de s'adresser ensemble aux autorités provinciales et de planifier l'endroit et les modalités de partage du temps d'utilisation pour le plus grand avantage de tous les usagers.

D'autre part, nous avons été impressionnés par des preuves évidentes de collaboration et de coentreprise. Ainsi, des géophysiciens des universités de l'Ouest et des chercheurs du gouvernement fédéral ont participé à d'importants et très coûteux programmes sismiques. De plus, plusieurs universités de l'Ontario ont partagé une subvention substantielle afin d'installer du matériel de microsonde ionique dans la région de Toronto. Plusieurs synthèses majeures et projets géologiques régionaux sont présentement en cours au Canada, particulièrement dans les régions du centre et de l'est, dans le cadre du Programme international de corrélation géologique et d'autres programmes internationaux qui servent de catalyseurs. Beaucoup d'autres projets naissent spontanément des discussions amicales des universitaires entre eux. Les départements partagent aussi du matériel, des subventions de recherche et des idées lors de séminaires, d'ateliers, de voyages sur le terrain et de conférences. Dans le chapitre 6, nous donnons quelques exemples de collaboration avec d'autres départements de sciences. Même si nous nous plaignons du manque de communication entre, par exemple, les départements de géologie et de chimie, il y a d'excellents exemples de collaboration. Ainsi, un géologue spécialiste du Quaternaire de l'université de l'Alberta a mis au point du matériel de datation des acides animés dans le département de chimie, et des géologues de Toronto participent à plusieurs projets conjoints avec leurs collègues du département de chimie. La preuve réside dans le produit: un examen rapide des récentes publications de journaux démontre que les professeurs universitaires canadiens des sciences de la Terre publient probablement plus de travaux en collaboration avec leurs collègues des autres universités, des agences gouvernementales et de l'industrie que la plupart des autres groupes de spécialistes des sciences de la Terre dans le monde occidental.

Nous recommandons:

Que les universités qui se font concurrence étudient les avantages qu'elles pourraient tirer de la collaboration tant dans la recherche que dans d'autres domaines, et tentent de créer des liens entre elles. Une telle collaboration devra probablement commencer au niveau des chercheurs puisque nous avons constaté que les administrateurs principaux sont souvent au courant des ces rivalités et semblent les tolérer.

#### Innovation

Une des critiques que nous avons formulées à l'endroit de l'enseignement universitaire dans le domaine des sciences de la Terre, soit l'absence de nouvelles approches, s'applique aussi à la recherche. Les universités qui, tout au long de leur histoire, ont été les grandes instigatrices du progrès, semblent remarquablement réticentes devant le changement. La plupart des recherches universitaires se font selon la ligne traditionnelle, et la plupart des départements semblent peu enclins à quitter les sentiers battus. Nous avons déjà cité le département de l'université de Waterloo comme étant un de ceux qui avait réussi à le faire. Le département des sciences des ressources de la Terre de l'université Guelph, qui effectue des recherches sur les sols, l'hydrologie et la géochimie, en est un autre qui semble réussir dans une voie très différente de celle adoptée par les départements de géologie traditionnels. Cependant, malgré les grands appels lancés depuis plusieurs années, il est étonnant de voir que le Canada ne se soit pas encore doté d'un bon programme de recherche académique sur la géologie du charbon. Les recherches

commencent toutefois à s'orienter graduellement dans cette voie. Il se fait peu de recherche dans l'intéressant domaine de la géochimie organique, malgré son importance évidente pour l'évaluation des ressources en hydrocarbures. La plupart des chercheurs évitent le domaine de la minéralogie des argiles, malgré son importance pour la diagénèse sédimentaire et, par conséquent, pour les géologues et les ingénieurs intéressés à la récupération du pétrole des sables colmatés. Seules l'université de Calgary et l'École Polytechnique effectuent des recherches assez limitées dans ce domaine avec l'aide financière de sociétés privées.

Nous recommandons:

Que les départements (particulièrement les petits départements), au moment de combler des postes, pensent sérieusement à s'écarter de la pratique normale qui consiste à dresser leur liste en fonction des branches traditionnelles de la géologie et de la géophysique. Ils devraient veiller à nommer des chercheurs capables de créer des ouvertures dans de nouveaux domaines de recherche et à faire le lien entre des disciplines principales.

#### FINANCEMENT DE LA RECHERCHE

##### Principale source de financement

La recherche universitaire est principalement subventionnée par les universités elles-mêmes, c'est-à-dire par les gouvernements provinciaux. Les universités prêtent seulement de l'aide à la recherche qui, la plupart du temps, se présente sous forme de ressources matérielles ou de main-d'oeuvre offertes gratuitement ou à des coûts réduits. Les subventions qui ont permis de lancer les recherches n'en assurent pas nécessairement la continuité, et les universités doivent souvent prendre en charge les frais engagés pour le nouveau matériel et le personnel additionnel, ce qui peut, à long terme, mener à des problèmes financiers. C'est pourquoi certaines universités ont dû se pencher sérieusement sur la question de l'expansion de la recherche.

Les sommes qui proviennent de l'extérieur, soit des subventions, des ententes et des contrats, constituent seulement de l'aide à la recherche qui, la plupart du temps, se présente sous forme de ressources matérielles ou de main-d'oeuvre offertes gratuitement ou à des coûts réduits. Les subventions qui ont permis de lancer les recherches n'en assurent pas nécessairement la continuité, et les universités doivent souvent prendre en charge les frais engagés pour le nouveau matériel et le personnel additionnel, ce qui peut, à long terme, mener à des problèmes financiers. C'est pourquoi certaines universités ont dû se pencher sérieusement sur la question de l'expansion de la recherche.

##### Subventions pour la recherche

Les enseignants universitaires ont besoin de fonds pour plusieurs aspects de leurs recherches, principalement pour le matériel, l'aide technique, l'aide aux étudiants diplômés et aux agrégés et les voyages. Ils demandent des subventions des gouvernements fédéral et provinciaux, des gouvernements étrangers, des fondations philanthropiques, des compagnies d'ingénieurs-conseils, des sociétés pétrolières et minières et des universités elles-mêmes.

Certains de ces montants accordés en subvention sont rendus publics. Ainsi, le Conseil de recherche en science naturelles et en génie (C.R.S.N.G.) a accordé, en 1980-1981, 7,9 millions de dollars de subventions; le ministère de

l'Énergie, des Mines et des Ressources, par le biais de la C.G.C. et de la D.P.G., accorde annuellement plus de 0,5 million de dollars en contrats de recherche. Depuis 1978, le ministère ontarien des Mines offre des subventions annuelles totales de 0,5 million de dollars à titre d'essai pour cinq ans. Quelques géoscientifiques canadiens détiennent des bourses Killam, administrées par le Conseil des Arts du Canada et dont le montant annuel se chiffre à plus de 40 000 dollars. Toutes ces subventions sont inconditionnelles; les chercheurs sont libres de poursuivre leurs travaux comme ils l'entendent.

Les informations sur les contrats et l'aide à la recherche ne sont pas aussi faciles à obtenir. Même ceux qui sont du domaine public, soit les contrats des agences fédérales et provinciales, sont difficiles à rassembler. Les montants de ces contrats varient d'une année à l'autre. Cependant, certains contrats provinciaux, surtout ceux qui bénéficient des programmes d'aide fédérale à court terme, se chiffrent à des centaines de milliers de dollars. Les sociétés accordent des bourses et des contrats pour une grande variété de sujets et fournissent aussi de l'aide matérielle aux universités. Baillie (1979) estimait l'aide directe apportée à la recherche universitaire par les sociétés pétrolières à environ 200 000 dollars par année. Nous n'avons pu obtenir d'estimation équivalente pour les sociétés minières, mais nous savons qu'une société, citée comme modèle plus loin dans cette section, a fourni à elle seule l'équivalent de ce montant à la recherche universitaire.

La meilleure façon d'obtenir des estimations de l'aide totale apportée à la recherche universitaire dans le domaine des sciences de la Terre est évidemment de demander à chaque chef de département de nous les fournir. Pour des raisons que nous n'avons pas comprises, beaucoup hésitent à nous donner ce genre d'information. Par conséquent, les seuls chiffres dont nous disposons relativement à l'aide apportée à la recherche universitaire concernent les subventions du C.R.S.N.G. et les contrats gouvernementaux.

Cependant, les chefs de grands départements de géologie, Totonro, Alberta et Waterloo, nous ont informé que leurs revenus totaux provenant de contrats et de subventions se chiffraient en moyenne à un million de dollars par année. Cette somme est peut-être une bonne approximation de ce que reçoivent les départements d'une importance équivalente et dont les activités sont semblables, mais nous n'en savons vraiment rien.

## LES SUBVENTIONS DU C.R.S.N.G.

Mis à part les quelques bourses spéciales telles que la bourse Killam, les subventions du C.R.S.N.G. sont les plus recherchées. Nombre de chefs de départements qui ont répondu à notre questionnaire ont pris la peine de souligner que leur département avait le plus haut pourcentage de professeurs admissibles à des subventions du C.R.S.N.G., ou la plus haute moyenne de subventions par professeur, ou les subventions totales les plus élevées, ou le plus fort taux d'amélioration au cours des cinq dernières années, et ainsi de suite. Il ne fait aucun doute que les subventions du C.R.S.N.G. sont considérées comme des subventions de prestige et comme un baromètre national des capacités dans le domaine scientifique.

Il y a de bonnes raisons pour cela: le C.R.S.N.G. est de loin la plus grande source de financement des sciences au Canada; son système de sélection est très respecté et cherche surtout à encourager l'excellence; ses subventions entraînent peu d'obligations et les chercheurs sont libres d'utiliser les fonds comme ils l'entendent au fur et à mesure des besoins.

## Nature des subventions

Les subventions pour la recherche opérationnelle du C.R.S.N.G. ne sont accordées qu'aux chercheurs sérieux et permanents des universités canadiennes. Elles varient habituellement de 3000 à 50 000 dollars par année. En 1980-81, les subventions totales se chiffraient à environ 6,8 millions de dollars. Presque toutes vont à des chercheurs individuels et habituellement moins de 1 pour cent à des groupes qui se proposent de travailler en équipe.

Les chercheurs sérieux et compétents reçoivent habituellement une subvention de trois ans, versée en paiement annuel avec des ajustements en fonction de l'inflation. Des subventions d'un an seulement sont accordées à de nouveaux chercheurs qui n'ont pas encore fait leurs preuves, à ceux dont les recherches sont en difficulté et aux chercheurs compétents qui préfèrent une subvention d'un an pour des raisons personnelles.

Les subventions pour la recherche opérationnelle sont envoyées aux universités des bénéficiaires où elles sont administrées et gérées par le service des finances. Elles ne peuvent toutefois être dépensées que par le bénéficiaire, pour les besoins de sa recherche.

Le C.R.S.N.G. fournit aussi des fonds pour le matériel, allant du microscope pétrographique au spectrographe de masse. En 1980-81, le total de ces fonds s'élevait à 1,1 million de dollars, sans compter les quelques milliers de dollars accordés pour les voyages spéciaux. Toutes les décisions relatives à ces subventions relèvent du comité de sélection pour les bourses des sciences de la Terre.

En 1977, le C.R.S.N.G. a mis en oeuvre un programme spécial de subventions thématiques pour permettre aux chercheurs universitaires d'utiliser leur expérience de la recherche dans des domaines précis d'intérêt national. Les trois premiers domaines choisis, soit l'énergie, les océans et la toxicologie de l'environnement, devaient intéresser tous les spécialistes des sciences de la Terre. Au moment de mettre sous presse, peu de groupes de ces spécialistes avaient réussi à obtenir ces subventions.

Le C.R.S.N.G. offre aussi les subventions PRAI qui n'offrent pas d'intérêt particulier pour ce rapport.

## Méthode de sélection

Le comité est composé de huit professeurs, de deux géoscientifiques attachés à des sociétés (habituellement d'une société pétrolière et d'une société de minéraux métalliques), un géoscientifique du C.N.R. nommé d'office comme secrétaire et un observateur de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Il est donc représentatif des diverses régions géographiques et des différentes disciplines.

Chaque année, un tiers des membres sont remplacés par le C.R.S.N.G. sur la recommandation du comité après consultation des groupes et des particuliers de la communauté géoscientifique.

Les professeurs doivent présenter des demandes de subventions formelles dans lesquelles ils décrivent leur projet de recherche et en donnent une estimation des coûts. Ils doivent aussi fournir des renseignements sur les documents qu'ils ont fait publier et sur leurs autres réalisations, ainsi que des copies de leurs publications les plus récentes et les plus pertinentes. Les membres du comité visitent à tour de rôle des universités tous les trois ans pour rencontrer les candidats et vérifier le matériel. Ils lisent les dernier

articles publiés des candidats dans leurs propres domaines et les rapports des arbitres de l'extérieur, choisis par le C.R.S.N.G. sur la suggestion des candidats et des membres du comité.

Les subventions de recherche du C.R.S.N.G. sont presque toujours attribuées à des particuliers. Les subventions aux groupes ou aux équipes ne représentent qu'environ un pour cent des subventions totales. Les nouveaux candidats ne reçoivent habituellement que des subventions de départ relativement modeste (de 7 000 à 9 000 dollars en 1980), en fonction de leurs références et de leurs besoins en matière de recherche. Les chercheurs plus expérimentés sont jugés principalement sur leur recherches antérieures. Ceux qui ont les meilleurs dossiers de recherche reçoivent habituellement presque tous les fonds qu'ils demandent, mais ceux qui ont des dossiers moins valables n'en reçoivent qu'une partie. Le C.R.S.N.G. diffère des autres organismes d'aide à la recherche en ce sens qu'il accorde plus d'importance au dossier de recherche du candidat qu'au projet de recherche lui-même.

Une fois que le comité de sélection a reçu tous les renseignements et les recommandations demandés, il se réunit pendant environ une semaine au printemps, à Ottawa, afin de distribuer les subventions du C.R.S.N.G. aux 500 candidats choisis. La plupart des membres ont déjà pris leur décision à ce moment là, et il ne s'agit que d'en arriver à un consensus. Dans certains cas controversés, cependant, il peut être nécessaire de communiquer de nouveau avec les arbitres pendant la réunion. Ce processus de sélection semble très équitable. Il y a eu certains parti-pris qui ont duré assez longtemps et dont nous parlerons plus loin, et il peut y avoir des cas où les membres ont fait preuve d'une certaine partialité en raison de l'importance qu'ils accordent à certaines disciplines ou à certaines régions. Cependant, comme nous l'a dit un ancien membre du comité, un chercheur ne pourrait être victime de préjugés de la part du comité pendant plus de deux ou trois ans, puisque le tiers des membres est remplacé chaque année.

Les candidats refusés qui portent plainte au C.N.R.S.N.G. peuvent habituellement se faire entendre, non seulement du comité actuel, mais aussi du comité suivant. La collectivité doit beaucoup à ceux qui ont participé, toujours sans aucune rémunération, à ces importants comités. La tâche du comité de sélection devient de plus en plus difficile depuis que la Loi sur l'accès aux documents du gouvernement rend obligatoire la divulgation des noms des arbitres. Beaucoup de chercheurs refusent de donner leur opinion ou préfèrent rester neutre afin d'éviter une éventuelle querelle avec un candidat à qui on a refusé une subvention.

Nous recommandons l'utilisation de la méthode de sélection par les pairs d'abord appliquée au C.N.R. et maintenant au C.R.N.G. L'anonymat des arbitres de l'extérieur est un élément indispensable de ce système, et nous demandons instamment aux dirigeants du C.R.S.N.G. de persister à demander que le système d'arbitrage scientifique soit exempté des règlements de la Loi canadienne sur les droits de la personne.

#### Quelques exemples de financement de projets de recherche récent

Le tableau 5.2 donne la liste des départements qui ont reçu des subventions dans le domaine des sciences de la Terre. Il est à noter que même si les départements de géologie et de géophysique ont eu la part du lion, beaucoup d'autres départements ont aussi reçu des subventions, soit l'archéologie, la zoologie, la botanique, les mathématiques, le

génie civil, l'agriculture, la géographie et la physique. Les projets sont très diversifiés allant des variations spatiales de la faune canadienne des insectes durant le Pléistocène supérieur, aux variations géomathématiques et modélisations électromagnétiques, en passant par la propriété qu'ont les roches sédimentaires de servir de réservoir et la métallogénie des sulfures de métaux communs et des gisements aurifères.

Le tableau 5.3 donne la liste des subventions les plus élevées accordées en 1980-81, toutes celles qui sont supérieures à 32 000 dollars. On y donne les titres abrégés qui, s'ils sont représentatifs de la grande variété de projets, ne donne pas une bonne idée des sujets et du nombre de recherches dans chacune des différentes disciplines. Ainsi, des 25 projets énumérés, sept se trouvent en géophysique et six en génie civil (géotechnique). Cela dépasse de loin la proportion d'une ou l'autre de ces deux disciplines dans la communauté géoscientifique et indique que les géophysiciens et les ingénieurs reçoivent habituellement des subventions plus élevées que les chercheurs des autres disciplines des sciences de la Terre.

De plus, la plupart de ceux qui sont associées à la géologie sont engagés dans des projets réalisés en bonne partie par des travaux en laboratoire. C'est également une habitude traditionnelle; en effet, le C.R.S.N.G. a toujours eu tendance à accorder des subventions plus importantes aux projets, menés en laboratoire, dans les domaines de la chimie ou de la géologie comme la géostratigraphie ou la cartographie. Toutefois, cette tendance change et au moins un géologue régional avec formation en cartographie, un spécialiste de la paléontologie des vertébrés et un spécialiste de la géographie physique font partie du groupe qui a obtenu les subventions les plus importantes. On retrouve un autre écart à la tradition dans l'âge des bénéficiaires des subventions: bien que la plupart d'entre eux soient dans la quarantaine ou au début de la cinquantaine, au moins trois sont à peine au milieu de la trentaine. En outre, le plus jeune département géoscientifique canadien, celui de Waterloo, (tableau 2.2) reçoit une des subventions totales des plus importantes (tableau 5.2). C'est un autre écart à la tradition alors que les subventions accordées aux meilleurs chercheurs augmentaient lentement avec l'âge et qu'il y avait peu de bonds en avant important pour les scientifiques plus jeunes.

Comme nous le soulignons ci-dessous, bien que la plupart ou la totalité des géoscientifiques s'entendraient pour dire que ceux dont les noms figurent au tableau 5.3 comme bénéficiaires des subventions les plus importantes comptent parmi nos meilleurs scientifiques universitaires, beaucoup d'entre eux ajouteraient d'autres noms à une telle liste; tout cela pour dire que l'importance de la subvention n'est pas le seul critère d'excellence.

#### Pratiques et statistiques récentes

Après le milieu des années 60, les augmentations annuelles de l'aide financière données par le gouvernement fédérale aux sciences n'ont pas suivi l'inflation. Au cours de la décennie qui a suivi 1969, il y a eu une baisse de 30 % en termes de dollars de 1969. La géologie et la géophysique ont profité pleinement de cet appui plus lentement que d'autres sciences et, comme le décrit Strangway (1976), au moment où, au Canada, les sciences de la Terre ont atteint un niveau des plus importants et des plus fascinants, les fonds fédéraux ont subi des coupures draconiennes. La situation s'est renversée pour ce qui est du programme de 1980-1981, qui constitue une partie d'un plan quinquennal proposé par le gouvernement pour accroître les dépenses de R et D de 0,9 % à 1,5 % du P.N.B. Le budget du C.R.S.N.G. a été augmenté de 34,2 % pour passer d'environ 118,5 à 159 millions de

dollars. Les sommes accordées par les divers comités de subventions scientifiques ont augmenté de 14,2 % pour passer à 93,3 millions de dollars; celles du groupe des sciences de la Terre ont augmenté de 13 % pour passer de 6,5 millions de dollars en 1979-1980 à 7,3 millions de dollars en 1980-1981. La subvention de recherche moyenne en sciences de la Terre est passée de 12 963 dollars en 1979-1980 à 14 629 dollars en 1980-1982.

À ses débuts, le Comité de sélection des subventions accordées aux sciences de la Terre par le C.N.R.C. a tendance, par rapport aux autres sciences, à accorder beaucoup de petites subventions et peu de subventions importantes. Le taux de rejet est faible et il est assez simple de recevoir une certaine somme mais très difficile pour un chercheur de talent d'obtenir suffisamment de fonds (ce cette source du moins) pour se lancer dans un programme d'envergure. Cette tendance commence à changer vers 1973 alors que le Comité se met à informer ceux dont le rendement laisse à désirer que leurs subventions prendront fin à moins qu'il n'y ait une amélioration marquée. Ainsi, beaucoup d'entre eux sont éliminés à ce moment-là et par après, au point que, bien que le total des membres des corps professoraux dans toutes les sciences de la Terre augmente jusqu'en 1978 (par exemple voir la figure 1 pour la géologie et la géophysique), le nombre de bénéficiaires de subventions demeure à un niveau constant d'environ 500 (figure 2A). Les subventions deviennent alors plus importantes et il y a une augmentation accélérée du nombre de subventions supérieures à \$15 000, probablement tant à la suite d'une augmentation des fonds que de l'adoption de méthodes de sélection plus strictes. Il semble facile d'identifier et de récompenser les très bons chercheurs. Ainsi, en 1979 (figure 2B), un précédent est établi par l'octroi de plusieurs subventions d'une durée de trois ans supérieures à \$40 000 (à la suite de l'augmentation du taux d'inflation, l'une d'entre elles est maintenant de \$55 000). Toutefois, malgré le précédent, en 1980, le Comité est d'avis qu'aucune des demandes soumises cette année-là ne mérite plus de \$40 000 (figure 2C).

À l'autre bout de l'échelle, il semble plus difficile de prendre des décisions. Il y a un grand nombre de subventions de \$3 000 à \$10 000 (figure 2C). Certaines sont accordées, avec raison à de nouveaux détenteurs de doctorats qui n'ont pas encore fait leurs preuves, plusieurs sont accordées à de bons spécialistes de la géographie physique dont les besoins sont plus modestes (ou qui ne savent pas qu'ils pourraient demander plus!), et quelques-unes sont accordées à des scientifiques compétents qui font des études théoriques ou des analyses réflexives et dont les besoins sont également modestes. Cependant, bon nombre de ceux qui font partie de cette catégorie travaillent dur mais lentement et devraient être écartés de la recherche d'avant-garde et orientés vers des domaines plus reproductifs. Dans certains cas, c'est ce que suggèrent les titres de leurs projets ainsi que leur rendement à long terme et, dans d'autre cas, les conversations avec les membres de notre comité visiteur. Un groupe de travail spécial devrait peut-être se consacrer à faire le tri, dans cette catégorie de subventions, entre le chercheur vraiment novateur et celui qui ne quitte pas les sentiers battus.

Nous applaudissons les efforts continus du Comité de sélection des subventions en sciences de la Terre pour être plus sélectif. Les subventions accordées par le C.R.S.N.G. devraient porter sur de la recherche d'avant-garde de première classe et ceux qui sont incapables de s'engager dans de telles recherches doivent être éliminés du système et encouragés à s'orienter ailleurs. Pour venir en aide au comité dans un processus de sélection plus strict, nous suggérons qu'il nomme un groupe de travail, composé peut-être de certains

de ses anciens présidents, chargé d'étudier le dossier de ceux qui reçoivent des subventions inférieures à \$10 000 dans le but de mettre rapidement un terme aux subventions accordées à ceux qui paraissent peu aptes à contribuer, de façon substantielle, aux sciences de la Terre.

### Subventions pour l'achat de matériel

Chaque année, le C.R.S.N.G. finance l'achat de matériel de base. Les bénéficiaires sont choisis par le même comité de pairs (comité de sélection mentionné plus haut) qui distribue les subventions d'expérimentation. Les membres de ce comité font leur choix en se basant sur la recherche déjà effectuée par les candidats et sur les installations matérielles des universités qu'ils ont préalablement visitées. L'équipement acheté devient automatiquement la propriété de l'université à moins qu'il n'en soit précisé autrement. On encourage les bénéficiaires de telles subventions à mettre l'équipement à la disposition d'autres chercheurs et ce facteur est souvent prépondérant lorsqu'il s'agit de décider d'accorder une subvention.

Au cours des réunions tenues en 1980, la somme de \$531 126 a été remise à ceux qui demandaient moins de \$75 000 (tableau 5.5) et \$591 200 à ceux qui demandaient plus de \$75 000. Dans le cas des subventions majeures, le comité demande généralement à l'université de garantir les locaux et l'aide technique pour que les instruments puissent être utilisés pendant un temps raisonnable. En outre, l'université ou une autre source de financement doit souvent contribuer à l'investissement initial. Exemples typiques de matériel acheté grâce à des subventions importantes en 1980-1981:

- spectromètre de masse à source transistorisée pour recherche isotopique et géochronométrie à l'université de la Colombie-Britannique (\$170 000);
- laboratoire de spectrométrie à fluorescence aux rayons X à l'université de la Saskatchewan (\$187 900);
- machine d'essai électrohydraulique à servocommande et à circuit fermé pour le génie civil à l'université de la Saskatchewan (\$110 000);
- spectromètre de masse pour analyses d'isotopes stables à l'université de Waterloo (\$123 300).

Exemples de diverses subventions accordées pour l'achat d'équipement mineur:

- dispositif de mesure de l'inclinaison à niveau au mercure pour le département de physique à l'université de l'Alberta (\$25 000);
- microscope de recherche à polarisation à l'université Dalhousie (\$7 850).

En collaboration avec des géoscientifiques des universités Western Ontario et McMaster, l'université de Toronto construit actuellement une microsonde à ions. L'ancien chef du département de géologie de l'université de Toronto est chercheur en chef. Des spécialistes de la physique nucléaire de l'université participent également à l'élaboration de certains aspects de l'installation ultrasensible. La subvention de \$785 000 accordée par le C.R.S.N.G. est payée en trois versements. De plus, le ministère fédéral des Approvisionnements et services a accordé \$370 000 sur une période de trois ans et des sommes plus petites ont été fournies par É.M.R. et Environnement Canada. Lorsque toute l'installation sera terminée en 1981, la sonde sera alors une installation nationale et pourra être

utilisée par des géoscientifiques de tous les coins du pays, initialement par ceux qui font des études au C136 et au C14.

### Subventions accordées à des groupements

Des subventions partagées ont été lancées il y a environ cinq ans dans le but d'encourager la recherche conjointe. Les subventions peuvent prendre l'une de trois formes en l'occurrence subvention d'équipe subvention de collaboration et subvention de programmes permanents. Les subventions d'équipe appuient la recherche de deux ou de plusieurs candidats plus ou moins de la même façon qu'une subvention d'expérimentation individuelle. Les subventions de collaboration servent à payer les dépenses des groupements qui entreprennent des projets de recherche en collaboration qui pourraient déboucher sur d'importantes contributions à la science. De tels fonds ne peuvent être utilisés pour appuyer les étudiants de niveau supérieur ou pour acheter du matériel nouveau. À l'heure actuelle, quelques projets d'équipe reçoivent un total annuel de \$56 660 pour étudier le potentiel minier de la zone de plis de Cape Smith au nord du Québec. Le seul projet coopératif en marche à l'heure actuelle porte sur le sondage électromagnétique en profondeur et reçoit \$45 000 par année; il est dirigé conjointement par un géophysicien et un spécialiste du génie électrique à l'université du Manitoba. Dans ce cas, le géophysicien peut également conserver sa propre subvention importante d'expérimentation.

Les subventions de programmes permanents ont été conçues dans le but de contribuer aux frais d'entretien d'exploitation d'importantes installations spécialisées pour lesquelles il serait déraisonnable d'attendre un appui suffisant des subventions d'exploration ou autres. En 1980-1981, aucune somme n'a été accordée à des programmes permanents.

Depuis leur lancement, il y a eu relativement peu de demandes et encore moins de subventions accordées dans ces catégories. Cela vaut également pour les autres sciences à l'exception de la physique d'énergie faible pour laquelle une importante somme (3, 4 millions de dollars) a été accordée pour des subventions de programmes permanents en 1980-1981 et une somme analogue pour des projets spéciaux a été accordée en physique de haute et de moyenne énergies dans le but probable de contribuer au maintien des activités dans les laboratoires déjà en place.

Apparemment, ceux qui font de la recherche d'avant-garde aiment travailler par eux-même et collaborer à leurs propres conditions sans être limités par des subventions partagées. De plus, le comité de sélection a tendance à s'attacher plus à la qualité du scientifique qu'au projet de façon qu'il faut en effet qu'un projet conjoint soit très bon avant que les membres du comité ne lui accordent des fonds en plus des subventions d'exploitation normales.

Plusieurs des principaux géoscientifiques interrogés par nos comités ont déclaré que les subventions de programme permanent ou d'autres subventions similaires devront être de plus en plus élevées si les universités continuent à réduire les budgets d'entretien et de soutien technique des laboratoires. Le C.R.S.N.G. devra peut-être financer des installations géoscientifiques de la même façon que, pendant nombre d'années, il a soutenu massivement la physique de l'énergie intermédiaire et de la haute énergie.

### Subventions thématiques

Ces subventions sont l'objet du plus grand programme du C.R.S.N.G. Accordées depuis 1977, elles visent à stimuler la

recherche universitaire dans des domaines précis et d'intérêt national: les communications, l'énergie, la toxicologie environnementale, l'alimentation et l'agriculture et l'océanographie. En 1980-1981, un domaine qui n'est pas encore bien défini ou délimité a été ajouté à cette liste. Le C.N.R.S.G. consacre chaque année environ 10 millions de dollars à ce programme et prévoit tripler cette somme au cours des six prochaines années si les résultats le justifient et s'il y a des fonds disponibles.

Un comité spécial décerne ces subventions après avoir discuté, avec les comités de sélection appropriés, des dossiers des scientifiques et des installations des universités concernées.

Au début, les géologues et les géophysiciens n'ont pas obtenu beaucoup de succès en ce qui concerne l'obtention de subvention. Cependant, en 1979-1980, ils ont reçu au total 22 subventions d'une valeur totale de \$914 800: 5 dans le domaine de l'énergie, 4 en toxicologie environnementale et 13 en océanographie. La subvention individuelle la plus élevée (\$170 520) a été accordée à un géologue de Toronto pour la mise au point d'un spectrographe à émissions de plasma combiné par induction, utilisé dans le domaine de la toxicologie environnementale. Ce programme encourage les recherches multidisciplinaires et, parmi les projets menés à bien, citons celui d'un minéralogiste et cristallographe de l'université McGill qui travaille avec un physicien sur la mise au point d'une cellule photovoltaïque électrique et celui d'un géophysicien du Manitoba qui effectue des recherches avec un ingénieur en électricité sur les effets des courants solaires géomagnétiques sur les réseaux de puissance électrique.

Des chercheurs individuels et des groupes de géophysiciens de 11 universités reçoivent des subventions. Les géoscientifiques du milieu marin de l'université Dalhousie en sont actuellement les principaux bénéficiaires et recevaient environ \$340 000 par année en 1978-1980.

Nous louons le C.N.R.S.G. pour son programme innovateur de financement de la recherche et nous prions instamment les géologues et les géophysiciens de collaborer avec leurs collègues d'autres disciplines pour concevoir des projets d'intérêt national qui seront admissibles à des subventions thématiques.

### La recherche dans les universités francophones

Blais et al. (1971) ont souligné que le nombre des membres du corps professoral en géologie au Québec était moins élevé que la moyenne nationale; en 1968, ce nombre s'élevait à environ 20% du total national par rapport à 29 % de population. En 1980, les géologues des universités du Québec ne représentaient que 17% de la moyenne nationale et ceux des universités francophones seulement 13% du total national alors que la population du Québec en constituait 27%. Nous n'avons pas les chiffres exacts pour les autres sciences de la Terre, mais il est évident que les facultés de géologie des universités du Québec ne sont pas assez importantes.

Le financement du C.N.R.S.G. pour la recherche géoscientifique dans les universités francophones a toujours été un sujet d'inquiétude. Au cours de la dernière décennie, ce financement a varié de 9 à 10, 7% du total national sans tendance significative. En 1980-1981, il ne s'est produit aucun changement (tableau 5.6): les universités francophones ne reçoivent que 10,4% du total des subventions de fonctionnement pour les sciences de la Terre.

La médiocrité a rarement sa place dans les universités du Québec où il se fait beaucoup de travaux géotechniques. Par exemple, le groupe géotechnique de l'université Laval reçoit deux fois plus de subventions du C.N.R.S.G. que le département de géologie (tableau 5.2). En 1980-1981, 11 des 32 subventions pour la recherche géotechnique et 32% de tous les fonds accordés pour ce type de recherche sont allés à des universités francophones. Bien que la subvention moyenne accordée aux francophones du Québec dans le domaine des sciences de la Terre soit de \$13 103, et en géologie seulement, de \$13 215, la moyenne pour les études géotechniques est de \$16 087. Trois ingénieurs géotechniciens des universités francophones ont été parmi les plus grands bénéficiaires de subventions au pays (tableau 5.3). De plus, l'université de Montréal, qui, depuis plus d'une décennie, s'est principalement occupée de la recherche de pointe en géologie, s'est vu accorder l'une des subventions moyennes les plus élevées en géologie en 1980-1981, surpassée seulement par les universités McMaster et Western Ontario.

Les professeurs de certaines universités francophones expliquent de plusieurs façons le faible pourcentage de subventions que les organismes nationaux leur accordent: 1) Les professeurs qui font relativement peu des recherches obtiennent facilement des fonds de plusieurs sources provinciales. La concurrence n'est donc pas très forte, et les chercheurs ne sont pas portés à publier leurs travaux. 2) Les possibilités de consultation et de recherche thématique sont nombreuses et tendent à éloigner tant les étudiants diplômés que les professeurs de la recherche de pointe. 3) Les lourdes tâches d'enseignement et les autres engagements avec les étudiants minimisent les possibilités de recherche. Cet argument est certainement valable pour l'université Laval et l'université du Québec à Montréal. 4) Les lois sur la langue ont isolé les écoles supérieures où l'atmosphère semble beaucoup moins stimulante que dans les milieux étudiants plus cosmopolites.

Étant donné que bon nombre de géologues de l'université de Montréal et de l'École Polytechnique reçoivent des subventions importantes du C.N.R.S.G., une combinaison des raisons 1, 2, et 3 pourrait expliquer le fait que les subventions soient moins élevées que la moyenne et que peu de chercheurs des autres institutions francophones soient bénéficiaires de subventions. Nous avons déjà présenté une recommandation (chapitre 3) concernant les écoles où le rapport étudiants-professeurs dépasse de beaucoup la moyenne nationale. De tels rapports sont sûrement des obstacles à la recherche.

#### Comparaisons avec d'autres sciences

Les sciences de la Terre (de même que la biologie, le génie et quelques autres disciplines) ont toujours reçu moins de subventions du C.N.R./C.R.S.N.G. que la physique et la chimie. On a donné plusieurs raisons pour expliquer ce phénomène, notamment: 1) Les sciences de la Terre ont tardé à profiter du financement du C.N.R. 2) L'argument très répandu voulant que le financement de la plupart des recherches géologiques soit entrepris par d'autres agences fédérales ou peut-être par les gouvernements provinciaux 3) L'idée, malheureusement soutenue par certains géologues de la vieille garde, que les recherches géologiques ne sont pas très coûteuses.

En 1975-1976, les problèmes du financement des recherches scientifiques ont été étudiés (Neale et Wynne-Edward, 1975; Wynne-Edwards et Neale 1976) et il a été suggéré que les changements qui se produisaient au

niveau national nécessitaient un renversement des priorités. Même avant cette époque, les fonctionnaires du C.N.R. ont commencé à effectuer des changements lents mais subtils dans le financement. Jusqu'à maintenant, ces changements se sont poursuivis au C.N.R.S.G. Par exemple, les subventions de fonctionnement accordées aux sciences de la Terre ont augmenté de 12,9% en 1980-1981, alors que celles accordées à la chimie n'ont augmenté que de 8,9% et celles accordées à la physique de 6,2%.

Le tableau 5.7 tiré de l'étude de Neale et Wynne-Edwards (1976) donne la moyenne des subventions de fonctionnement accordées à la plupart des sciences subventionnées par le N.R.C. en 1975. Nous avons ajouté à ce tableau les chiffres du C.N.R.S.G. pour 1980 afin de démontrer que la situation s'est beaucoup améliorée et que la moyenne des subventions de fonctionnement accordées aux géoscientifiques est bien plus élevée que celle que reçoivent les autres bénéficiaires. Toutefois, les sciences de la Terre n'ont pas connu un essor aussi grand que les sciences biologiques, et particulièrement la biologie des populations.

Nous louons le C.N.R.S.G. pour les efforts qu'il a déployés afin d'adapter le financement de la recherche aux besoins nationaux, particulièrement parce qu'il a tenté de le faire sans nuire aux domaines, qui après une période de progrès accéléré, se trouvaient temporairement déphasés. L'augmentation relativement lente du financement de la recherche dans le domaine des sciences de la Terre ne semble cependant pas correspondre aux besoins actuels et nous tenons à faire les remarques suivantes au C.N.R.S.G. Nous recommandons:

Que le Conseil canadien des sciences de la Terre loue le C.N.R.S.G. pour sa politique de réévaluation permanente des besoins des diverses disciplines, mais demande que les montants accordés aux sciences de la Terre augmentent plus rapidement afin qu'ils correspondent aux besoins nationaux toujours croissants en matière d'évaluation des terrains, de protection de l'environnement, d'exploration de l'économie des ressources.

#### Répartition du financement entre les disciplines

Au sein des sciences de la Terre, l'ordre hiérarchique établi correspond à peu près à celui de l'ensemble du domaine scientifique. Tout comme les microsciences, la physique et la chimie ont reçu des subventions plus élevées que les sciences connexes, les disciplines qui traitent des aspects microscopiques des sciences de la Terre, et particulièrement celles qui visent à mesurer de façon précise des quantités minimes (ex.: géophysique en laboratoire et géochimie des isotopes), ont reçu des sommes plus importantes que les autres branches. Les microscientifiques recevaient des subventions plus élevées parce qu'on estimait qu'il leur fallait du matériel de laboratoire coûteux et des techniciens pour en assurer le fonctionnement et l'entretien. De plus, ces chercheurs avaient une excellente réputation au niveau international. Ainsi, par exemple, les subventions moyennes les plus élevées accordées à des départements particuliers vont à des groupes de géophysiciens de York (\$25 061), de Toronto (\$24 803), de l'Alberta (\$24 564) et de la Colombie-Britannique (\$24 198). La subvention moyenne accordée aux géophysiciens des universités est de \$20 892 par rapport à \$14 629 pour tous les géoscientifiques des universités canadiennes.

La cartographie est l'une des pierres angulaires de la recherche géologique. Comme le disait le physicien John Ziman (1978):

... La majeure partie de ce qu'on connaît de la géologie est précisément ce qu'on peut retrouver sur une carte. Évidemment, les données peuvent avoir été stockées dans la mémoire d'un ordinateur... Mais les renseignements essentiels se retrouvent sur la carte elle-même et les phénomènes les plus intéressants pour les géologues peuvent rarement être représentés autrement que sur une carte...

Au cours de la période où les microsciences régnaient en maître, on avait toutefois tendance à dénigrer les sciences dont les résultats et les interprétations pouvaient être exprimés par des dessins relativement simples plutôt que sous une forme numérique ou abstraite. C'est d'ailleurs pourquoi les professeurs ne recevaient pas beaucoup de subventions du C.N.R. ou du C.N.R.S.G. pour l'établissement de cartes géologiques. De plus, les sous-disciplines classiques de la géologie, telles la géologie structurale, la biostratigraphie et la géomorphologie, de même que les études de reconnaissance en géochimie et en géophysique, recevaient rarement assez de fonds pour pouvoir faire des travaux considérables sur le terrain, particulièrement dans les endroits éloignés. L'établissement de cartes sur le terrain demande beaucoup de travail, du matériel très coûteux et ne peut se comparer aux "petits voyages" qu'effectuent les autres scientifiques. Le comité de sélection pour l'attribution des subventions aux sciences de la Terre a récemment reconnu ce phénomène et, comme nous l'avons mentionné plus haut, un géologue qui établit des cartes sur le terrain, un géomorphologue et un paléontologue reçoivent maintenant certaines des subventions les plus élevées (tableau 5.3). Le comité de sélection pour l'attribution des subventions a aussi proposé que le C.N.R.S.G. offre une catégorie spéciale de subventions, équivalente à celle offerte pour le matériel de laboratoire, qui financerait les grandes opérations sur le terrain, y compris le forage, l'équipement et les voyages dans les régions éloignées, le bateau, le temps d'observation et l'installation des instruments de mesures géophysiques. Nous recommandons:

Que le C.N.R.S.G. reconnaisse l'importance du travail sur le terrain en géologie et en géophysique en attribuant des subventions pour les grosses opérations sur le terrain tel que recommandé par son comité de sélection pour l'attribution des subventions aux sciences de la Terre.

#### Les subventions du C.N.R.S.G. - un critère de qualité?

Les doyens, les chefs de département et les autres administrateurs ont souvent tendance à utiliser le montant de la subvention accordée à un professeur pour juger de sa capacité en tant que chercheur. Cette attitude est bien compréhensible, vu le respect que le système d'évaluation par les pairs du C.N.R.S.G./C.N.R. s'est gagné au cours des années. Il ne faut toutefois pas oublier que les subventions du C.N.R.S.G. ont certaines limitations:

1) Tradition - bien que des changements se produisent lentement, il est peu probable qu'un excellent paléontologue ou biostratigraphe reçoive le même montant qu'un géophysicien ou un chercheur en géochimie des isotopes du même calibre.

2) Besoins réels - certains chercheurs de premier ordre ont besoin de peu d'argent pour effectuer leurs recherches. Malheureusement, certains chercheurs dont les besoins ne sont pas très grands, mais qui ont de bons dossiers de recherche, demandent et reçoivent maintenant des subventions plus élevées à cause du prestige qui y est associé.

3) Meilleures sources de financement - certains excellents chercheurs sont subventionnés par d'autres organismes (ex.: gouvernements ou industrie) et ne demandent peut-être pas de subventions au C.N.R.S.G./C.N.R.

4) Parti-pris du comité - les membres des comités changent radicalement au cours d'une période de trois ans mais, à court terme, les chercheurs de certains sous-disciplines peuvent peut-être être pénalisés ou favorisés par certains parti-pris des membres.

5) Bien qu'il y ait eu plusieurs exemples de subventions élevées accordées à des jeunes chercheurs, l'âge est encore un facteur qui entre en ligne de compte, (figure 2D).

Bien que les subventions individuelles doivent être utilisées avec beaucoup de précautions en tant que mesure d'excellence, le total des subventions que reçoit un département (tableau 5.4) donne une idée assez juste du nombre de recherches de pointe qui y sont en cours puisque les différences entre les individus semblent alors s'équilibrer. Les comités de visite ont découvert que les institutions qui ont les subventions totales et moyennes les plus élevées sont aussi celles qui obtiennent le plus de fonds de recherche de d'autres sources. Ce sont aussi celles qui sont le plus souvent citées par les correspondants étrangers pour leur compétence dans une assez grande variété de sous-disciplines.

## FINANCEMENT DE LA RECHERCHE PAR DES ORGANISMES PROVINCIAUX

### Pratiques générales

Depuis leur fondation, la plupart des organismes géologiques provinciaux embauchent quelques professeurs d'université et des étudiants diplômés pour des projets de recherche. Au début, on les affectait presque uniquement à des travaux sur le terrain au cours des mois d'été; les professeurs et les étudiants étaient payés aux taux des salaires d'été et on leur fournissait le soutien technique sur le terrain. Ils procédaient à des travaux de laboratoire et de bureau à l'université au cours des mois d'hiver, avant de finir leurs rapports. Les administrateurs choisissaient la région à cartographier et décidaient du temps et des montants qui seraient alloués aux professeurs et aux étudiants - ces emplois d'été étaient donc des projets thématiques. Cependant, là où les étudiants tentaient d'obtenir du matériel pour leur thèse, il y avait coparticipation dans le choix des régions à cartographier. De cette façon, il était à peu près certain qu'un problème réel était défini (ex.: structure, stratigraphie ou gisements minéraux) et que des solutions étaient proposées pendant la courte durée du projet.

Des organismes provinciaux font souvent appel maintenant aux universités pour toute sorte d'aide et de contrats pour des analyses géochimiques, des déterminations isotopiques de l'âge, l'identification de fossiles, etc. Les projets d'établissement de cartes sur le terrain, soit des études régionales ou des études détaillées de gisements de minéraux faites particulièrement par des étudiants qui préparent une thèse, constituent probablement encore la principale forme de soutien de la recherche. Au cours de la dernière décennie, certains de ces projets ont pris un grand essor parce que le ministère fédéral de l'Expansion économique régionale (M.E.E.R.) a injecté des fonds dans l'exploitation des ressources des provinces. Plutôt que de rassembler de nombreux employés permanents pour la durée des subventions du M.E.E.R., les provinces de l'Atlantique et de la Saskatchewan ont embauché beaucoup de personnel des universités.

Voici des exemples de la Saskatchewan et de l'Alberta qui illustrent bien le soutien apporté à la recherche universitaire. Le ministère des Ressources minérales de la Saskatchewan a accordé des contrats pour:

- a) l'établissement de cartes de reconnaissance du Précambrien à l'échelle de 1/100 000 à l'université de Regina, entre 1975 et 1980, à raison de \$100 000 par année, et à l'université de la Saskatchewan, entre 1975 et 1978, pour un même montant;
- b) des études sur l'uranium et les métaux communs à l'université de Regina, entre 1976-1980, à raison de \$60 000 par année;
- c) des analyses et des évaluations géochimiques à l'université de Regina, à raison de \$40 000 par année; (ce projet serait plutôt considéré comme une activité tertiaire plutôt que comme de la recherche.)
- d) des études géochronologiques à l'université Carleton, à raison de \$25 000 par année, entre 1975 et 1980;
- e) des analyses pétrophysiques des roches réservoirs de pétrole à l'université de Regina, à raison de \$25 000 par année.

Le Alberta Research Council (ARC) a subventionné des thèses de recherche sur les sujets suivants à l'université de l'Alberta:

- a) études structurales sur les quantités de charbon dans les Rocheuses et dans les Foothills
- b) mouvements des masses et glissements de roches
- c) études stratigraphiques régionales
- d) études du Quaternaire

Les sujets des projets de recherche de l'ARC sont habituellement suggérés par les étudiants ou les professeurs. La subvention permet d'assumer les coûts des salaires pour le travail effectué durant l'été, d'un assistant de recherche et du matériel. Lorsque les projets s'avèrent d'un grand intérêt pour le Conseil, il peut offrir des bourses aux étudiants pendant toute l'année.

#### L'Ontario - un modèle d'aide à la recherche

Le ministère ontarien des Ressources naturelles a mis à l'essai, pour une période de cinq ans débutant en 1978, un programme de subventions pour les géoscientifiques ontariens. Le montant total des subventions accordées s'élève à \$500 000 et vise principalement à faciliter l'exploration minérale par le secteur privé et à promouvoir le propre programme des ressources de la Terre du Ministère. Le programme ne finance pas directement l'exploration minérale et la recherche de base et ne permet pas d'acquérir du matériel important. Il finance par contre la recherche de pointe appliquée telle que définie ailleurs dans ce chapitre. Les bénéficiaires peuvent recevoir une subvention pendant une durée maximale de trois ans. Le comité des bourses est composé de représentants de l'industrie, du gouvernement et des universités. En 1980-1981, les subventions ont été accordées aux universités Brock (1 - \$6 310), Carleton (2 - \$23 533), Lakehead (1 - \$8 670), Laurentienne (3 - \$51 622), McMaster (1 - \$21 000), Queen (3 - \$76 188), de Toronto (10 - \$194 959), Waterloo (2 - \$30 490), Western Ontario (5 - \$99 625) et Windsor (1 - \$24 030). Les montants des subventions varient de \$6 310 à \$34 000. Un chercheur a toutefois reçu des subventions totalisant \$55 000 pour deux projets différents.

Voici des exemples de titre des projets de recherche en cours:

- Gîtologie et potentiel économique de la zone de roches vertes à l'ouest du lac St. Joseph;
- études sur les isotopes stables dans les gisements aurifères;
- Exploration de l'or au moyen des anomalies de l'anhydride carbonique, de l'eau et d'alkali;
- Spéciation de l'or libre dans la couverture glaciaire;
- Drainage horizontal profond destiné à stabiliser les pentes argileuses;
- Magnétisme et stratigraphie dans les roches volcaniques de Blake River;
- Effets des eaux de fond sur les activités minières dans la région escarpée du Niagara;
- Immobilisation de l'uranium - thorium - radium dans les déchets miniers.

Chaque année, les bénéficiaires participent à un séminaire où ils présentent les résultats de leurs travaux au Ministre et aux personnes invitées. La Commission géologique de l'Ontario publie des rapports sommaires de chacun des projets et les bénéficiaires sont libres de publier les résultats complets de leurs recherches dans les journaux scientifiques.

Le processus de sélection tient autant compte du mérite scientifique du projet et de sa pertinence par rapport aux objectifs du programme que des antécédents et des réalisations récentes du chercheur. Ainsi, bien que plusieurs des chercheurs qui détiennent des subventions élevées du C.N.R.S.G. soient aussi admissibles à de grosses subventions de l'Ontario, ceux qui reçoivent seulement de petites subventions du C.N.R.S.G. peuvent aussi recevoir des grosses subventions de l'Ontario si leur projet est jugé sérieux et pertinent.

Nous recommandons fortement:

Que les autres organismes provinciaux suivent l'exemple de l'Ontario et accordent des subventions d'aide à la recherche appliquée aux géologues et géophysiciens des universités de leur province, en plus de l'adjudication de contrats pour des projets précis.

#### L'AIDE DES AGENCES FÉDÉRALES

##### Rôle de la C.G.C.

La Commission géologique du Canada (C.G.C.) a commencé à subventionner la recherche dans les universités au siècle dernier. Plusieurs des premiers professeurs d'universités étaient d'anciens chercheurs de la C.G.C. qui travaillaient chaque été avec les étudiants diplômés à l'établissement de cartes ou à d'autres projets à contrat. C'est grâce à des contrats de la C.G.C. accordés à des professeurs de physique de Toronto et de McGill que, en 1920, la géophysique s'est implantée dans les universités canadiennes. La C.G.C. accorde encore des contrats pour une grande variété de service et de projets de recherche dans des disciplines telles que la géophysique, la géochimie, la géologie des charbons et la paléontologie, et encore quelques-uns pour des programmes d'établissement de cartes. En 1980-1981, ces contrats de service particuliers s'élevaient à \$80 600. À l'occasion, nos comités se sont demandé pourquoi les professeurs passaient certains types de contrats de service avec des agences fédérales ou provinciales. Nous avons découvert que, dans certains cas, ces travaux ne créaient pas d'emplois et ne menaient pas à la rédaction de

thèse pour les étudiants, ni à l'achat de matériel important et ne produisaient pas de travaux publiables - du moins pas par les professeurs qui y avaient participé. Pourtant, les chefs de département clament toujours avec fierté que leurs professeurs ont obtenu de gros contrats. Cependant, comme nous l'avons mentionné au chapitre 4, plusieurs étudiants obtiennent chaque année des emplois grâce à des projets attribués à forfait qui leur fournissent du matériel pour des thèses de maîtrise et de doctorat.

Le Comité consultatif national sur la recherche dans les sciences géologiques a été formé en 1946, sous l'égide de la C.G.C., pour contrôler la santé et promouvoir le développement de la géologie. La C.G.C. fournissait les fonds de recherche dont ce comité pouvait disposer. Le comité a d'abord eu des difficultés à trouver assez de requérants pour le premier fond de recherche de \$10 000 (ce qui est symptomatique, à cette époque, de l'envergure de la recherche universitaire), mais il y a eu de nombreux candidats lorsque le comité a été licencié, en 1972, au moment où les subventions totales s'élevaient à environ \$250 000 (Fortier, 1975). Depuis ce temps, la C.G.C. participe à un programme de convention de recherche avec le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (É.M.R.). En vertu de ce programme, contrairement à ce qui se produit pour les programmes contractuels, les professeurs préparent eux-mêmes les projets de recherche et demandent ensuite des fonds au Ministère. Les demandes sont d'abord examinées au niveau de la Division de la C.G.C. et, par la suite, par un comité ministériel. Les fonds sont principalement attribués en fonction des sujets de recherche qui répondent le mieux au programme et aux priorités de la C.G.C. On accorde probablement moins d'importance au dossier de recherche et aux publications des requérants que le C.N.R.S.G. Beaucoup de noms reviennent sur les listes des bénéficiaires de subventions de l'É.M.R. et sur celles du C.N.R.S.G., mais il n'est pas rare de voir que ceux qui reçoivent de grosses subventions d'une agence en reçoivent de beaucoup plus petites de l'autre et inversement.

La part de la C.G.C. dans le programme de convention de recherche de l'É.M.R. comprend 64 projets approuvés pour un total de \$439 000 en 1980-1981. Les subventions varient de \$1 000 à \$16 000 et la plupart des grosses subventions sont accordées à la géologie du milieu marin. Voici des exemples des projets subventionnés:

- Stratigraphie, tectonique et métamorphisme dans la région de Blue River des Cariboo Mountains en Colombie-Britannique;
- Rapport de sondage acoustique dans le Bouclier canadien;
- Sédimentologie et stratigraphie de la baie Hornby et aux Dismal Lake Groups dans les Territoires du Nord-Ouest;
- Minéralisation de l'or dans la zone de roches vertes de l'Archéen, à Red Lake, Ontario;
- Taxonomie et stratigraphie des foraminifères et des algues du Carbonifère, en Colombie-Britannique et au Yukon;
- Paléontologie et stratigraphie du Silurien et du Dévonien dans le nord des Appalaches;
- études géologiques de la croûte océanique au moyen de forages marins.

Les subventions de la C.G.C., bien que peu élevées, jouent toutefois un rôle important dans la recherche universitaire pour plusieurs raisons, dont:

- a) Beaucoup de ces subventions sont accordées pour des études sur le terrain à des chercheurs pour qui les subventions du C.N.R.S.G. ne suffisent pas à assumer les coûts des voyages et du matériel, dans les régions éloignées.

- b) Les bénéficiaires peuvent habituellement publier les résultats de leurs recherches dans les séries de publications de la C.G.C., ce qui présente un grand intérêt pour les géologues régionaux, les biostratigraphes et les paléontologues dont les travaux longs et descriptifs ne peuvent habituellement être publiés que sous une forme très abrégée dans les journaux scientifiques indépendants.

Lors de l'examen des subventions du C.N.R.S.G., de la province de l'Ontario et de la C.G.C., le fait que plusieurs scientifiques reçoivent des subventions relativement élevées de ces trois agences a suscité certaines inquiétudes. À moins que les comités de sélection ne vérifient minutieusement, un scientifique plutôt marginal pourrait demander trois subventions et obtenir des fonds qui dépassent de loin la valeur de ses travaux.

Nous félicitons la C.G.C. et le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources qui continuent à offrir des subventions qui, bien que relativement peu élevées, sont souvent utilisées comme supplément à d'autres subventions et permettent ainsi de concrétiser des projets très utiles.

Nous recommandons:

Que la C.G.C. remplisse son mandat pour le bien-être de la géologie nationale en accroissant son appui à la recherche universitaire par le biais de contrats et de conventions de recherche. Elle devrait toujours chercher à ajouter aux subventions du C.N.R.S.G. dans des domaines qu'elle favorise.

Dans beaucoup de secteurs de la communauté universitaire, on se méfie un peu des conventions de recherche de l'É.M.R. parce qu'on estime que ceux qui prennent les décisions finales concernant les demandes de subventions de recherche participent eux-mêmes à la recherche dans les universités et peuvent ainsi se trouver en conflit d'intérêt. Nous recommandons:

Que la haute direction de l'É.M.R. nomme des examinateurs de l'extérieur pour juger les demandes de subventions de recherche et suive ainsi l'exemple du ministère des Ressources naturelles de l'Ontario et du C.N.R.S.G.

#### Autres agences fédérales

La Direction de la physique du Globe et CANMET (autrefois la Division des Mines) aident aussi à choisir les candidats pour les conventions de recherche de l'É.M.R. La Direction de la physique du Globe a accordé des subventions totales de \$60 000 à des professeurs des départements de géophysiques. Voici des exemples typiques des projets de recherche subventionnés:

- Interprétation des données de réfraction et de réflexion de la zone faillée de l'île de la Reine-Charlotte;
- Relations entre les données géophysiques et géothermales dans les régions de haute température de l'Alberta;
- Rhéologie de la lithosphère à partir de données gravitationnelles et topographiques
- Séismotectonique dans l'Est du Canada.

Bien que CANMET se préoccupe surtout de la métallurgie, de l'exploitation minière et des techniques liées aux sciences de la Terre, il subventionne aussi quelques études géophysiques et géologiques, comme par exemple:

- Géochimie des nappes aquifères dans les résidus des mines d'uranium.

Le Musée des Sciences naturelles a offert, au cours des dernières années, des subventions de recherche dans des domaines tels que la minéralogie, la paléoclimatologie, l'évolution des moisissures et la biostratigraphie palynomorphe.

Le Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien a aussi fourni des fonds pour des projets environnementaux tels que:

- Renouveau de la végétation des résidus des mines
- Élimination des liquides de forage

Les Divisions du M.A.I.N.C. au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest ont aussi fourni du soutien technique et des fonds par le biais de contrats de services professionnels pour les professeurs et les étudiants qui effectuent des études régionales détaillées sur les gisements minéraux dans le Nord.

Le ministère de l'Environnement du Canada, la Commission de l'énergie atomique du Canada et d'autres agences fédérales accordent aussi des conventions de recherche aux géologues et aux géophysiciens des universités, mais nous ne possédons aucun renseignement sur les projets entrepris.

### SUBVENTIONS DE RECHERCHE DES SOCIÉTÉS PÉTROLIÈRES

Seize des vingt sociétés pétrolières qui ont répondu à notre questionnaire en 1979 affirment avoir effectué de la recherche en collaboration avec les départements de géologie et de géophysique. Onze sociétés ont traité avec l'université de Calgary, six avec l'université Memorial, cinq avec l'université de la Colombie-Britannique, trois avec chacune des universités McGill, du Manitoba, Dalhousie, de la Saskatchewan et de Toronto, une avec chacun de huit autres départements d'universités.

Ces dernières années, l'aide consistait principalement à subventionner partiellement des projets de thèse divisés également entre la géologie et la géophysique. Les sujets reliés à la géologie comprenaient la micropaléontologie (foraminifères et conodontes), la diagénèse, les carbonates et les minéraux lourds. Les projets reliés à la géophysique comprenaient des sujets tels que les ondes transversales, des études du milieu marin, des sondages sismiques profonds. Les montants mentionnés étaient généralement peu élevés, soit quelques milliers de dollars par projet. Certaines sociétés qui ont répondu au questionnaire ont mentionné que leur aide consistait principalement à fournir les données de base. Esso Canada - Ressources, Shell Canada - Ressources et Gulf Canada - Ressources semblent être les sociétés qui ont passé des contrats avec le plus grand nombre d'universités. Esso offre de loin le programme le mieux organisé et sans doute le mieux financé. Son programme Imperial Oil de subventions de recherche aux universités a permis d'accorder, en 1979, 15 subventions à des géologues et à des géophysiciens de sept universités: Alberta (3 en géophysique, 1 en géologie), Calgary (3 en géologie), McGill (2 en géologie, 1 en exploitation minière), Memorial (2 en géophysique), Manitoba (1 en géologie), Toronto (1 en géographie), Waterloo (1 en géologie).

La valeur des subventions individuelles variaient de \$3 200 à \$6 000 et les projets concernaient des domaines tels que:

- Magnétostratigraphie des strates du Crétacé contenant du charbon, en Alberta;

- Dolomitisation des falaises du Dévonien supérieur, en Alberta;
- Relation entre la maturation des matières organiques, la diagénèse des minéraux, la profondeur d'enfouissement et la tectonique dans les Appalaches, au Québec;
- Mesure en laboratoire des propriétés physiques des sédiments de la côte est.

Mis à part le programme d'Esso qui pourrait certainement être amélioré, le dossier de l'industrie pétrolière en matière d'aide à la recherche universitaire en sciences de la Terre est exécrable. A.D. Baillie (1979) a récemment étudié la situation. Voici les commentaires qu'il a fait:

De ce nombre (de professeurs), seulement quelques-uns font de la recherche qui est utile à l'industrie pétrolière. Le peu qui se fait s'effectue principalement dans le domaine de la biostratigraphie. Sauf quelques exceptions, il se fait peu de recherches dans des domaines tels le cycle thermique des bassins sédimentaires, l'analyse des bassins, la minéralogie des argiles et ses effets sur la qualité des réservoirs, les phénomènes diagénétiques, la géochimie organique du pétrole et des roches-sources, ou la génération, la migration et l'accumulation des hydrocarbures.

On pourrait espérer que la recherche dans ces domaines soit subventionnée par l'industrie pétrolière. Ce n'est pas le cas. L'aide financière directe que l'industrie apporte aux universités canadiennes pour la recherche dans le domaine des sciences de la Terre est minime et ne s'élève qu'à \$200 000 par année. Ce n'est pas beaucoup si on considère que ce montant est divisé entre plus de 30 universités qui accordent des diplômes. La majeure partie de ce montant provient des grandes sociétés multinationales qui disposent déjà de laboratoires de recherche situés dans des régions centrales et servant à leurs opérations à travers le monde. Je suggère que l'industrie, particulièrement les sociétés canadiennes qui possèdent des installations de recherche très limitées, prenne les mesures nécessaires pour profiter des talents des chercheurs universitaires en encourageant et en finançant les recherches qui répondent aux besoins de l'industrie et à leurs propres besoins.

Nous endossons la remarque de Baillie et estimons que l'industrie aurait avantage à adopter des programmes de subventions formels et à long terme de la recherche universitaire, peut-être en suivant l'exemple du programme Imperial Oil de subventions à la recherche universitaire, mais avec une échelle de financement plus près de celle de la société minière Rio Canex citée dans la prochaine section de ce rapport. Nous recommandons:

Que les sociétés pétrolières établissent des programmes permanents d'aide aux chercheurs des universités dans les domaines de la géologie et de la géophysique qui sont utiles à l'industrie, en utilisant comme modèles les exemples cités dans ce rapport.

### FINANCEMENT DE LA RECHERCHE PAR LES SOCIÉTÉS D'EXPLORATION MINIÈRE

Beaucoup des 150 sociétés d'exploration minière et minérale auxquelles nous avons demandé de répondre au questionnaire ont déclaré avoir financé des études de thèses au cours des cinq dernières années. Certaines en ont même subventionné au moins une par année. Les sujets les plus souvent mentionnés comprennent la géochimie, la

minéralogie des sulfures et la décomposition des roches. Des projets de recherche conjoints avec les professeurs des universités et d'autres recherches partiellement subventionnées dans les départements des universités visaient à mettre au point des instruments et des méthodes géophysiques et portaient sur la lithogéochimie et la pétrogénétique.

Les universités qui reviennent le plus souvent comme bénéficiaires des subventions pour des thèses ou des études conjointes sont: Western Ontario, Toronto, Queen, Carleton et Colombie-Britannique. D'autres universités comme Memorial, l'École Polytechnique, McGill et Nouveau-Brunswick sont aussi mentionnées. Plusieurs sociétés ont indiqué que, par préférence ou nécessité, elles entreprennent des projets de recherche conjoints avec les universités étrangères, par exemple l'Imperial College (Londres), l'université de la Pennsylvanie ou le College of Mines and Technology du Michigan.

Les réponses des sociétés d'exploration minérale laissent croire qu'elles participent beaucoup plus à la recherche universitaire que les sociétés pétrolières. Ceci est particulièrement vrai pour les petites sociétés, qui, dans l'industrie pétrolière, semblent apporter peu ou pas de soutien même à la géologie et à la géophysique dans les universités. Plusieurs des principaux géologues des universités estiment que les sociétés d'exploration minière accordent deux ou trois fois plus de subventions à la recherche universitaire que les sociétés pétrolières. Un des programmes mis en oeuvre dernièrement par une société minière, la Rio Tinto Canadian Exploration Ltd. (Rio Canex), mérite une mention spéciale.

#### Un modèle de financement de la recherche

Mis en oeuvre en 1979, le programme de recherche de la Rio Canex permet d'utiliser un pourcentage fixe du budget d'exploration pour financer la recherche appliquée, de nature non confidentielle, dans le domaine des sciences de la Terre.

Des professeurs d'universités et des chercheurs chevronnés de la société collaborent pour mettre au point des projets qui visent à trouver des solutions aux problèmes fondamentaux de la métallogénie. Les professeurs sont libres de publier les résultats de leur recherche dans les journaux scientifiques. Le budget de recherche est habituellement de \$250 000 par année. En 1980, de ce montant, environ \$70 000 sont allés à des conseillers en recherche pour la mise au point d'instruments, et le reste a été réparti en subvention de \$25 000 à \$50 000 pour les études suivantes:

- Études des isotopes du plomb (Colombie-Britannique);
- relations entre les sulfures amorphes et les formations ferrières (Western Ontario);
- relations entre les gisements de plomb-zinc et les schistes noirs riches en matières organiques (Waterloo);
- gisements de minerais de type kuroko (Toronto);
- importance de la décomposition des produits organiques à basse température (McGill);
- métallogénie de Grenville - particulièrement dans la région de Mont-Laurier (École Polytechnique)

Nous faisons l'éloge de ce programme de recherche subventionné par l'industrie et recommandons que:

Les sociétés d'exploration minière et minérale financent des programmes de recherche de pointe dans les domaines de la géologie et de la géophysique appliquées dans les départements d'universités en prenant comme modèle le projet récemment mis sur pied par la société Rio Tinto Canadian Exploration Ltd.

## QUALITÉ DE LA RECHERCHE

### Comment évaluer la qualité de la recherche

Un des organismes qui subventionne ce projet, le C.N.R.S.G., nous a posé la question. Il n'y a pas de méthode unique pour mesurer la qualité, mais nous pouvons fournir quelques renseignements utiles et recommander la méthode que nous préférons pour évaluer le rendement de la communauté géoscientifique canadienne et des diverses disciplines qui la composent.

La méthode la plus facile a d'ailleurs déjà été proposée pour d'autres sciences et consiste à dénombrer les bourses et les distinctions honorifiques accordées dans ce domaine par les pairs et auxquelles sont admissibles les chercheurs de toutes les sciences. De cette façon, on pourrait évaluer le rendement des sciences de la Terre par rapport à la physique, à la chimie, et aux autres sciences. Cette méthode a été essayée à l'été de 1979. Les résultats en sont commentés dans une autre section de ce rapport.

Nous en sommes toutefois arrivé à la conclusion que la manière la plus raisonnable d'évaluer le rendement est la sélection par les pairs, soit essentiellement la méthode qu'utilise le C.N.R.S.G. et le C.N.R., mais à différentes échelles. Ainsi, si on veut évaluer l'effort national de recherche dans le domaine des sciences de la Terre, il faut demander une évaluation à des chercheurs réputés qui ont élargi leur champ d'intérêts au cours de leurs dernières années de recherche et connaissent bien les activités de recherche dans diverses parties du monde. Pour déterminer le rang d'une sous-discipline sur la scène mondiale, il faut consulter les grands scientifiques dans ce domaine, en évitant préférentiellement les spécialistes bornés et en choisissant des chercheurs qui sont non seulement reconnus pour l'importance de leur propre contribution, mais aussi pour leur participation à des projets, à des publications, ou à des comités internationaux de sorte qu'ils connaissent les travaux d'autres scientifiques ainsi que la qualité de leurs recherches, dans leur propre domaine. Nous avons demandé l'opinion de ces personnes et croyons que nous en sommes arrivés à des évaluations valables de notre rendement dans plusieurs sous-disciplines. Les chercheurs interrogés donnent des détails différents, mais s'entendent habituellement assez bien sur leur évaluation. Nous aurions toutefois aimé consulter plus de chercheurs sur plus de sujets.

Nous croyons que la qualité de la recherche pourrait être meilleure et que les grands chercheurs étrangers sont plus en mesure de porter un jugement objectif sur la recherche au Canada. Cependant, nous estimons aussi que les opinions des chercheurs canadiens sont très importantes, même si elles peuvent être partiales, limitées et parfois mal informées; elles peuvent contenir des messages précis à l'endroit des géoscientifiques des universités et particulièrement des chefs de départements et des administrateurs. Au cours de nos visites dans quelques universités, nous avons demandé à des géoscientifiques d'évaluer leur travail et celui de leurs collègues. Nous avons aussi demandé l'opinion des sociétés minières et pétrolières et des agences gouvernementales sur la recherche universitaire. Dans le cas où les répondants participaient encore activement à la recherche universitaire, soit de base ou appliquée, et où ils avaient participé récemment à des projets ou à des comités internationaux ou nationaux, et particulièrement où ils avaient participé aux processus d'attribution des bourses du C.N.R.S.G. (ou du C.N.R.), leurs réponses se ressemblaient beaucoup et ne différaient pas beaucoup de celles des scientifiques étrangers de prestige que nous avons contactés. Les réponses provenant des administrateurs ou des scientifiques qui ne sont pas engagés

personnellement dans la recherche de pointe démontraient une certaine partialité et un manque d'information. Ils avaient plutôt tendance à demander ce que les géoscientifiques des universités avaient fait pour leur province ou leur industrie. Ils connaissaient moins les réalisations des universités éloignées, particulièrement dans les disciplines peu connues, sauf, évidemment, lorsqu'il s'agissait de leur propre alma mater.

Nous présentons certains de ces points de vue dans les pages qui suivent. Même si toutes ne sont pas des évaluations profondes des efforts de recherche dans les universités, elles reflètent toutefois les relations qui existent entre les chercheurs des universités et d'autres personnes du domaine des sciences de la Terre. Si, d'une part, des géoscientifiques de grandes sociétés et agences gouvernementales croient que la recherche dans le domaine des gisements de minéraux est faible et que nous n'avons pas de grands centres qui s'y consacrent, et que, d'autre part, des correspondants étrangers croient que c'est là un de nos meilleurs domaines, et qu'au moins une de nos institutions se classe parmi les meilleures en Amérique, le malentendu ne peut se régler que par des échanges de renseignements.

Comme les scientifiques des universités sont sur la défensive, ils devraient peut-être prendre l'initiative d'expliquer leurs motivations, leur travail et leurs buts au reste de la communauté. Nous espérons que l'exposé des opinions très divergentes des six prochaines sections de ce rapport fera comprendre, aux scientifiques des universités, les opinions pas toujours favorables de leur communauté et fera voir à la communauté combien nos activités de recherche universitaire sont appréciées sur la scène internationale.

#### Distinctions honorifiques et prix dans le domaine des sciences de la Terre

Une brève étude des listes des bourses universitaires de recherche a été effectuée en 1979 et a révélé les renseignements suivants:

Un géoscientifique canadien, monsieur J. Tuzo Wilson, a obtenu l'équivalent d'un prix Nobel en sciences de la Terre, le Prix Vetlesen. Seul un autre scientifique canadien, le physicien du C.N.R., M. Gerhard Herzberg, est un lauréat du prix Nobel.

La National Academy of Sciences des États-Unis choisit chaque année quelques chercheurs étrangers. L'Academy considère cette nomination comme la plus haute distinction accordée à un scientifique étranger. Sept Canadiens encore vivants ont été nommés Foreign Associates, dont 3 géoscientifiques, 1 chimiste, 1 physicien, 1 psychologue et 1 entomologiste.

La Royal Society de Londres ne considère pas les chercheurs des pays du Commonwealth comme des étrangers et les nomme Fellows, mais si peu d'entre eux sont honorés! En 1979, il y avait 38 Fellows canadiens, dont 9 physiciens, 7 chimistes, 6 géoscientifiques et quelques physiologistes, biologistes, anatomistes et autres.

Notre Académie des sciences de la Société royale du Canada est divisée par sujet. Voici la liste des membres élus en 1979:

Mathématiques	Sciences appliquées
Physique	Biologie des plantes
Chimie	Biologie animale
Sciences de la Terre	Microbiologie et biochimie
Interdiscipline	Sciences médicales

Il est évident que nous faisons bonne figure dans ces sociétés. Nous nous classons quelque peu en arrière des physiciens et des chimistes seulement dans la Société royale de Londres et, comme 6 de nos chercheurs ont été élus en 1979, tout nous laisse croire que nous serons bientôt beaucoup mieux représentés au sein de cette prestigieuse société. Les Canadiens ont aussi reçu d'autres distinctions scientifiques. Par exemple, trois jeunes géoscientifiques ont reçu, pendant trois années consécutives, la bourse tant recherchée Steacie du C.N.R. C'est d'ailleurs la seule discipline qui a réussi ce tour de force.

Il est facile de démontrer que les sciences de la Terre sont très près du sommet sinon à l'apogée des sciences canadiennes. Une autre science, en choisissant une autre série de distinctions pourrait probablement démontrer qu'elle a la suprématie. Une des principales critiques formulées à l'endroit des critères d'attribution des distinctions honorifiques est que beaucoup de scientifiques ne sont reconnus par leurs collègues que lorsqu'ils sont à l'apogée de leur carrière. C'est pourquoi le nombre de distinctions attribuées ne donne pas d'indications précises sur la situation actuelle de la science. Une autre critique consiste à dire que même si un chercheur est excellent dans son domaine, il faut qu'il soit proposé par un groupe ou un individu. Les dangereux iconoclastes ou les génies fous sont rarement appréciés des personnes qui font les propositions pour les bourses - du moins pas avant que le temps n'ait adouci leur caractère et fait oublier leur comportement à l'emportepièce.

#### L'OPINION DES UNIVERSITAIRES SUR LA RECHERCHE DANS LES UNIVERSITÉS

Au cours de nos visites dans les universités de l'Ouest et des provinces de l'Atlantique, nous avons demandé des opinions sur la recherche en posant toujours la même série de questions lors des discussions avec les chefs de départements, les groupes de professeurs et les individus. Par la suite, nous avons répété le procédé par écrit, au cours de rencontres d'occasion avec des personnes représentatives de la plupart des universités canadiennes du centre du Canada.

Nous avons découvert que les géoscientifiques qui font principalement de la recherche de pointe, particulièrement ceux qui ont siégé à des comités du C.N.R.S.G. ou du C.N.R., répondaient aux questions sans réserve, étaient leurs arguments et étaient généralement optimistes quant à la situation actuelle et future de la recherche. Les chercheurs moins engagés dans la recherche de pointe avaient tendance à dénigrer les efforts nationaux dans le domaine de la recherche géoscientifique et à être pessimistes devant la renommée que nous pourrions acquérir par rapport à des pays plus grands. Cependant, la plupart des géoscientifiques interrogés s'entendaient sur certains points: 1) Nous n'avons pas une seule école des sciences de la Terre qui soit aussi prestigieuse que l'Australian National Institute, le California Institute of Technology ou Cambridge; 2) Notre principale force se trouve dans le travail d'équipe, particulièrement dans les regroupements régionaux, où des chercheurs de plusieurs disciplines différentes travaillent ensemble, ce qui ne se fait pas dans beaucoup de parties du monde; 3) Tous les géoscientifiques des universités devraient participer à la recherche ou à la réflexion scientifique d'une manière ou d'une autre.

Il était amusant (et probablement sain) de constater que beaucoup de répondants nommaient des scientifiques de la Commission géologique du Canada et de la Direction de la physique du globe lorsqu'on leur demandait d'énumérer les meilleurs chercheurs universitaires - particulièrement dans les sous-disciplines de la stratigraphie, de la paléontologie, de la tectonique et du paléomagnétisme.

Dans les pages suivantes, vous trouverez les réponses aux questions que nous avons posées.

### Quelles sont les meilleures institutions de recherche?

Beaucoup de géologues n'ont pas répondu à cette question, alléguant le fait que, comme nous ne possédions pas une A.N.U. ou une Cal Tech, la question était inutile. Ils ont soutenu que le mieux que quelqu'un puisse faire était de nommer certaines institutions qui excellent dans une discipline ou une autre. Une minorité, y compris certains de nos plus grands chercheurs, ont affirmé que, dans l'ensemble, la qualité de la recherche ou l'esprit qui prévaut dans un département ou même l'excellence de l'organisation donne plus de prestige à certains départements. Leurs opinions ont une valeur relative, mais laissent penser que le département de géologie de Toronto possède la meilleure équipe de recherche, suivi de près par Memorial et McMaster. Ce qui est intéressant, c'est que les chefs de ces trois départements ont évalué eux-mêmes leur département et ont indiqué au moins un des deux autres comme se classant parmi les premiers au Canada. Les autres départements mentionnés sont Alberta, Dalhousie, Colombie-Britannique, Queen, Western Ontario et Waterloo. Toutes ces universités reçoivent des subventions élevées du C.N.R.S.G. et l'université de Toronto reçoit de loin le montant total le plus élevé en subventions (voir tableaux 5.2 et 5.4).

Les géophysiciens étaient beaucoup moins réticents à évaluer la qualité de la recherche dans leur discipline. Tous les chercheurs interrogés ont mentionnés l'Alberta, la Colombie-Britannique et Toronto, cette dernière surclassant les autres de peu. Le département de géophysique de l'université Western Ontario a été le seul autre dont on a mentionné la qualité et l'organisation de l'équipe de chercheurs.

Toutes ces universités reçoivent des montants totaux très élevés en subventions du C.N.R.S.G. et ont une moyenne de subventions individuelles très élevées, (tableau 5.4).

### Quelles sont nos meilleures réalisations et quelles en sont les personnes responsables?

À cet égard, notre principale préoccupation, c'est de n'avoir parlé qu'à quelques personnes (environ 100 en tout); ainsi, les répondants pouvaient ne pas connaître suffisamment les réalisations en géologie et en géophysique. Deux réponses ont été unanimes; nos préoccupations ne s'étendent donc pas à ces domaines: d'abord, la géologie et la géophysique régionales sont considérées comme nos principales réalisations et ensuite, presque tous s'entendent pour dire que nous avons acquis une excellente réputation internationale en sédimentologie. Deux autres domaines de recherche ont été cités assez souvent dans les réponses pour mériter une mention spéciale. Ce sont des domaines qui sont presque strictement reliés à un seul département universitaire: l'océanographie (à l'université Dalhousie) et la géologie environnementale (à l'université de Waterloo).

Voici les disciplines où les chercheurs canadiens estiment qu'eux-même et leurs collègues font du bon travail:

**Syntheses regionales:** les études sur l'évolution tectonique des Appalaches sont très bien considérées à travers le pays, particulièrement grâce au travail des chercheurs de Memorial, souvent mentionnés, et d'autres chercheurs de l'université du Nouveau-Brunswick et de l'université Dalhousie. Les études sur la Cordillère sont aussi très bien cotées et, dans ce domaine, les noms des chercheurs de Queen, Calgary et Carleton sont souvent associés à ceux des chercheurs de la C.G.C. et de la D.P.G.

Les travaux effectués aux universités McGill, de Colombie-Britannique et de l'Alberta ont aussi été mentionnés quelquefois. Les synthèses sur le Bouclier précambrien sont rarement mentionnées et les études sur les îles de l'Arctique ne le sont pas du tout. Il est évident que les installations ne permettent pas aux chercheurs universitaires de faire de vastes études dans ces régions.

**Sédimentologie:** le travail de l'équipe de chercheurs de l'université McMaster semble avoir frappé l'imagination de tous les chercheurs du pays qui le citent comme un exemple de performance nationale. La recherche sédimentologique effectuée à Calgary, à McGill, à Memorial, à l'université de Montréal et à l'université de la Colombie-Britannique (département de géographie) et à l'université d'Ottawa reçoivent souvent des mentions favorables. Deux répondants ont souligné que, bien que nos études clastiques soient plus reconnues que nos études sur les carbonates, en jetant un regard sur le travail qu'effectuent les chercheurs des universités mentionnées, en collaboration avec leurs collègues de la C.G.C., nous découvririons que les Canadiens en savent plus long sur les carbonates du Paléozoïque inférieur que tout autre groupe de chercheurs dans le monde.

**Océanographie:** les chercheurs de tout le pays admirent le travail des océanographes, des géophysiciens et des géologues de l'université Dalhousie sur la crête médiane de l'Atlantique et plus récemment, sur les bancs de roches et les talus. Les noms de scientifiques de la C.G.C. (Centre géoscientifique de l'Atlantique) sont souvent insérés dans la liste des chercheurs de l'université Dalhousie, ce qui signifie que les chercheurs sentent qu'ils font partie de la même communauté de recherche. Beaucoup de chercheurs interrogés espèrent que le nouveau Centre géoscientifique du Pacifique du gouvernement fédéral donnera un essor similaire à l'université de Victoria et à celle de la Colombie-Britannique.

La seule ombre au tableau en ce qui concerne la situation de l'océanographie est mentionnée par les océanographes eux-mêmes. Selon eux, les politiques qui imposent des limites géographiques aux études entreprises et notre manque de participation officielle aux principaux projets internationaux ont nui à l'essor de cette sous-discipline.

**Géochimie:** (y compris l'étude des isotopes stables): plusieurs répondants estiment que nous avons acquis une réputation internationale dans ce domaine grâce au superbe travail de quelques individus éparpillés à travers le pays, mais surtout des chercheurs des universités de l'Alberta, de Waterloo, de McMaster, de Colombie-Britannique, de Western Ontario et de Toronto.

**Sciences de la Terre (environnement):** les travaux des chercheurs de l'université Waterloo sur la géochimie des basses températures, l'hydrogéologie et la géologie du Quaternaire ont beaucoup influencé leurs collègues partout au pays qui qualifient souvent cette discipline de science environnementale et estiment que, dans ce domaine, nous avons un statut international. Les chercheurs mentionnent souvent les travaux sur l'hydrogéologie qui ont mérité un prix à l'université de la Colombie-Britannique.

**Biostratigraphie et paléontologie:** plusieurs universités ont été cotées très hauts dans ces domaines; les universités de Montréal, de la Saskatchewan et de Toronto sont probablement les plus fortes en vertu du nombre de chercheurs, et les autres institutions obtiennent de bonnes cotes à cause de la présence d'un ou de deux chercheurs exceptionnels, soit Alberta, Laurentienne, Western Ontario, Waterloo et McMaster. Au cours des discussions sur les études biostratigraphiques, on a souvent mentionné qu'il y avait

tellement de contributions importantes à apporter aux synthèses multidisciplinaires régionales que les chercheurs ont rarement l'occasion de se concentrer sur l'étude des roches d'une partie bien définie de l'échelle du temps. Il faut noter que lorsqu'on discutait des réalisations canadiennes (ex.: zone triassique), les répondants mentionnaient plus souvent les recherches de la C.G.C. que les réalisations des universités.

De même, lorsque les discussions portaient sur la paléontologie, plusieurs scientifiques ont fait remarquer qu'il y avait beaucoup à faire sur le plan descriptif, que peu de chercheurs s'engagent à ce niveau et qu'il est difficile de ne pas faire d'efforts pour des études aussi fondamentales que les tendances évolutives et le paléoenvironnement.

**Petrographie:** ce domaine a été classé au premier rang par beaucoup de chercheurs qui travaillent dans cette sous-discipline, mais il est étonnant de constater que les scientifiques d'autres domaines ne savent pas que nous y excellons. Les scientifiques estiment que nous sommes excellents en géologie métamorphique. Les pétrographes de l'université de la Colombie-Britannique, des universités Queen et Carleton ont travaillé aux problèmes métamorphiques, habituellement en collaboration avec leurs collègues de la géologie structurale. Cette coopération a donné lieu à d'excellents résultats.

Des chercheurs de niveau international de l'université de Toronto, de Montréal et Memorial ainsi que des nouveaux venus de Lakehead et de la Saskatchewan effectuent des recherches dans le domaine de la pétrographie ignée (endogène).

Un grand pétrographe canadien a déclaré que nous excellons en pétrographie théorique. Au point de vue intellectuel, les théoriciens métamorphiques se classent parmi les meilleurs au monde. Selon cette personne, la pétrographie expérimentale au Canada est très décevante; de tous les travaux effectués, beaucoup se sont avérés utiles, bien que peu originaux et habituellement peu adaptés aux techniques de pointe. On peut cependant compter une exception: les travaux sur la fusion des silicates qui sont présentement en cours à l'université Queen. Les chercheurs canadiens n'ont pas encore exploré à fond les applications de la géochimie analytique aux problèmes de la pétrographie. Les chercheurs ont tendance à suivre les voies traditionnelles plutôt qu'à prendre de nouvelles voies. Ce scientifique estime que, à l'exception de la pétrographie théorique, les travaux des Canadiens sont bons mais ne sont pas encore à la fine pointe de la technologie. Il les classe environ au cinquième rang mondial.

Voici un exemple étonnant et typique de l'ignorance des chercheurs en ce qui a trait aux domaines connexes à leur discipline: beaucoup de répondants ont déploré l'absence de recherches en pétrographie expérimentale et théorique dans les universités canadiennes. Ils ont été bien surpris d'apprendre que les trois chefs de département à Carleton, Queen et C.-B. poursuivaient des travaux dans ce domaine et que d'autres travaux moins élaborés étaient présentement en cours au pays!

**Géologie structurale:** les chercheurs canadiens s'entendent généralement sur le fait que nous sommes assez faibles dans ce domaine, exception faite des quelques bonnes études des structures régionales de la Cordillère, du Bouclier canadien et des Appalaches. Plusieurs ont toutefois souligné que des travaux quantitatifs plus sérieux dans le domaine de la géologie structurale étaient présentement en cours à Toronto, Queen, Memorial et Nouveau-Brunswick.

**Sciences planétaires:** seulement quelques chercheurs de l'élite scientifique ont mentionné ce sujet. Ils estiment que malgré le fait que peu de scientifiques y participent, nous sommes reconnus internationalement grâce aux études sur les cratères de météorites de la D.P.G. et les récentes études sur les météorites aux universités de l'Alberta et de Toronto, sur les champs magnétiques et l'histoire thermique à Toronto, et sur les atmosphères planétaires à McMaster.

**Géologie des gisements de minéraux:** dans tous les départements de géologie des universités, au moins un chercheur travaille à la recherche appliquée. Dans certains départements, plusieurs chercheurs travaillent dans ce domaine, mais les répondants ont mentionné principalement Toronto comme étant le département le plus reconnu dans cette discipline. Ils ont aussi mentionné les universités Western Ontario, Queen, Colombie-Britannique, Alberta et Memorial.

Le plus important groupe de chercheurs se trouve certainement à Toronto où plus de 10 géologues et géophysiciens, de même que des étudiants diplômés, travaillent principalement sur les problèmes des gisements de minéraux et aussi sur certains problèmes reliés aux gisements d'hydrocarbures. Le département possède au moins 20 projets en cours et a fourni une liste de six techniques instrumentales mises au point au cours des dernières années et adoptées par les géochimistes et les géophysiciens de l'industrie.

Un point important à souligner, d'après un universitaire, le Canada est au premier ou au second rang dans le monde en géochimie et en géophysique d'exploration et en géologie des gisements de minéraux. Il estime que la réputation du Canada en géochimie et en géophysique provient en grande partie de quelques sociétés d'exploitation et de recherche, mais qu'une partie de cette renommée est attribuée aux universités. C'est parce que les départements de géologie des universités canadiennes n'ont pas laissé leur intérêt se détériorer dans ce domaine, comme l'on fait beaucoup d'autres pays au cours des années 60 et 70, qu'ils ont acquis cette réputation pour la recherche sur les gisements de minéraux. D'autres pays du monde commencent à se bâtir une réputation dans ce domaine et nous pourrions peut-être bientôt être devancés.

**Géologie du Quaternaire:** nombre de géoscientifiques spécialisés dans des domaines très éloignés de celui-ci croient que nous avons acquis une excellente réputation internationale dans cette sous-discipline, par le biais d'études gouvernementales et universitaires. Deux chefs de départements qui ne sont pas engagés dans la recherche sur le Quaternaire sont même allés jusqu'à dire que les études du Quaternaire et les études géotechniques peuvent faire partie des quelques domaines pour lesquels le Canada se classe parmi les premiers au monde. On a mentionné des groupes de chercheurs de l'université de Montréal et de Vancouver, quelques-uns en géologie, d'autres dans des départements de géophysique.

**Études géotechniques:** seulement quelques études géotechniques sont reliées aux départements de géophysique et de géologie, soit à Saskatchewan, Queen, Colombie-Britannique et Waterloo. La plupart de ces études sont entreprises dans les services de génie civil, habituellement en étroite collaboration avec les départements des sciences de la Terre. Les géoscientifiques des universités ont pris conscience que nous sommes excellents dans ce domaine de recherche. Le groupe de chercheurs de l'université de l'Alberta semble être reconnu comme le chef de file dans ce domaine, suivi de près par Laval et Montréal, comme démontré au chapitre 6.

**Géophysique:** les universitaires estiment que beaucoup de travaux de calibre international sont présentement en cours au Canada. Certains domaines ont été remarqués:

- **Géophysique d'exploration:** plusieurs professeurs ont souligné que l'université de Toronto était probablement une des meilleurs écoles au monde dans ce domaine. L'École Polytechnique et l'université McGill contribuent aussi à la bonne réputation du Canada dans ce domaine.

- **Séismologie:** cette discipline est considérée comme l'une de nos principales forces dans le domaine des sciences de la Terre. L'université de l'Alberta excelle dans ce domaine grâce à l'approche théorique d'un de ses géoscientifiques sur l'analyse des temps et les études sur les couches profondes. Les chercheurs canadiens ont aussi beaucoup de respect pour le travail d'autres universités de l'Ouest, Colombie-Britannique, Saskatchewan et Manitoba. Plusieurs géoscientifiques ont cité leurs travaux comme de bons exemples de la collaboration entre les universités.

- **Magnétisme:** on a mentionné spécialement les travaux des jeunes chercheurs de l'Alberta et de Toronto (Erindale) sur le magnétisme des roches, les travaux sur les sondages magnétiques profonds effectués par un chercheur reconnu de l'université de l'Alberta et les études électromagnétiques présentement en cours à l'université de Toronto.

Dans beaucoup de domaines de la géophysique, on a cité des études théoriques diverses comme étant de premier ordre. On a mentionné particulièrement les études sur la théorie inverse effectuées par des géophysiciens de l'université de la Colombie-Britannique et les études analytiques plus vastes d'un scientifique de Memorial et d'un autre de York.

#### OPINION DE L'INDUSTRIE MINIÈRE SUR LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE

Le questionnaire envoyé à 150 sociétés d'exploration et d'exploitation minière contenait quelques questions relatives à la recherche universitaire. Vous trouverez un résumé des réponses à l'annexe 3C. Tel que mentionné au chapitre 3, les réponses ont été très utiles pour évaluer la formation, mais l'on été beaucoup moins en ce qui a trait à l'évaluation de la recherche. Plus de la moitié des sociétés interrogées n'ont pas répondu ou ont donné des réponses très vagues aux questions traitant de la recherche. Si certaines réponses étaient bonnes et constructives, la plupart démontraient une certaine ignorance des activités de recherche qui sont reliées à l'industrie et quelques-unes démontraient de la méfiance à l'égard des études supérieures et de la recherche universitaire en général. Les réponses reflétaient clairement le manque de communication entre les chercheurs des universités et l'industrie des minéraux.

À la question portant sur les domaines de recherche qui nécessitent le plus de travail ou une meilleure qualité dans les universités, la réponse la plus courante était la géologie économique. Dans ce contexte, il est implicite qu'il s'agissait de la géologie des gisements, mais certains répondants ont inclus particulièrement le charbon, le pétrole, et d'autres minéraux non-métalliques. Voici les autres réponses concernant les faiblesses de la recherche: géophysique d'exploration, géophysique des sondages, sédimentologie, stratigraphie (particulièrement dans les institutions de l'est), géologie structurale, géochimie de l'exploration, géologie générale et études géotechniques. Un des répondants a souligné que: "a) on devrait accorder beaucoup plus d'importance à la distribution du minerai et à la décomposition des minéraux dans les roches des gisements de

minerai qui, pour les besoins de la pétrographie, sont traités et étudiés en fonction de l'ensemble des roches; b) il faut absolument effectuer des recherches en géochimie des solutions, non seulement reliée au traitement des formations de minerai, mais aussi à la diagenèse des roches; au métamorphisme, etc. Les travaux dans ce domaine pourraient révolutionner nos connaissances en géologie, mais il a été presque complètement ignoré dans les universités canadiennes."

Un autre répondant déplorait le manque de recherche sur la géochimie organique des basses températures et ses effets sur l'évaluation et l'exploration des hydrocarbures. Un autre estimait que les universités devraient tracer la voie dans le domaine des approches multidisciplinaires concernant les connaissances sur les gisements de minerai, ce que jusqu'ici, elles n'ont pas réussi à faire.

Une question sur l'équilibre des activités de recherche permet d'expliquer la réponse générale voulant qu'on accorde plus d'importance aux travaux sur le terrain qu'aux travaux de laboratoire et aux études théoriques. Certaines réponses sous-entendaient que l'équilibre actuel était assez bon - c'est justement le rôle des universités d'étudier autant la théorie que l'expérimentation - et que, actuellement, seuls quelques chercheurs individuels et quelques départements n'arrivent pas à maintenir cet équilibre. La plupart des réponses soulignait toutefois qu'un changement de priorité concernant certaines activités de recherche serait nécessaire pour répondre aux besoins de l'industrie.

Si ces réponses sont plutôt négatives, c'est peut-être en partie parce que notre questionnaire avait tendance à vouloir déterminer les faiblesses de la recherche universitaire plutôt que ses points forts. Les sociétés d'exploration minière semblent penser que certaines des activités de recherche sont tolérables parce que, tel que remarqué dans la section précédente qui traitait du financement de la recherche, beaucoup de sociétés offrent un soutien partiel à des thèses et à des projets universitaires. De plus, une société d'exploration minière a mis sur pied un excellent programme de financement de la recherche qui mérite l'estime de toute la communauté scientifique canadienne.

#### OPINION DE L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE SUR LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE

Nous avons reçu 19 réponses des 24 sociétés pétrolières auxquelles nous avons envoyé le questionnaire: dix étaient très importantes, alors que neuf étaient d'une importance relative. Encore une fois, nos questions semblaient porter plus sur les faiblesses de la recherche que sur ses points forts. Cependant, 16 des 19 sociétés qui ont répondu avaient collaboré à des projets de recherche universitaire. Les répondants étaient donc mieux informés et plus optimistes que ceux de l'industrie minière, bien que, comme mentionné dans la section précédente, les sociétés fournissent moins de soutien à la recherche que leurs collègues de l'industrie minière.

Les géoscientifiques de l'industrie pétrolière estiment qu'il faudrait effectuer beaucoup de recherche en géochimie organique, puisqu'elle est reliée à l'origine et à la maturation du pétrole. Cinq répondants ont souligné ce point et deux ont fait remarquer que c'était un domaine très négligé dans toutes les universités nord-américaines. La diagenèse et la minéralogie des argiles n'ont pas reçu l'attention qu'ils méritent malgré leur importance reconnue dans l'exploitation des réservoirs de gaz colmatés et les problèmes reliés à la récupération secondaire. Plusieurs répondants ont fait remarquer que les chercheurs des universités semblent être

peu au courant de beaucoup de problèmes relatifs au pétrole. Ainsi, en géophysique, il y a peu d'activités de recherche dans le domaine du traitement des données recueillies, par exemple, les nouveaux travaux sur la réflexion des ondes transversales, l'interprétation (modèles structuraux), les caractéristiques des câbles de forage des réservoirs et l'étude des méthodes sismiques de haute résolution. On estime aussi que les groupes de chercheurs négligent les études de la subsurface dans les analyses des bassins. On a aussi fait remarquer que deux des plus anciennes universités n'ont aucun sédimentologue des argiles dans leur équipes de recherche géologique.

Plusieurs répondants ont dit regretter que tant d'institutions de géophysique concentrent leurs recherches sur les études magnétiques et gravitationnelles et ignorent les méthodes sismiques. Toutefois, deux grandes sociétés pétrolières ont souligné que les dépenses que nécessitent les recherches sismiques sont difficilement acceptables pour les universités.

Au sujet de l'équilibre des activités de recherche, certains ont répondu que le but premier des universités était l'enseignement et les autres formes de transfert des connaissances. Ils estiment que la recherche devrait être une considération secondaire et déplorent le prestige qu'on accorde aux chercheurs. D'autres, au contraire, estiment que les universités ne s'engagent pas assez dans la recherche et que trop de professeurs utilisent leur temps libre pour donner des consultations pour leur gain personnel (aucun nom ou institution n'a été mentionné).

Plusieurs répondants, adoptant une attitude plus positive, ont suggéré que les professeurs soient invités à participer à des projets de recherche exécutés par les sociétés au cours de l'été, soit comme conseillers ou observateurs. Une personne a répondu que plus de professeurs devraient être invités (ou s'inviter eux-mêmes) à prendre des congés sabbatiques pour travailler, à l'étranger, dans les quartiers généraux de la recherche des sociétés afin de se familiariser avec la recherche de pointe dans le domaine de la géologie du pétrole. Il semble que des professeurs de Memorial et de Calgary aient récemment suivi ce conseil et recommandent fortement ce genre de projet.

#### OPINION DES ORGANISMES PROVINCIAUX SUR LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE

Tous les organismes provinciaux entretiennent des rapports étroits avec au moins quelques universités de leur province. Les chapitres 4 et 7 traitent de certains de ces rapports, et des exemples d'aide financière à la recherche ont été donnés à la section précédente de ce chapitre. Bien que les opinions exprimées par les organismes provinciaux concordent plus que celles de tout autre groupe, il y a plusieurs évaluations différentes de la situation de la recherche universitaire. Les opinions suivantes témoignent de ce phénomène:

- Les professeurs et leurs étudiants qui présentent les rapports finals sur les projets subventionnés par les provinces ont tendance à mettre l'accent sur des problèmes précis plutôt que de présenter des rapports bien équilibrés. La géologie et la géophysique économiques sont généralement traitées de façon très superficielle.
- Les professeurs ont tendance à publier leurs travaux dès les premières étapes de leurs recherches.
- La plupart des répondants des provinces estiment que le fait d'être libre de choisir le sujet des recherches est une tradition très utile dans les milieux universitaires - ils

déplorent surtout ce que l'un d'eux a exprimé en ces termes: "les approches séparées qui se produisent souvent lorsque les principaux projets sont déterminés en fonction du dynamisme des chercheurs individuels plutôt que de critères plus objectifs".

- En supposant que les géoscientifiques des universités s'intéressent principalement à la recherche fondamentale, la plupart des géoscientifiques des provinces déplorent leur tendance à ignorer ou à dénigrer tout ce qui a rapport à la recherche appliquée. Comme l'a souligné l'un des répondants, "en général, les chercheurs hésitent beaucoup à inclure dans leur programme des éléments de la recherche appliquée qui leur permettraient d'obtenir des subventions et de partager les coûts de la recherche". Seulement un organisme provincial estime que l'université avec laquelle il fait le plus affaire accorde, dans l'ensemble, assez d'importance à la recherche.
- Un des répondants s'étonne que, dans un pays qui dépend tellement de l'industrie des ressources, les universités n'aient qu'une réputation minime dans le domaine de la géophysique économique et ne pensent pas à établir l'équivalent de l'Imperial College de Londres (cette personne exprime l'opinion contraire des répondants de l'étranger).

Malgré l'aspect assez négatif de ces commentaires, les organismes provinciaux estiment que les activités de recherche universitaire sont complémentaires à leurs recherches et que "la recherche universitaire a probablement un effet sur les études des ressources effectuées par ces organismes. De plus, comme le disait un directeur de recherche, "la réputation internationale du Canada dans le domaine des sciences de la Terre semble s'améliorer... Malgré quelques faiblesses, la géologie économique, autant à l'intérieur qu'à l'extérieur des universités, est bien considérée dans le monde, mais pas nécessairement à cause des études en laboratoire".

#### OPINION DES ORGANISMES FÉDÉRAUX SUR LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE

Les principaux services de recherche en sciences de la Terre au sein du gouvernement fédéral sont la Commission géologique du Canada (C.G.C.) et la Direction de la physique du Globe (D.P.G.) du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (É.M.R.). Le Musée des sciences naturelles et deux principales divisions du ministère de l'Environnement et des Pêches (qui ne nous ont pas répondu) sont aussi des services de recherche importants. Plusieurs autres ministères fédéraux participent aussi à la recherche universitaire dans le domaine des sciences de la Terre.

Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien La section des Ressources minières finance chaque année quelques projets de ses bureaux régionaux. Les répondants de ce groupe estiment que l'une des principales faiblesses de la recherche universitaire est la concentration sur les gisements de minéraux. À la Division des études environnementales de ce ministère, on croit que les contacts avec les chercheurs des universités sont moins fréquents qu'ils ne devraient l'être. Cette division finance plusieurs études et croit que le nombre de chercheurs qui étudient le pergélisol n'est pas suffisant. Un porte-parole de la Division de l'évaluation du pétrole et du gaz estime que les scientifiques des universités devraient se charger d'un bon nombre des études qui sont présentement effectuées par le gouvernement et l'industrie.

La Direction de la gestion des ressources de l'É.M.R. se charge plutôt des règlements que de la recherche. Elle fournit aux chercheurs des universités des échantillons tirés des puits et des renseignements sur les ressources et a fait

observer que beaucoup de matériel mis à la disposition des chercheurs est rarement utilisé. Les répondants de ce groupe estiment que les universités canadiennes n'ont apporté que des contributions minimales à la recherche dans le domaine de la géologie pétrolière et de la stratigraphie.

Le Musée des sciences naturelles un des Musées nationaux du Canada, collabore avec 9 universités en ce qui a trait à la recherche.

Cette institution estime que bien que l'éducation supérieure au Canada soit aussi bonne que celle de tout autre pays, aucune université canadienne n'a acquis une aussi bonne réputation d'excellence dans le domaine de la recherche que certaines universités américaines ou européennes, même si dans certains départements, il y a quelques chercheurs exceptionnels. Nous sommes désavantagés par les systèmes de financement, le nombre peu élevé des effectifs de recherche et la faible densité de la population. Nous pourrions toutefois surmonter ces obstacles en favorisant la recherche multidisciplinaire et intradépartementale.

La Direction de la physique du Globe de l'É.M.R. est un des plus importants employeurs de chercheurs en sciences de la Terre dans tout le pays: elle compte 85 scientifiques et 85 employés de soutien. Les chercheurs sont principalement établis à Ottawa, mais un petit groupe travaille au Centre géoscientifique du Pacifique, près de Victoria, en Colombie-Britannique.

La D.P.G. n'a pas de souci majeur en ce qui a trait à la recherche géoscientifique dans les universités, sauf, peut-être, que les efforts qui se font sont répartis plutôt maigrement sur beaucoup de disciplines. Elle reconnaît qu'il y a souvent dédoublement et répétition des publications, mais elle estime que ce n'est pas seulement le cas des universités et que "le système, à partir de la formation des diplômés jusqu'au marché du travail, favorise ce phénomène".

Invitée à donner ses commentaires sur les meilleures choses qui se font dans les universités canadiennes, la D.P.G. a répondu que : "l'excellence de la recherche en sciences de la Terre dans les universités repose habituellement sur le talent d'un très petit groupe. Malgré cela, des études géophysiques lithosphériques structurales mettant en oeuvre une grande variété de techniques géophysiques ont été entreprises par plusieurs universités du pays et nous croyons qu'elles se comparent favorablement aux meilleures du monde."

La Commission géologique du Canada La C.G.C. est de loin le plus important organisme de recherche dans le domaine des sciences de la Terre dans tout le pays. On y dénombre 300 chercheurs et 500 employés de soutien. Elle compte 7 divisions scientifiques et une division des services d'information, dont une à Dartmouth, N.-E., une à Calgary, Alberta, une troisième à Vancouver, B.-C., et une partie de la quatrième à Pat Bay, C.-B. Les autres sont situées à l'administration centrale, à Ottawa.

Certaines divisions de la C.G.C. entretiennent des relations étroites avec les groupes de recherche universitaire, alors que d'autres en entretiennent très peu et d'autres pas du tout. Plus les contacts sont étroits, plus les divisions ont une bonne opinion de la recherche dans les universités.

La C.G.C. entretient des contacts avec les géoscientifiques des universités pour des projets conjoints, des contrats, des supervisions de thèses, et de la collaboration pour des projets internationaux. La Commission considère que ces liens sont très importants pour plusieurs raisons: possibilité pour les chercheurs de

rencontrer les étudiants diplômés, de mener à bien des recherches complémentaires à peu de frais, d'échanger entre spécialistes, et d'effectuer des recherches spéciales pour parfaire les réalisations de la Commission. Les scientifiques de la Commission estiment que les universités tirent profit du fait qu'elles peuvent entreprendre des projets de thèses supervisés par des gens compétents et, dans certains cas, obtenir de la C.G.C. des fonds et des installations de recherche. Comme nous l'avons souligné dans le chapitre 4, certains professeurs d'université estiment que la C.G.C. tire plus avantage de ces projets que les universités.

Quelques personnes des divisions de la C.G.C. s'inquiètent de certaines faiblesses de la recherche universitaire canadienne. L'une d'elle estime que les universités des provinces de l'Atlantique ne tiennent pas compte des nouvelles techniques "offshore", ce qu'elle considère presque comme une négligence criminelle. Une autre croit que la géophysique nucléaire continue d'être ignorée malgré les nombreux présages de son importance à divers moments au cours des 15 dernières années. Un troisième répondant demande que les universités mettent davantage l'accent sur les études économiques et structurales et déplore qu'elles se concentrent sur les projets de laboratoire au dépend du travail sur le terrain. La recherche paléontologique est jugée excellente dans 6 départements universitaires, mais faible dans la plupart des autres. Finalement, les départements des sciences de la Terre laissent trop souvent la responsabilité de la mise au point de méthodes analytiques aux départements de chimie des universités qui, eux, manquent de motivation.

Nous avons reçu une grande variété de réponses sur les meilleures réalisations des universités:

- un scientifique reconnu d'une des divisions estime que "les recherches universitaires en sciences de la Terre au Canada sont généralement médiocres et déplore le manque de coordination entre les universités ou les organismes fédéraux ou provinciaux. Même à l'intérieur d'une même université, les recherches en sciences de la Terre donnent l'impression d'être désorganisées"

Une autre division déclare que:

- "Dans les domaines qui nous intéressent, il y a des cas d'incompétence et de négligence de la part du corps enseignant des universités, par exemple dans la supervision des assistants de recherche, dans l'utilisation des instruments analytiques coûteux (XRF, SEM et microsonde ionique); on y sent une impression de somnolence, en partie parce que les activités de recherche sont dispersées parmi les domaines administratifs et autres".
- Une division qui a beaucoup de contacts avec les universités estime qu'elles jouent habituellement bien leur rôle, mais qu'elles accordent beaucoup trop d'importance à la recherche expérimentale et trop peu au travail géologique sur le terrain.
- Une autre division croit que, bien que les géologues du Quaternaire soient peu nombreux et qu'ils soient dispersés, il se fait du bon travail dans ce domaine.
- Voici les travaux qui ont été mentionnés spécialement:  
Études sur le pergélisol en Colombie-Britannique  
Datation des acides aminés en Alberta  
Datation des fissures à Toronto
- Certaines divisions se plaignent des faiblesses en géologie des charbons, en évaluation des ressources, en

géologie du milieu marin, en géophysique et dans tous les aspects de la recherche sur les sciences de la Terre dans l'Arctique. D'un côté plus positif, d'autres divisions ont mentionné les excellentes études régionales sur les Appalaches et le Précambrien du Labrador par les chercheurs de l'université Memorial, la recherche sédimentologique à McMaster, la palynologie aux universités de Toronto et de la Saskatchewan, les études analytiques à l'université de Toronto et la géologie des isotopes à l'université de Montréal.

Les commentaires d'un répondant d'une division qui participa à un grand nombre de recherches appliquées conclut très bien cette section: "il y a trop de départements universitaires et le financement n'est pas bien réparti....Le manque de suite dans les recherches universitaires, et la mauvaise utilisation du matériel disponible sont des critiques souvent formulées à l'endroit des universités, mais la plus importante est sans doute le manque de personnel de soutien. Ceci est une conséquence de la préférence sociale apparente (particulièrement en Amérique du Nord) qui vise à mettre en place des organisations à effectif réduit (parallèlement à un taux de chômage élevé). Ces organisations peuvent sembler moins coûteuses, mais, à long terme, elles mènent rarement à une réflexion créatrice. Je pense que tout cela est relié aux attitudes sociales, particulièrement à l'obsession de la productivité, qui font passer la quantité avant la qualité parce que la quantité est beaucoup plus facile à mesurer.... Les universités canadiennes font du bon travail, d'une qualité beaucoup plus élevée que la moyenne mondiale. Ceci est particulièrement vrai dans le cas de la géochimie et de la géophysique d'exploration"

#### OPINION DES PAYS ÉTRANGERS

Afin d'obtenir, de l'étranger, une évaluation de notre effort national et une idée de notre réputation internationale en sciences de la Terre, nous avons communiqué avec quelques chercheurs étrangers reconnus dans chacune des principales disciplines. La plupart travaillent dans des organismes gouvernementaux ou dans des universités, mais quelques-uns sont des chercheurs de l'industrie. Ils ont été choisis en partie par les membres du comité éditorial et en partie par des chercheurs reconnus du pays. Nous avons eu un taux de réponse de 75 pour cent. Quelques réponses étaient vagues et peu compromettantes et quelques-unes ne mentionnaient que les noms des quelques meilleurs chercheurs dans des sous-disciplines. La plupart des répondants donnaient une analyse détaillée de nos points forts et de nos faiblesses et, dans certains cas, en expliquaient les raisons. Bien que nous ayons demandé d'écrire seulement deux paragraphes, beaucoup de personnes ont rédigé plusieurs pages de commentaires, et un chercheur nous a même présenté un texte dactylographié de 15 pages sur la situation des sciences de la Terre au Canada. Certains de ces commentaires sont reproduits à la fin du chapitre 7.

Environ la moitié des répondants ont demandé à garder l'anonymat et nous avons respecté leur désir. Beaucoup ont donné une liste de chercheurs excellents, mais le Conseil canadien des sciences de la Terre a décidé de ne pas publier ces noms, sauf dans le cas de chercheurs reconnus qui sont maintenant à la retraite et ont joué un rôle important dans la communauté géoscientifique du Canada.

Nous pouvons d'abord dire que, dans l'ensemble, les réponses étaient très élogieuses. Les étrangers ont une bien meilleure opinion de nos efforts de recherche que la moyenne des chercheurs des universités, des sociétés ou du gouvernement du Canada. De plus, par rapport aux scientifiques canadiens, les chercheurs étrangers ont une

perspective quelque peu différente de nos forces et de nos faiblesses. Par exemple, les géoscientifiques du gouvernement et des sociétés déplorent généralement le manque de recherches orientées vers les ressources et la géologie appliquée dans les universités et l'importance qu'on accorde aux études expérimentales aux dépens du travail sur le terrain. La plupart des réponses provenant de l'étranger font l'éloge de l'interaction qu'il y a au Canada entre les universités, le gouvernement et l'industrie (ces relations doivent sembler meilleures comparées à celles d'autres pays.), de notre excellence dans le domaine de la recherche sur les gisements de minéraux et du fait que certaines de nos universités se classent parmi les meilleures au monde dans ce domaine. Cependant, plusieurs considèrent comme une de nos principales faiblesses est le manque de travaux théoriques et expérimentaux complémentaires aux études sur le terrain des universitaires.

Il y a aussi une autre différence d'opinion très intéressante: à l'exception d'un seul répondant de la C.G.C. (qui savait de quoi il parlait), la plupart des géoscientifiques canadiens semblent assez contents de nos efforts en océanographie. Nos répondants étrangers sont toutefois déçus de nos efforts dans ce domaine, malgré les travaux effectués par une poignée de chercheurs de premier ordre, et estiment que nous avons beaucoup négligé les réunions sur les océans à un moment où beaucoup de réponses aux problèmes fondamentaux des sciences de la Terre résident au fond de la mer.

Nous n'avons pas seulement demandé aux chercheurs étrangers une évaluation de la recherche canadienne à l'intérieur de leur propre discipline, mais aussi leurs impressions sur les efforts d'ensemble dans le domaine des sciences de la Terre. Nous vous donnons ici quelques opinions; beaucoup d'autres sont reproduites au chapitre 7.

#### Vues d'ensemble de quelques chercheurs étrangers

...la géologie canadienne est caractérisée par un meilleur équilibre entre les travaux sur le terrain et les travaux de laboratoire et entre la science de base et la science appliquée que ce n'est le cas aux États-Unis: ainsi, les Canadiens ont su maintenir un bon équilibre, chose que les Américains tentent maintenant de rétablir.

- Francis G. Stehli, Case Western Reserve University

...Je suis très impressionné par le travail géologique sur le terrain et les recherches en tectonique effectuées par les chercheurs canadiens, mais je suis un peu déçu des recherches dans les disciplines géochimiques....

- Un géochimiste du R.-U.

...Je voudrais dire enfin, c'est mon impression et je ne peux dire mieux, que, par rapport à la géologie américaine, la géologie canadienne est beaucoup plus orientée vers les travaux sur le terrain que vers les travaux de laboratoire.....

- Robert M. Garrels, Northwestern University

...Selon moi, vous excellez dans les études tectoniques paléozoïques, y compris dans les analyses des ophiolites, dans les études glaciologiques, la séismologie et le paléomagnétisme, les minéraux et la minéralisation et les études sur le Précambrien.

- B.F. Windley, University of Leicester, R.-U.

## Geophysique

Nous avons demandé à la plupart de nos correspondants de commenter la qualité des recherches dans l'ensemble de la géophysique:

...Selon moi, sur la scène mondiale, les géophysiciens canadiens se classent parmi les meilleurs. La qualité de leurs recherches est largement reconnue... On leur offre souvent des postes administratifs de direction dans les principales organisations internationales..., ce qui démontre bien qu'ils ont les connaissances et la compétence nécessaires pour organiser avec succès les sciences au niveau international. Il serait mal venu de citer des noms, mais on ne pourra jamais assez rendre hommage au professeur Wilson... il n'y a presque aucune institution en Amérique du Nord dont certains des membres n'ont pas subi son influence... Le Canada a mis sur pied un réseau de stations sismiques et géomagnétiques de premier ordre et a été l'un des premiers à faire des travaux sur la haute atmosphère et la physique de l'espace. Il a aussi joué un rôle de premier plan dans plusieurs projets internationaux de grande importance dont, par exemple, l'Année internationale de la géophysique, le Projet sur le Manteau supérieur et le Projet international sur la géodynamique...

- J.A. Jacobs, université de Cambridge

... De mon point de vue, la situation de la géophysique au Canada est excellente. Dans le domaine du paléomagnétisme, votre laboratoire gouvernemental possède un des deux ou trois meilleurs chercheurs au monde. La géophysique des mines est beaucoup plus développée au Canada que dans n'importe quel pays du monde, et l'université de Toronto est le centre de la plupart des activités dans ce domaine. Dans celui des sondages magnétiques profonds, un scientifique de l'université de l'Alberta est considéré comme l'un des chefs de file au niveau mondial.

- Alan Cox, université Standford

...J'attache plus d'importance aux chercheurs qu'aux institutions. Parmi les nombreux chercheurs dont les travaux on eu des répercussions au niveau international, quelques-uns travaillent à l'université de Toronto, ou à l'université de l'Alberta, à l'université de la Colombie-Britannique, à l'université Memorial, à l'université York, à la Direction de la physique du Globe et à l'université Carleton...

- D.L. Anderson, California Institute of Technology

Certains de nos correspondants ont donné leur opinion sur des sous-disciplines précises:

### Seismologie:

...Les efforts canadiens sont considérés comme excellents... le réseau de stations sismiques est aussi bon que tout autre au monde en dépit des problèmes de logistique. Le Programme canadien de réfraction de la croûte terrestre et de réflexions profondes a, depuis plus d'une décennie, toujours donné d'excellents résultats. En fait, le Canada a apporté sa contribution aux plus récents progrès dans le domaine de la séismologie et

semble avoir entrepris une vaste étude séismologique au moyen de techniques modernes... le meilleur séismologue se trouve à l'université de l'Alberta... la séismologie se porte bien au Canada...

- J.C. Savage, U.S. Geological Survey, California

...J'ai découvert un problème en ce qui concerne la réflexion sismique. Ce problème n'est toutefois pas uniquement canadien, il semble plutôt universel. La réflexion sismique a été mise au point par l'industrie pétrolière, et nous en sommes maintenant rendu à un point où la technique peut fournir beaucoup de détails sur les lignes profondes de haute fréquence, ou les lignes les plus profondes comme les appelle l'industrie et, dans certaines régions, des renseignements sur la croûte profonde... Dans un avenir rapproché, cette technique devrait permettre de faire d'importants progrès dans l'établissement des cartes du sous-sol et la détermination des problèmes en hydrologie, la cartographie des failles, les études sur les tremblements de terre, les emplacements d'enfouissement des déchets, l'exploration géothermique, etc... La formation académique doit donc être radicalement modifiée de manière à répondre à ces demandes... La meilleure solution serait que les institutions se partagent le personnel qui fait des études sismiques régionales et les centres de traitement dans une région donnée.....

- Un des principaux chercheurs du secteur industriel, É.-U.

### Geophysique des mines:

...Dans l'ensemble des sciences de la Terre, les efforts sont bons, mais il y a une certaine faiblesse dans le domaine de la géophysique des mines. Cependant, l'université de Toronto a établi un excellent programme et possède un des meilleurs chercheurs dans ce domaine. Les universités Queen, McGill, de la Colombie-Britannique et du Manitoba et l'École Polytechnique effectuent une quantité raisonnable de travaux dans ce domaine.

- Un professeur de géophysique, É.-U.

### Magnetisme:

...Les recherches canadiens sur le magnétisme des roches et le paléomagnétisme se classent parmi les meilleures à l'échelle mondiale. Le Journal canadien des sciences de la Terre est devenu une des principales publications dans le domaine du paléomagnétisme.

Des scientifiques des universités de l'Alberta et Toronto dirigent deux excellents groupes de recherche sur le magnétisme des roches et placent le Canada au premier rang.

Dans le domaine du paléomagnétisme, le Canada se classe parmi les meilleurs au monde. Cette supériorité provient des travaux effectués au laboratoire géomagnétique de la Direction de la physique du Globe... l'un des trois meilleurs au monde. Les chercheurs de ce laboratoire ont effectué des recherches de pionnier sur le Précambrien et la démagnétisation chimique... Les travaux effectués par les départements des universités sont habituellement confiés à un seul chercheur... et les contributions varient en fonction du nombre d'étudiants

diplômés.... Les laboratoires d'Edmonton, de Toronto, de Windsor, de London et de Saint-Jean sont aussi dirigés par d'excellents chercheurs.....

- M.W. McElhinny, Australian National University

#### *Geochronologie et géologie isotopique:*

...Malgré les importants travaux réalisés au tout début de l'histoire de cette science au Canada, les efforts actuels de recherche sont quelque peu décevants, en général, et ne s'étendent nullement à toutes les possibilités qu'offrent ces techniques pour solutionner de nombreux problèmes géologiques importants et fondamentaux... Sa géochimie isotopique, y compris la géochronologie, a maintenant dépassé le stade où seuls les physiciens ou les chimistes du domaine analytique sont susceptibles de faire des découvertes importantes... Les techniques et les méthodes d'analyse sont suffisamment au point, aujourd'hui, pour servir aux géologues, aux géochimistes, aux pétrologistes, etc., qui peuvent et veulent utiliser toute cette méthodologie pour résoudre leurs problèmes scientifiques et qui peuvent réserver une bonne partie de leur temps à produire des données dans des laboratoires de détermination isotopique.

Le Canada possède plusieurs laboratoires bien équipés, d'où se dégage cependant une atmosphère de virtuosité stérile et analytique, sans la créativité et la productivité scientifiques correspondantes... Certains semblent se concentrer sur une seule méthode de datation ou de détermination isotopique ou même sur un seul aspect d'une seule de ces méthodes (par exemple, U-Pb sur les zircons)... Par contre, il existe plusieurs petits laboratoires, çà et là au pays, qui sont utilisés par des travailleurs compétents, mais qui sont munis d'un matériel analytique comparativement désuet, et le temps y est une denrée rare... Il existe des dimensions économiques minimales et très définies pour un groupe de recherche en datation et en détermination isotopique... Il en résulte que tout ce qui peut exister comme renseignement géochronologique et isotopique est extirpé avec ferveur par des géologues canadiens, puis étudié et disséqué à l'infini... De nos jours...un laboratoire devrait pouvoir produire une quantité très substantielle de renseignements sûrs, grâce à l'utilisation de la plupart des méthodes ou de toutes les grandes méthodes de datation et de détermination des isotopes (Rb-Sr, U-Pb, Sm-Nd pour les minéraux et les roches entières, de même que K-Ar quant à certaines applications plus spéciales, notamment sur les roches plus jeunes). Un spectromètre de masse moderne devrait pouvoir produire de 4 à 6 analyses d'éléments comme le Sr, le Pb, le Rb, le La, etc., cependant, il ne peut encore produire un nombre semblable d'analyses du Sm et du Nd. Il ne devrait pas falloir plus d'une semaine ou deux pour établir un isochrone en 10 à 15 points d'une roche entière au moyen d'une analyse de datation au Rb-Sr...

Si le Canada possédait deux ou trois laboratoires bien munis de matériel et de personnel... Je crois que l'étude de l'évolution chronologique du Bouclier canadien et des diverses zones mobiles qui l'entourent ou qui en sont entourées recevrait un sérieux coup de pouce... Il semble que l'on pourrait se fonder sur les réalisations du groupe de la C.G.C. à Ottawa et du R. O. M. à Toronto, pourvu qu'il y ait une prise d'orientation beaucoup plus géologique de l'intérieur.

Ceci dit, je me dois de rendre hommage à plusieurs universités canadiennes pour l'imagination et la créativité dont elles ont fait preuve en matière de datation et de détermination isotopique, notamment celles de Toronto, de l'Alberta et de la Colombie-Britannique... Leurs travaux m'ont plus impressionné que ceux des autres chercheurs canadiens... Il y a beaucoup de place pour les petits groupes de recherche universitaire imaginatifs: il faut continuer à les appuyer, tout comme les groupes plus grands du genre que j'ai mentionné...

- Un chef de file de G.-B. en géologie isotopique

#### *Géologie des gisements des minéraux*

...À mon avis, les efforts que vous faites dans le domaine des gisements des minéraux se situent parmi les meilleurs du monde.

En ce qui concerne la recherche, la cause de l'excellence est plus facile à défendre. Étant donné que vous possédez un réseau national de personnes très compétentes, quoique peu nombreuses en ce moment, et un grand nombre de spécialistes en géologie structurale, en pétrologie et en d'autres domaines dans vos universités, vous avez l'environnement idéal pour effectuer de la recherche sur les gisements de minéraux. Il en résulte, je crois, qu'en fonction du nombre d'habitants, vous vous classez près du sommet aujourd'hui. Malheureusement, cet effort tient surtout aux universités et à la C.G.C., car l'apport du très grand nombre de géologues qui travaillent dans l'industrie est excessivement petit...

La meilleure école de recherche en gisements de minéraux est l'université de Toronto, car il s'y trouve plusieurs chercheurs bons et dynamiques. En effet, je crois qu'elle est l'une de cinq meilleures en Amérique du Nord à l'heure actuelle, pour ce qui est des études sur les gisements des minéraux.

Je ne voudrais pas soulever de polémiques en nommant vos chercheurs émérites (il nomme un chercheur du C.G.C. et deux de Toronto)... Mais puisque je suis d'avis que la géologie économique est autant un état d'esprit qu'une discipline, les contributions de gens comme (scientifiques de l'université de la Colombie-Britannique et des universités Western Ontario et Queen's sont nommés) sont tout aussi importantes pour la géologie économique que les contributions concernant les gisements eux-mêmes, de sorte qu'il faudrait également compter ces hommes de sciences parmi vos meilleurs. Vous êtes chanceux d'en avoir tant d'aussi bons...

- Brian J. Skinner, université Yale

...Il existe plusieurs écoles importantes de géologie économique de réputation internationale... de l'est à l'ouest...

...L'université Memorial a eu un rapport important en ce qui concerne les relations des gisements de minéraux et la tectonique des plaques... Le groupe Memorial est fort aussi en chimie des roches - une question importante pour ce qui est de la genèse des minerais.

L'École Polytechnique a fait du bon travail en géologie économique; ces dernières années, toutefois, son schéma de production manque de cohérence.

Toronto possède une école de géologie économique bouillonnante d'activités. Il s'y trouve un géologue en nickel qui est le grand spécialiste non seulement au Canada, mais dans le monde. Un de ses hommes de sciences a contribué de façon remarquable à l'application des analyses par microsonde électrique à la géologie économique. C'est à son laboratoire que l'école doit les grandes réalisations de ces groupes de géologie économique et de pétrologie expérimentales

L'université Western Ontario possède l'un des chefs de file mondiaux en matière de gisements de minéraux limités par des strates. L'Alberta possède une équipe de chercheurs économiques très forte qui concentre ses efforts sur l'uranium. Ce groupe entretient aussi d'excellents rapports avec l'industrie.

Malgré cela... la microscopie par réflexion de la lumière ne reçoit pas toute l'attention qui lui revient, et il existe encore de nombreuses universités au Canada où la géologie des gisements de minéraux est sous-alimentée...

- Professeur d'une université spécialisée en génie minier, Europe

#### *Geologie pétrolière*

...Le Canada accuse certaines faiblesses en ce qui concerne la recherche fondamentale en géologie pétrolière et, par conséquent, les travaux d'exploration, en particulier dans les régions pionnières, ne sont pas toujours effectués avec les meilleures techniques (il y a bien sûr un certain nombre d'exceptions). La raison de cette faiblesse du Canada tient, et nombreux sont ceux qui le reconnaissent, au fait que l'exploitation industrielle est menée par des entreprises détenues par des étrangers.

Le genre américain de ventes gouvernementales aux fins d'exploration dans les régions pionnières, bien qu'elles soient lentes et insatisfaisantes... encourage vraiment l'utilisation des meilleures techniques géophysiques possibles pour l'évaluation des terrains que se présentent à l'achat. L'avantage concurrentiel, dans ce cas, va au camp qui possède les techniques géophysiques les plus avancées. Par conséquent, je considère que les performances de pointe des États-Unis en ce qui concerne les travaux géophysiques d'exploration sont supérieures à celles du Canada.

D'une façon générale, je suis d'avis que les efforts d'exploration et les travaux d'équipe des Canadiens sont en général d'une qualité supérieure à celle des États-Unis, mais comme je l'ai dit plutôt nombre des efforts de pointe des Américains sont probablement beaucoup plus raffinés. En d'autres mots, les États-Unis ont tout ce qu'il faut pour effectuer un travail de grande qualité, à grande échelle...

- Un géologue pétrolier des États-Unis

#### *Petrologie*

... Le Canada est doté de spécialistes en pétrologie des roches métamorphiques qui sont excellents, voire hors du commun, et les recherches qui s'y font sont tout aussi originales et valables que partout ailleurs. Les universités de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de Calgary, de Toronto, et d'Ottawa, ainsi que les universités Queen's et Carleton, excellent dans ce domaine...L'état général du domaine se reflète

également dans de bonnes publications comme le "Short Course in Application of Thermodynamics to Petrology and Ore Deposits" (Abrégé sur l'application de la thermodynamique à la pétrologie et aux gisements de minerais) publié par le M.A.S. en 1977, et l'Étude 78-10 de la Commission géologique du Canada, qui porte sur le métamorphisme du Bouclier canadien et qui a été publiée en 1978. Je crois qu'aucun pétrologiste, où qu'il soit dans le monde, ne devrait se passer de ces deux ouvrages. En d'autres termes, les recherches du Canada dans le domaine qui m'intéresse sont aussi bonnes, sinon meilleures que celles de tout autre pays auquel je peux penser...

- B.W. Evans, université de Washington, Seattle, États-Unis

...À l'heure actuelle, la pétrologie expérimentale se porte bien au Canada, et les meilleurs centres connus se trouvent aux universités de la Colombie-Britannique et de Toronto et à l'université Carleton. Je placerais le Canada avant la Grande Bretagne, l'Urss, la France et l'Allemagne, sur un pied d'égalité avec l'Australie, derrière les États-Unis seulement dont le programme est plus vaste et plus diversifié. Cependant, comme c'est le cas dans toutes les autres sciences, les États-Unis prennent de l'avance, et l'avantage que nous avons décroît. De plus, le Canada offre des programmes respectables à l'université de la Colombie-Britannique, aux universités Laurentienne, McGill et autres. Les Canadiens tirent leur force particulière de la grande expérience qu'ont leurs expérimentateurs sur le terrain, ainsi que de leur perfectionnement en thermodynamique. Leur seule faiblesse possible provient du manque de profondeur inévitable de leur approche.

- Hans P. Eugster, université Johns Hopkins

...La plupart des études des ophiolites qui se sont faites au Canada ont eu lieu au complexe Bay of Islands, à Terre-Neuve... Là, un certain nombre de nouveaux concepts ont vu le jour, grâce surtout aux travaux sur le terrain d'un professeur de Memorial et de ses étudiants. Ses travaux de cartographie détaillée ont servi de base à des études plus complètes par des collègues de Memorial et par des géologues de l'université Western Ontario; de plus, ces études nous ont donné un aperçu fondamental sur l'étude globale des ophiolites dans le monde. Dernièrement, un géologue de l'université Laval a fait de nouvelles études, unificatrices, sur les ophiolites du sud du Québec. Par opposition, très peu de travaux nouveaux et intéressants ont porté sur les roches ophiolitiques de la Colombie-Britannique, ce qui laisse planer un doute raisonnable sur cette région. Cela est dû en partie aux intérêts de l'université de la Colombie-Britannique et au terrain difficile... Les efforts du Canada se classent très haut sur l'échelle internationale lorsque l'on compare ses contributions, dues surtout à l'université Memorial, à ceux des États-Unis et de l'Europe.

...le travail vraiment exceptionnel accompli par un géologue de Toronto sur les sulfures et sur la fréquence de leur présence dans les laves ultramafiques. Dans ce domaine, le Canada est nettement le chef de file. L'ouvrage sur les ophiolites et les roches ultramafiques publié par la Direction de la physique du Globe, en 1972, a constitué un premier jalon en vue de déterminer l'organisation des diverses venues d'ophiolites et de roches ultramafiques au Canada...

- R.G. Coleman, \*(United States Geological Survey,)\* Californie

...En ce qui concerne la volcanologie, j'ai quelques opinions plutôt précises... même si (certaines des personnes remarquables) peuvent ne pas être liées directement à la volcanologie physique dans son sens étroit. Ainsi, les études de datation et de détermination isotopique (d'un homme de sciences de Colombie-Britannique) nous permettent de beaucoup mieux comprendre les phénomènes inhérents aux limites des plaques convergentes et le volcanisme qui leur est associé. Les travaux (un homme de sciences de l'université Queen's) sur les propriétés physiques des coulées de silicate sont tout simplement uniques... Quant à moi, il s'agit d'un des hommes de sciences les plus compétents du Canada. (Un autre) effectue des travaux très intéressants, à l'université Queen's, sur la détermination des caractéristiques du volcanisme précambrien. Il y a plusieurs chercheurs à Toronto qui font de l'excellent travail en pétrologie... et bon nombre d'études intéressantes nous viennent de Montréal. (Cet auteur mentionne également des travaux d'une qualité extraordinaire portant sur le volcanisme du Bouclier précambrien et effectués par un homme de sciences de la C.G.C.)

Il me semble que la situation des (Canadiens) est telle qu'elle leur permet un apport presque unique grâce à l'étude du volcanisme précambrien... sans laquelle il sera impossible de considérer le magnétisme et le volcanisme dans une perspective appropriée... Toutefois, je pense qu'il y a un facteur défavorable qui nuit à la valeur de ces études. En effet, on a tendance à essayer d'interpréter les roches anciennes d'après des modèles populaires fondés sur des relations tectoniques plus jeunes qui peuvent ne pas convenir du tout à l'Archéen... dans des cas trop nombreux, ils essaient tant bien que mal d'intégrer leurs observations à un modèle populaire. Je souhaite que quelqu'un ait le courage de considérer les roches canadiennes avec un esprit plus ouvert et de nous dire, non pas comment elles peuvent entrer dans le modèle d'enfoncement, mais bien ce qu'elles révèlent en termes de différences entre les conditions de l'Archéen et celles du Cénozoïque...

- Alex R. McBirney, université de l'Oregon

#### *Geologie structurale:*

Nous n'avons reçu aucune réponse des géologues structuraux de l'étranger avec qui nous avons communiqué. Cependant, nous avons relevé le paragraphe suivant qui présente beaucoup d'intérêt et qui donne à penser; il provient d'un commentateur qui traitait d'un autre sujet et qui résumait ses opinions sur l'ensemble des sciences de la Terre:

...Il est possible que le domaine géologique le plus faible qu'il m'ait été donné l'observer au Canada soit celui des études structurales. Sauf certaines exceptions qui étaient dues à des importations récentes d'écoles de Grande-Bretagne ou d'Ailleurs, j'ai trouvé que le niveau de la géologie structurale était faible. Cela se voit sur les cartes régionales produites par la Commission géologique du Canada. Même si l'on tient compte de la grandeur des régions couvertes, il manque à ces cartes une certaine impression de structure, ce qui fait qu'elles ressemblent plutôt à des "photos de pommes de terre"... L'état plutôt primitif de la géologie structurale au Canada ressort dans les discussions avec les géologues canadiens sur la formation des gneiss et la déformation des structures discordantes. L'idée que l'établissement de couches peut se faire par des procédés comme un déplacement différentiel des roches qui subissent une

pression ou que des structures originales impossibles à conformer peuvent tourner en parallèle semblent révolutionnaires à plusieurs auditoires universitaires... Ce fait reflète manifestement un problème fondamental...

- D. Bridgwater, Gronlands Geologiske Undersogelse

#### *Minéralogie*

...La merveilleuse géologie appliquée au Canada semble s'être donnée une orientation qui lui fait créer beaucoup plus de pétrologistes hors pair que de minéralogistes hors du commun. En minéralogie, les efforts des Canadiens semblent s'être concentrés sur les minéraux qui présentent un intérêt économique, notamment les sulfures. Il semble qu'il manque au Canada un grand centre de recherche en minéralogie comme il en existe, pour ne citer que ceux qui sont le plus connus, au Virginia Polytechnic Institute ou au State University of New York à Stonybrook... il existe certains endroits prometteurs en minéralogie au Canada, notamment les universités de la Colombie-Britannique, d'Ottawa, du Manitoba et de Calgary et l'université Carleton et, pour ce qui est de la minéralogie des sulfures, l'université de Toronto.

Le Conseil géoscientifique du Canada pourrait penser à choisir une université canadienne et l'aider à réunir plusieurs spécialistes de renom en minéralogie (avec le matériel nécessaire) afin de créer un grand centre de minéralogie...

- Un professeur de minéralogie d'une université américaine

...J'ai l'impression qu'au Canada, la minéralogie se classe parmi les meilleures du monde, surtout la minéralogie économique. (Cette personne cite les noms de quelques-uns de nos meilleurs hommes de sciences, qui tous ou presque se considèrent eux-mêmes comme des géochimistes ou des pétrologistes)...leur plus grande faiblesse tient probablement à une certaine tendance à l'esprit de clocher, surtout en matière des installations de recherche afin de s'assurer que celles qui sont désuètes seront rayées de la carte. Assurez-vous que les comités de planification sont composés d'un mélange d'hommes de sciences vieux et jeunes...

- Autre professeur de minéralogie d'une université américaine

#### *Sciences de la Terre appliquée aux océans*

...Ces travaux se font surtout dans les plus grands instituts côtiers et les universités côtières locales. Au début, des hommes de sciences (du gouvernement) ont tenté de faire de la recherche de classe mondiale... il en est résulté un levé définitif (ligne de référence) de la dorsale médio-atlantique qui a toujours une valeur de référence, ainsi que certains profils sismiques de pénétration profonde qui se comparent bien aux données d'exploration qui servent actuellement au choix des emplacements de forages au large des côtes. Il y a quelques années, le programme de l'Institut (Bedford) a été réorienté vers les questions de mise en valeur économique des ressources situées sous les eaux territoriales du Canada. Bien que les travaux soient d'une grande qualité, ils n'ont plus autant d'effet sur la scène géoscientifique mondiale étant donné que les plate-formes côtières de l'est et du nord-est ne

contiennent pas les structures tectoniques imposantes qui intéressent actuellement les géophysiciens. L'Institut, situé sur la Côte ouest et établi tout récemment, bénéficie encore du dynamisme qui découle de l'emménagement dans une nouvelle installation. Il est heureux également que les eaux canadiennes comprennent des zones de structures tectoniques complexes et intéressantes qui sont toujours en activité... Les travaux d'avant-garde en matière de géothermie et de sismique qui ont été effectués par un homme de sciences (du gouvernement) offrent de grandes possibilités scientifiques à long terme...

- Un professeur d'océanographie de la Côte ouest des États-Unis

...Les situations sont fort différentes au Canada et aux États-Unis. En effet, aux États-Unis, ce sont les institutions privées qui font le gros des recherches océaniques, tandis qu'au Canada, c'est le gouvernement... Par conséquent, l'évolution a été différente dans ces 2 pays, quoique l'on ne puisse dire lequel des deux est le plus productif. Je comparerais le modèle canadien au système de la NASA, où les principaux efforts ont été effectués par des laboratoires nationaux, et où la recherche réalisée dans les universités est bonne, mais moins concentrée et moins visible... Au Canada, on a décidé de concentrer les navires aux principaux laboratoires... Bedford et Patricia Bay; partant, c'est dans ces laboratoires que se fait l'océanographie. La collaboration avec les universités, en particulier celles de Dalhousie et de la Colombie-Britannique, est bonne, mais les pressions que subissent les groupes maison sont telles qu'il faut faire des efforts conscients et continus en vue de collaborer avec les universités.

Le Canada possède un certain nombre de scientifiques spécialisés dans les sciences de la Terre appliquées aux océans, dont certains font la navette entre les universités et les laboratoires. Or, puisque ce sont les laboratoires qui offrent les meilleures possibilités de recherche, un grand nombre de scientifiques finit par y aboutir. Parmi les chefs de file les plus réputés que je connaisse, je peux citer (géophysiciens d'université et scientifiques de la C.G.S. de la Côte est, un scientifique de la Direction de la physique du Globe et un géologue de l'université de la Côte ouest). Ils ont tous un esprit fertile et productif et ont une réputation internationale.

Je ne peux dire si c'est le système canadien ou le système américain qui produit le plus de résultats pour l'argent investi, mais il ne fait aucun doute dans mon esprit que la participation directe et active d'étudiants aux travaux de recherche rend ces dernières beaucoup plus productives. Les étudiants ont toujours de ces questions stupides... auxquelles personne ne peut répondre...

- Charles L. Drake, doyen de la Faculté des sciences, Dartmouth College, É.-U

...Au Canada, les sciences de la Terre appliquée aux océans me semblent en parfaite santé. Je connais bien le personnel et les programmes de Dalhousie et de Bedford, et je n'hésite pas à dire que les deux sont ce qu'il y a de mieux... Je crois que la réputation internationale d'un grand nombre de ces chercheurs est moins bonne qu'elle ne pourrait l'être parce que les programmes portent beaucoup plus sur la recherche intérieure, par opposition à la recherche à l'échelle nationale. À titre de collègue, cependant, je les tiens en aussi haute estime que ceux de tout autre groupe d'une taille équivalente, où que ce soit.

...Quand je pense à des scientifiques vraiment hors pair, je pense à des gens qui ne sont pas nécessairement reliés directement au domaine océanographique. Ainsi, Tuzo Wilson a beaucoup fait progresser les géologues océanographiques grâce à sa découverte des failles de transformation, des traces de points chauds, etc., mais il n'était pas considéré, en général, comme un géologue océanographique. Non plus que Harry Hess, à cet égard... Les géologues océanographiques canadiens, américains ou autres, ont tendance à passer trop de temps à recueillir et à faire sécher des données, et quelqu'un d'autre, qui n'a pas pris la mer, détermine ce que tout cela veut dire...

- Un scientifique d'expérience d'un institut d'océanographie américain

...Aux États-Unis, les institutions de recherche universitaires dominent la scène, tandis que le Canada sommeillait depuis longtemps, avant que la C.G.C. ne se mette de la partie et ne se fasse immédiatement immerger dans des engagements qui, essentiellement, faisaient double emploi avec certains travaux exécutés par l'industrie, en plus de certaines études environnementales assez routinières et de quelques rares études restreintes (surtout dans les domaines de la réfraction et du magnétisme) que l'on pourrait qualifier, à juste titre, de recherches fondamentales.

...Étant donné que les efforts des universités canadiennes en océanographie sont purement symboliques, et étant donné que la Commission géologique doit effectuer les corvées réservées d'habitude aux universités, la production piétine. Rien de semblable à l'effervescence et à la compétition qui existe parmi les institutions américaines ne se voit au Canada.

Il est probable que le plus grand recul effectué par le Canada fut son abstention de participer au projet IPOD de forage au large. Pour la modique somme d'un million de dollars, le Canada aurait pu jouer un rôle actif dans ce projet et profiter de certains forages qui auraient été des plus appropriés pour la compréhension des fonds marins du Canada. Comparez cela à la participation d'un autre grand pays d'exploration maritime, la Suisse, où des scientifiques établis en Suisse ont participé à la plupart des missions du DSDP et même à un certain nombre de missions de l'IPOD, et ont ainsi contribué à établir, à l'échelle mondiale, un réseau paléontologique, des études sur les faciès rocheux, ainsi qu'une comparaison avec les séries alpines, l'assèchement de la Méditerranée, etc.

Je n'arrive tout simplement pas à comprendre pourquoi les Canadiens n'ont pas participé davantage...

- Un scientifique d'avant-garde de l'industrie américaine

#### *Paléontologie et biostratigraphie*

...Dans le domaine de la paléontologie, les efforts ont porté, davantage qu'aux États-Unis, sur les aspects plus appliqués de cette discipline, soit la biostratigraphie, la paléontologie stratigraphique et les systèmes sous-jacent. Dans le cas du Canada, cela me semble correct et approprié. D'importants efforts ont quand même été réalisés dans le secteur des études fondamentales, et il s'est fait des travaux remarquables qui ont permis, notamment d'accroître notre connaissance de l'Arctique. Je suis d'avis que la

Commission géologique du Canada mérite d'être considérée comme... un bon exemple à suivre dans ce domaine.

- Un professeur de paléontologie des É.-U.

...Les travaux de paléontologie effectués au Canada sont toujours fort respectés et bien considérés par la communauté scientifique internationale, depuis le début du siècle dernier, mais ils étaient relativement peu nombreux. Depuis l'expansion de la Commission géologique et des universités survenue après la guerre, ces travaux se sont multipliés de façon remarquable. Ils proviennent aujourd'hui, non seulement des centres traditionnels de l'Est, mais aussi d'universités de l'Ouest comme celles de l'Alberta et de la Saskatchewan. Il ne fait aucun doute que les travaux des paléontologues canadiens sont de qualité internationale... Au cours des trente dernières années, la paléontologie a fait de grands pas au Canada; ce n'est pas un sujet spectaculaire ni particulièrement coûteux, mais il est essentiel à l'histoire géologique du Canada. Il faut qu'elle soit encouragée et qu'elle ne soit pas étouffée par la course aux trésors... la pratique de faire travailler des étudiants du doctorat avec la Commission est très judicieux...

- H.B. Whittington, université de Cambridge

...Quant à moi, le Canada est très fort en morphologie, en taxonomie et en biostratigraphie... Les travaux des Canadiens en taxonomie et en biostratigraphie sont proportionnels au nombre de paléontologues et aux fonds dont ils disposent. Le Canada produit plus que la Suède, dans ce domaine, mais moins que les États-Unis et l'U.R.S.S.

Pour ce qui est des aspects les plus "théoriques" de la paléontologie, je dirais que le Canada ne se trouve pas à l'avant-scène. Je pense à la biogéographie historique, à l'écologie des groupes (et à l'analyse des bassins pour découvrir du pétrole à l'aide de ce domaine), et à la théorie de l'évolution fondée sur l'utilisation des données relatives aux fossiles. J'en viens à la conclusion que, dans ces domaines, le Canada tire de l'arrière par rapport à la Grande-Bretagne et aux États-Unis. Personne d'autre ne peut vraiment leur faire compétition. Certains pourraient être d'avis que ce serait jeter l'argent des contribuables à l'eau que d'investir là-dedans plutôt que dans de solides travaux descriptifs. Je ne suis pas d'accord. On pourrait aider matériellement à déterminer l'emplacement des pièges stratigraphiques en améliorant les cartes destinées aux analyses de bassins par le biais des groupes fossiles (surtout benthiques) — les faciès rocheux sont un outil très puissant depuis longtemps, mais il est temps de renforcer cet outil au moyen des faciès biologiques... Depuis beaucoup trop longtemps, du moins le crois-je, nous nous servons des paléontologues comme s'ils étaient des scripteurs de données — quel en est l'âge, quel en est l'âge, *ad nauseam* — je les aurais descendus moi-même dans le trou avec un câble s'ils n'avaient pas été si gras — et il est temps maintenant de se servir de leurs connaissances en groupes fossiles pour analyser les bassins.

- Arthur Boucot, Oregon State University

...en termes de valeur par personne qui travaille dans le domaine, je serais d'avis que la palynologie se classe très bien au Canada. J'aimerais qu'il se fasse davantage de travaux dans un plus grand nombre d'endroits, tout particulièrement dans le domaine des

formes polliniques terrestres antérieures au Pléistocène, mais cela ne signifie pas que je critique cette lacune, parce que le marché des palynologues se sature facilement et que l'élargissement de ce domaine et de ses applications doit se faire lentement.

Les départements de botanique de l'université de la Colombie-Britannique et de géologie des universités de la Saskatchewan et de Toronto pourraient faire concurrence à toute institution des États-Unis. Le programme suivi à Toronto est extrêmement fort, à mon avis... les travaux effectués par un palynologue de Brock ont de quoi impressionner...

... En ce qui concerne les recherches qui ne sont pas tournées vers l'enseignement, les travaux (de deux scientifiques de la C.G.C.) à Dartmouth sont vraiment exceptionnels et dépassent en qualité (et, par conséquent, sont d'autant plus importants par leur grande quantité), à mon avis, les travaux effectués dans ce domaine par toute autre commission géologique fédérale dans le monde...

- Un spécialiste américain en palynologie

...quant à l'état de la paléontologie des vertébrés, on pourrait déclarer dès le départ que, de toute évidence, le Canada fait partie des pays d'avant-garde que appuient cette science et d'autres sciences ésotériques...

Le champ d'activité des paléontologues canadiens des vertébrés est vaste. Un scientifique de McGill et ses étudiants couvrent tous les domaines des amphibiens et des premiers reptiles. Les reptiles du Mésozoïque récent constituent la spécialité de chercheurs à Toronto, à Ottawa et à Edmonton, (un scientifique du Musée national) étant le plus grand spécialiste de ce domaine. Le \*(Royal Ontario Museum)\* se spécialise dans les reptiles marins. Un scientifique d'Alberta travaille sur les mammifères du Crétacé et du début du Tertiaire, de même que sur les petits reptiles de ces époques. Les mammifères ultérieurs sont étudiés (par des scientifiques) de Dalhousie, de Toronto, du \*(Royal Ontario Museum)\* et de la station biologique de l'Arctique située près de Montréal. L'université de Montréal s'occupe des poissons du Dévonien et un scientifique de l'Alberta travaille sur les poissons osseux supérieurs. Comme la plupart des pays d'avant-garde, le Canada manque d'étudiants en poissons fossiles et en oiseaux fossiles.

Trois Canadiens ressortent dans ce domaine (paléontologie des vertébrés) sur la scène mondiale: (il s'agit de)..., à McGill,..., à Dalhousie, et..., à Toronto. Plusieurs parmi ceux que j'ai nommés ont une réputation internationale...

- Professeur Joseph T. Gregory, université Stanford

### *Sédimentologie*

...deux professeurs se distinguent .... qui sont les grands spécialistes du monde dans ce domaine. Un professeur à Memorial... deux à McGill, un... à l'université de Montréal, un... à Ottawa, deux... à Dalhousie, un... -maintenant à Toronto ont tous une réputation internationale; le dernier, en particulier, est en train de se faire une réputation comparable à celle... (de ceux de McMaster). La plupart d'entre eux ont reçu

leur formation à l'étranger, ce qui montre bien la dépendance des universités canadiennes à l'endroit des immigrants et leur réticence à s'engager dans de nouvelles disciplines. Il se trouve encore beaucoup trop de départements qui ne font pas suffisamment de recherche ou d'enseignement en matière de sédimentologie. Voilà qui est étonnant, étant donné l'importance de ce sujet pour l'exploration et la production du pétrole et des minéraux.....

- Professeur Harold G. Reading, université d'Oxford

....en matière de sédimentologie, le Canada se classe au deuxième rang dans le monde. Si l'on excepte l'effort américain, où l'on emploie un nombre extrêmement élevé de chercheurs, le Canada n'a pas d'égal dans ce domaine. Au niveau universitaire, la contribution des chercheurs est sans pareille... la sédimentologie dans les universités canadiennes est forte; honnêtement, je ne vois aucune faiblesse et ma seule recommandation serait que le Canada accroisse son effort en continuant dans la même veine...

....Au Canada, la sédimentologie est entre bonnes mains et se porte bien....

- Professeur G.M. Friedman, Rensselaer Polytechnic Institute, État de New-York, États-Unis

....Dans mes cours, nous faisons lecture et profitons d'un grand nombre d'articles d'origine canadienne et j'en lis moi-même encore beaucoup plus. Grâce à eux, depuis les vingt dernières années, le Canada a pris une place prépondérante en matière de sédimentologie, du moins pour ce qui est des publications... En résumé, c'est de première classe!.....

- Professeur P.E. Potter, université de Cincinnati, États-Unis

#### *Quaternaire, pergélisol, ère glaciaire, geomorphologie*

....Je commence par le Quaternaire. Je crois que le Canada se classe très bien au niveau international, ses points les plus forts étant la géologie du glaciaire et la stratigraphie du Quaternaire, des terrains de l'Amérique du nord. Si j'avais à choisir deux chercheurs exceptionnels dans ce domaine, ce serait (scientifiques de Western Ontario et de Waterloo)

En recherches sur le pergélisol et le périglaciaire, les chercheurs canadiens se situent parmi les meilleurs du monde. Je ne connais personne, où que ce soit ailleurs dans le monde, qui soit meilleur que (un géographe de la Colombie-Britannique)... eu égard aux expériences hautement créatrices et d'une grande valeur qu'il a effectuées dans la région du delta du MacKenzie. (Un scientifique de Carleton)... a très bien réussi à allier les travaux sur les terrains et les méthodes de laboratoire. Un certain nombre d'autres chercheurs sont en train d'acquérir une réputation internationale, y compris (un géographe d'Ottawa). Du côté des recherches en laboratoire, (plusieurs ingénieurs de l'Alberta) sont bien connus, tout comme... (un ingénieur de l'École Polytechnique).

Pour ce qui est de la géomorphologie et de la géographie physique en général, je crois que le Canada se classe fort bien, surtout lorsqu'il est question d'étude du Nord. Je pense particulièrement aux efforts des

universités de la Colombie-Britannique, Guelph, McGill, McMaster, Ottawa et Toronto. Parmi ces groupes universitaires, je classerais la Colombie-Britannique en tête, surtout à cause de l'interaction qui existe entre les départements de géographie et de géologie de cette université.

À tout prendre, je dirais que les recherches sur le Quaternaire, la géomorphologie et la géographie physique se portent à merveille au Canada et se classent parmi les meilleures du monde, quant à tous les aspects que j'ai précisés moi-même...

- Un ancien directeur d'institut de recherche nationaux et internationaux

La géomorphologie est forte dans les universités canadiennes, du moins beaucoup plus que dans les universités américaines. Une partie de cette force provient de l'injection de géomorphologues formés en Grande-Bretagne au cours des années 50 et 60, et une partie est attribuable à un environnement physique propice... Tout comme en Australie et en Nouvelle-Zélande, les géomorphologues natifs ont acquis la prédominance, ce qui s'est traduit par un heureux mélange des connaissances du Vieux Monde et du dynamisme du Nouveau Monde.

Lorsque je pense à la géomorphologie dans les universités canadiennes, je pense à sa force dans les anciennes universités comme celle de la Colombie-Britannique, de McGill et de Toronto, et à sa croissance dans de nouvelles institutions comme celles de Guelph, de McMaster et de Waterloo. Dans un pays qui a connu une époque glaciaire si récemment... il est peut-être inévitable qu'une partie des efforts géoscientifiques soient voués à la géomorphologie du glaciaire, à la géologie du Quaternaire et aux répercussions pédogénétiques, hydrologiques et techniques. Pour ce qui est de comprendre l'environnement glaciaire et périglaciaire, ... les Canadiens se classent parmi les meilleurs du monde et se comparent plus que favorablement, à titre individuel, à leurs homologues de Scandinavie et d'Union soviétique.

- Anthony R. Orme, doyen des sciences sociales, U.C.L.A. (université de la Californie, campus de Los Angeles).

Franchement, je crois que (la géomorphologie au Canada) est en excellent état. Plus particulièrement, les universités de l'Ouest comme celle de la Colombie-Britannique, d'Alberta et Simon Fraser produisent d'excellents travaux dans le domaine de la géomorphologie fluviale... Les travaux des géologues canadiens du Quaternaire sont bien réputés et sont tenus en haute estime... L'interaction des géomorphologues et des ingénieurs civils du Canada dénote une bonne application de la recherche...

- Professeur S.A. Schumm, université d'État du Colorado, États-Unis

....Le Canada possède de bons programmes (en glaciologie) dans deux grands organismes gouvernementaux... Les efforts des universités canadiennes ne sont pas aussi grands qu'ils devraient l'être, à mon avis, dans un pays qui possède une proportion considérable de la glace qui, issue de l'époque glaciaire, existe dans le monde... McGill avait un programme, mais...le contenu en a souffert lorsque (le professeur)... est parti. L'université de la

Colombie-Britannique possède (deux professeurs)... qui sont bien connus dans la communauté internationale mais... cela ne crée pas un programme intégré.

Les départements des universités canadiennes ne sont pas bien réputés pour ce qui est de leur collaboration... il arrive fréquemment que la communication soit pauvre entre les départements de géologie et ceux qui abritent la géographie, l'archéologie et la biologie... Le Canada aurait avantage à ce qu'au moins une université crée un institut qui concentrerait ses efforts sur le Quaternaire.

- Scientifique chevronné d'un institut de recherche américain sur l'Arctique

### *Hydrogéologie*

...Les Canadiens ne tirent certainement pas de l'arrière en matière d'hydrogéologie, si l'on considère la population totale du Canada par comparaison avec celle des États-Unis, de la France, de l'URSS, ou de l'Allemagne de l'Ouest, où les recherches en hydrogéologie sont très dynamiques... À mon avis, certains des chercheurs en hydrogéologie les plus cotés au Canada sont (il nomme des scientifiques de l'université de la Colombie-Britannique, Waterloo, et d'organismes tant fédéraux que provinciaux). Les centres de recherches les plus actifs au Canada sont le Alberta Research Council, l'université Waterloo (la meilleure collection générale d'hydrogéologie dans toute université en Amérique du Nord, à l'exception de celle de l'Arizona), l'université de la Colombie-Britannique et McMaster (à cause de ses recherches en spéléologie). Quant aux chercheurs, (un scientifique de Colombie-Britannique) est le plus exceptionnel des hommes de sciences... Je suis convaincu que le progrès de la science est dû en grande partie à la personnalité des scientifiques qui la font. À cet égard, le Canada est bien pourvu aussi...

- Professeur S.N. Davis, université de l'Arizona

...Les Canadiens, tant individuellement qu'en tant que groupe, apportent certaines des meilleures contributions à l'hydrogéochimie dans le monde. La grande compétence du groupe de l'université Waterloo est unique, peut-être à l'exception des institutions russes avec lesquelles je ne suis pas familier. Aucune université américaine ne possède un personnel aussi compétent dans la discipline de la chimie des nappes phréatiques et aussi expérimenté dans les domaines de l'écoulement des eaux aquifères, de la géochimie, des isotopes et du transport des impuretés.

Mis à part les chercheurs de l'université Waterloo, les noms qui me viennent à l'esprit sont (il mentionne principalement des chercheurs du département de géologie de l'université de l'Alberta et de l'Alberta Research Council)...

- William Bac, U.S. Geological Survey Reston, Virginie

### *Géologie régionale (et mégatectonique)*

Nous avons demandé à certains correspondants de donner leur avis sur les synthèses régionales et, à d'autres, sur la mégatectonique. Nous avons demandé à deux chercheurs de donner leur opinion sur les études du Précambrien, étant donné leur importance au Canada.

...la tectonique des plaques a été inventée par un Canadien, J. Tuzo Wilson, qui, selon moi, est le successeur intellectuel d'Argand. Malheureusement, ce sont d'autres nations qui en ont tiré avantage, particulièrement les États-Unis où cette technique est couramment utilisée. Malgré cela, (des chercheurs de l'université de la Colombie-Britannique, des universités Queen et Memorial et de la Commission géologique du Canada) font du bon travail dans le domaine de la tectonique et de la géologie structurale, au niveau régional. (Un scientifique de l'université de Regina)... a entrepris un travail remarquable en réinterprétant de plus grandes régions de l'Hudsonien au moyen de travaux sur le terrain très détaillés et d'une excellente connaissance de l'interprétation des données de la tectonique moderne.

- Un des principaux chercheurs américains dans le domaine de la tectonique

...Je fais présentement beaucoup de recherche en bibliothèque sur la partie canadienne de la Cordillère de l'ouest... J'ai donc lu des articles de (professeurs de l'université Queen et de l'université McGill) sur les montagnes Rocheuses et d'autres de (chercheurs de la C.G.C.) sur la Cordillère de l'ouest, etc. Les divers concepts présentés dans ces articles sont nouveaux, fondamentaux et très stimulants... Certains des changements proviennent des nouveaux concepts de la tectonique des plaques et particulièrement des nouvelles idées sur les microplaques et le "montage tectonique". Les résultats sont spectaculaires et, pour le lecteur que je suis, plutôt éblouissants. Ils apportent une réelle contribution à la tectonique dans le monde... En résumé, j'ai l'impression que mes collègues canadiens ont la même façon de voir que les chercheurs américains et qu'ils nous surpassent dans plusieurs domaines; nous avons donc beaucoup à apprendre d'eux.

- Phillip B. King, U.S. Geological Survey

...Selon moi, vous excellez dans les études paléozoïques, en grande partie grâce à la contribution que les chercheurs de l'université Memorial ont apporté à la découverte de la zone plissée des Appalaches à Terre-Neuve...

- Un professeur de géologie du Royaume-Uni

...À mon avis, au Canada, certaines sciences de la Terre sont d'une qualité équivalente à celles de première classe en Europe et aux États-Unis. À l'extérieur des universités, la C.G.C. possède des chercheurs qui ont la capacité et le désir de produire des synthèses régionales sur la géologie du Précambrien qui seront utiles à tous les chercheurs qui travaillent dans ce domaine. Quelques départements des universités font preuve d'un enthousiasme et d'un moral qui mènent à des recherches productives. Le fait de sélectionner une région ou un problème précis pour lequel plusieurs disciplines s'appliquent a permis d'obtenir quelques résultats particulièrement utiles... Dans l'ensemble, c'est dans les plus grands départements que s'effectuent les meilleurs travaux parce qu'il est plus facile d'y rassembler un groupe de chercheurs actifs qui étudieront un problème particulier. Lors de mon court séjour au Canada, j'ai été impressionné par les études régionales sur le terrain, certains des travaux sur les gisements métallifères et sur l'océanographie.

- Professeur Janet Watson, Imperial College de Londres (R.-U.)

...À mon avis les géoscientifiques canadiens sont très bien cotés en ce qui concerne les études sur le Précambrien; on peut d'ailleurs le prouver par le flot continu d'excellents articles de recherche sur le Bouclier canadiens, particulièrement dans le Journal canadien des sciences de la Terre. Parmi les chercheurs "vraiment exceptionnels", je tiens à mentionner (un scientifique de chacune des institutions suivantes: C.G.C., D.P.G. et université de Toronto) pour leurs contributions à la tectonique du Précambrien, au paléomagnétisme et à la minéralisation... Il y a de nombreux bons chercheurs - il me vient immédiatement environ deux douzaines de noms à l'esprit. Je considère que les institutions suivantes comptent parmi les meilleures: C.G.C., D.P.G., universités de Toronto, Western Ontario, de l'Alberta, Carleton, McMaster, McGill, d'Ottawa, Queen, Saskatoon et Memorial. Je ne m'inquiète pas du tout de la santé des études sur le Précambrien au Canada, parce que vous possédez d'excellents spécialistes dans la plupart des principales disciplines reliées à ce domaine. Il faudrait toutefois apporter des améliorations à la géochronologie, qui est si importante pour dresser la longue histoire du Précambrien. En ce qui a trait à l'Archéen, les chercheurs canadiens se classent parmi les meilleurs pour leurs connaissances sur les zones de roches vertes, mais font preuve de certaines faiblesses (sauf quelques exceptions) dans leur compréhension des granulites et des zones à haute teneur en gneiss.

- Professeur B.F. Windley, Université de Leicester, R.-U.

...Vu de l'extérieur, le Canada est le chef de file mondial dans le domaine des études sur le Précambrien. Le Bouclier canadien s'étend sur la majeure partie du pays et renferme beaucoup de richesses minérales. Le Canada a agi sagement en apprenant à connaître et à utiliser cette ressource... nulle part ailleurs qu'au Canada, on ne trouve autant de bons géologues qui concentrent leurs recherches sur le Précambrien.

En fait, le Canada possède tant d'excellents géologues du Précambrien qu'il serait mal venu de n'en citer que quelques-uns. Certains de ces scientifiques possèdent des qualités (intelligence, esprit innovateur et engagement) qui, alliées à l'honnêteté, en font des chercheurs vraiment exceptionnels, capables de faire des découvertes aussi importantes que la reconnaissance de l'expansion des fonds océaniques ou l'impact primaire de Sudbury. Les contributions les plus importantes que les Canadiens aient apportées aux études sur le Précambrien concernent surtout la géologie et la pétrographie métallifère, l'établissement de cartes et la géologie régionale. Jusqu'à tout récemment, vous n'avez pas accordé assez d'importance à la sédimentologie et à la géologie historique des roches anciennes. Ce genre d'études pourraient améliorer votre compréhension de l'évolution de la croûte terrestre et des gisements de minerais... Cependant, certains des chercheurs que j'ai nommés, ainsi que d'autres, tentent présentement de combler cette lacune...

- Preston Cloud, U.S. Geological Survey (à la retraite)

... La situation générale de la géologie du Précambrien... bonne mais pas excellente... C'est au Canada que se trouve la plus grande étendue de roches précambriennes du monde. Une grande partie des richesses minérales du Canada provient d'ailleurs de ces roches et l'avenir de ce pays dépend de la compréhension du Bouclier. Ce pays devrait donc être chef de file

mondial dans le domaine de la recherche sur le Précambrien..., mais... lors des réunions importantes... le Précambrien... n'était pas directement représenté... le résultat de cette relative négligence se fait sentir dans les récents progrès au niveau mondial. Les plus récentes découvertes ont été faites par des chercheurs de l'Afrique du Sud, de l'Australie et du Groenland, tous des pays qui possèdent seulement des petits groupes de géologues dynamiques concentrés dans une ou deux institutions... Prenons les Russes, par exemple, ils possèdent plus de géologues qui étudient le Précambrien que nous tous ensemble, mais est-ce que leurs découvertes justifient ce nombre?

Je pense que les groupes de recherches sont meilleurs lorsqu'ils sont reliés à une université plutôt qu'à des organismes gouvernementaux... elles produisent des chercheurs brillants et ambitieux qui se joignent parfois à l'industrie. Lorsqu'elles réussissent à tenir les administrateurs à distance, les universités sont moins bureaucratiques que les organismes gouvernementaux.

- Un important scientifique d'un pays scandinave.

## DISCUSSIONS

### Différences dans les évaluations de la qualité

Les opinions des chercheurs canadiens et étrangers sur les aptitudes de recherche de nos chercheurs universitaires diffèrent de manière frappante. Les chercheurs étrangers nous classent parmi les meilleurs dans plusieurs sous-disciplines et estiment que nos recherches, dans l'ensemble, sont d'ordre mondial, sauf dans quelques domaines. Leur opinion correspond assez bien à celle des meilleurs chercheurs universitaires canadiens, mais sont généralement plus favorables. Il est certain que ces évaluations favorables influenceront à l'avenir les opinions des autres chercheurs canadiens qui croyaient que nous ne faisons rien de bien. Beaucoup de ces chercheurs souffraient du "syndrome de seconde classe" que la reconnaissance des chercheurs étrangers peut facilement guérir.

Les opinions généralement défavorables des scientifiques de l'industrie et des organismes gouvernementaux sont, à première vue, assez inquiétantes parce qu'elles sont souvent diamétralement opposées à celles des évaluateurs étrangers. Les scientifiques des sociétés déplorent le manque de recherche appliquée, alors que les correspondants étrangers louent les efforts déployés par les Canadiens dans le domaine de la géologie économique et, dans certains cas, craignent que cette discipline ne prenne le pas sur les besoins nationaux en recherche fondamentale. Les scientifiques du gouvernement se plaignent qu'on accorde trop d'importance aux études en laboratoire aux dépens des recherches sur le terrain, alors que la plupart de nos correspondants étrangers admirent l'équilibre qui existe entre la géologie et la géophysique au Canada, et que certains nous accusent même de nous concentrer sur les recherches sur le terrain aux dépens des recherches en laboratoire.

Dans la plupart des cas, nous tenons davantage compte des opinions des évaluateurs étrangers sur la qualité de la recherche que de celles des chercheurs canadiens. Les chercheurs étrangers semblent généralement bien informés sur les activités en cours, ce qui ne semble pas toujours le cas pour les scientifiques canadiens. Ce phénomène était prévisible puisque les évaluateurs étrangers ont été soigneusement choisis pour leur connaissance d'une grande variété de recherches internationales, alors les chercheurs

canadiens de l'extérieur des universités ont été sélectionnés en tant que groupes de consommateurs spécialisés des produits des universités. À ce titre, ces derniers se demandent pourquoi les universités ne produisent pas plus de produits qu'eux-mêmes désirent, c'est-à-dire des études sur la genèse des minerais pour les sociétés d'exploration minière, des cartes des ressources pour les sociétés d'exploration minière et les organismes provinciaux. Les professeurs d'université répondraient alors que ce sont là des recherches coûteuses pour lesquelles il faut trouver des sources de financement. De plus, si les chercheurs des universités se concentraient seulement sur ce genre d'études, qui se chargerait des aspects analytiques, expérimentaux et théoriques de la recherche en sciences de la Terre? En fait, certains des scientifiques des organismes fédéraux travaillent à ce genre d'études, et leur rivalité avec les groupes de chercheurs universitaires peut être la cause des commentaires négatifs de certains d'entre eux. Une telle concurrence peut être saine et bénéfique; c'est d'ailleurs pour cette raison que le C.N.R. a créé un programme de subventions aux universités alors qu'il possédait déjà un programme. La concurrence permet seulement d'éliminer la mauvaise herbe dans les sous-disciplines où une des parties, ou même les deux, de s'enfermer dans sa coquille. Elle produit habituellement de meilleurs résultats scientifiques et ce, plus rapidement.

Les opinions négatives des chercheurs canadiens de l'extérieur du milieu universitaire semblent contredire celles des évaluateurs étrangers qui admirent l'harmonie qui règne entre les divers éléments de la communauté canadienne des sciences de la Terre. Une fois de plus, les commentaires des observateurs étrangers sont probablement justes, du moins en comparaison avec leur propre pays. Comme nous l'avons mentionné au chapitre 7, les trois éléments de la communauté des sciences de la Terre collaborent de plusieurs façons. En dépit de ces explications, il est évident que, au sein de l'industrie et du gouvernement, les scientifiques connaissent mal les activités, les buts et les réalisations des chercheurs universitaires. C'est à ces derniers qu'incombe la responsabilité de remédier à ce problème, non seulement au moyen d'activités dans chacun des départements, mais aussi par des activités de groupes. Voici deux excellents exemples d'efforts visant à remédier à ce problème: le cours présenté annuellement par l'Association minéralogique du Canada sur l'instrumentation, la méthodologie, et l'application des concepts physico-chimiques et la série d'articles de l'Association géologique du Canada publiés dans le journal *Geoscience Canada* sur des sujets tels que les modèles de structure sédimentaire. Nous recommandons:

Que le Conseil des chefs de département des sciences de la Terre, en collaboration avec des sociétés nationales telles que la C.I.M., la C.S.P.G. et la C.S.E.G., commande, de façon permanente, des séries d'articles dans divers journaux et commandite des ateliers à diverses réunions afin de décrire et d'expliquer les recherches en cours dans les universités du Canada. Des histoires de cas pourraient démontrer que la recherche fondamentale a produit des techniques et des concepts pratiques qui pourraient être immédiatement adoptés par les scientifiques de l'industrie et du gouvernement.

Nous présentons d'autres recommandations reliées à l'interaction et à la compréhension dans le chapitre 7.

#### Rationalisation du financement

La plupart des subventions d'aide à la recherche universitaire sont accordées par le Comité de sélection par les pairs du C.N.R.S.G. Ce sont d'ailleurs ces subventions qui laissent le plus de liberté aux chercheurs. Les contrats de

recherche des organismes gouvernementaux contiennent généralement plus de restrictions sur la nature des projets. Le programme de subventions récemment créé par le ministère ontarien des Richesses naturelles et les contrats de recherche de l'É.M.R. laissent une relative liberté aux chercheurs, alors que d'autres contrats ne sont accordés que pour des travaux courants de consultation.

La plupart des chercheurs de premier ordre sont assez satisfaits des subventions du C.N.R.S.G. Certains nous ont même dit que ce n'était pas l'argent qui manquait, mais bien le temps. Cependant, d'autres chercheurs qui effectuent des recherches en laboratoire ou sur le terrain sont toujours à court de fonds et, malgré les subventions élevées du C.N.R.S.G., doivent demander des fonds supplémentaires aux organismes gouvernementaux et à l'industrie. Ils reçoivent habituellement les subventions qu'ils ont demandées mais estiment qu'ils perdent beaucoup de temps à préparer les formules de demande et à rédiger les rapports d'activité. Beaucoup de scientifiques qui ont de solides antécédents en recherche thématique éprouvent certaines difficultés à recevoir des subventions du C.N.R.S.G., mais sont beaucoup mieux traités par les organismes gouvernementaux. Il y aurait donc place pour une certaine rationalisation. En effectuant une meilleure sélection, les comités du C.N.R.S.G. pourraient éliminer certains types de projets qui sont davantage subventionnés par d'autres organismes. Ainsi, les chercheurs qui travaillent à des projets de recherche de pointe très coûteux pourraient recevoir plus de fonds et n'auraient pas à faire des demandes à plusieurs autres sources. Ceci pousserait les organismes gouvernementaux à augmenter leurs subventions et les autres allocations afin de pouvoir disposer des services des meilleurs scientifiques qui effectuent des recherches thématiques et de leurs étudiants diplômés. Nous recommandons:

Que le comité de sélection du C.N.R.S.G. pour les subventions aux sciences de la Terre, dans le cadre de ses visites, prévoit des réunions avec les hauts fonctionnaires du gouvernement fédéral et des organismes provinciaux pour discuter de la rationalisation du financement de la recherche.

Les géologues de l'industrie minière et pétrolière déplorent le fait que, dans les universités, on ne fasse pas plus de recherches sur des sujets tels que les gisements minéraux, la stratigraphie et la sédimentologie. La liste par discipline des recherches subventionnées par le C.S.R.N.G. pour 1978-80 (tableau 4.5, 5.1) semble corroborer ces faits. La raison en est que l'industrie subventionne très peu la recherche universitaire. Comme l'a souligné un de nos correspondants étrangers, l'industrie manque aussi d'imagination: les sociétés canadiennes ont tendance à subventionner les travaux de consultation, mais semblent vouloir éviter tout ce qui a trait à la recherche innovatrice à long terme. Par contre, les scientifiques de l'exploration minière de l'Afrique du Sud et de l'Australie ont aidé la recherche fondamentale en science appliquée, pour leur propre avantage et celui de certaines universités. Nous avons déjà cité une société canadienne (Riocane) qui a récemment démontré qu'on peut faire de même au Canada. Malheureusement, la majeure partie de la communauté industrielle (particulièrement l'industrie pétrolière) est dominée par les multinationales qui effectuent la plupart ou toutes leurs recherches à l'étranger. Même si plusieurs chercheurs travaillent maintenant pour l'industrie pétrolière, traditionnellement, elle ne finance pas de recherche à long terme en géologie et en géophysique. Nous avons déjà recommandé plus haut que les universités tentent d'expliquer à l'industrie et au gouvernement les avantages du financement de la recherche dans leurs domaines d'intérêt. Nous recommandons de plus:

Que le Conseil canadien des sciences de la Terre suggère à des hauts fonctionnaires et à des membres élus du Parlement de mettre en place des sanctions et des encouragements fiscaux destinés à inciter les sociétés pétrolières et minérales à financer la recherche de pointe, fondamentale et appliquée, dans les universités du Canada.

#### Financement et excellence

Les évaluations des correspondants étrangers et des scientifiques canadiens reconnus donnent l'impression que nous possédons quelques brillants chercheurs dans le domaine des sciences de la Terre et que nous sommes des chefs de file mondiaux dans plusieurs sous-disciplines, mais que, dans l'ensemble, nos efforts sont très satisfaisants et se classent juste après les meilleurs au monde. Comment faire pour que cet effort se poursuive afin que la plupart des disciplines de la géologie et de la géophysique au Canada soient parmi les meilleures au monde?

Certains des principaux professeurs estiment que ce qui nous manque, c'est une véritable collaboration à grande échelle en matière de recherche de pointe et des subventions correspondantes. Il y a quelques années, nous avons eu un excellent exemple de collaboration: un géologue de l'université Dalhousie a distribué des échantillons recueillis dans le cadre d'un programme de forage en haute mer à des chercheurs de toutes les universités canadiennes; les résultats des études effectuées sur ces échantillons ont été analysés lors d'un symposium et ont été par la suite publiés. L'installation d'une microsonde ionique, présentement en cours à l'université de Toronto, démontre bien que le financement d'importants projets est possible. Il faudrait pouvoir fournir de l'argent, dans des délais raisonnables, lorsqu'un groupe fait une découverte ou présente une idée nouvelle. Comme le souligne un de nos correspondants étrangers, cet argent n'était pas disponible lorsque les géoscientifiques canadiens ont eu l'occasion de participer au programme international de forage en haute mer. Les subventions thématiques du C.R.S.N.G. joueront peut-être éventuellement ce rôle, pourvu qu'elles ne soient pas accordées seulement pour des projets nationaux à court terme.

#### Centres d'excellence

À la fin des années 60 et au début des années 70, l'essor rapide de la recherche scientifique et des programmes de formation des diplômés a causé certaines inquiétudes. Beaucoup de chercheurs estimaient qu'en dispersant nos énergies à travers tout le pays, on ne pourrait arriver à créer de centres d'excellence. Certains ont suggéré (exemple: Bonneau et Corry, 1972, et Blais et al., 1971) que ceux qui établissent des politiques en matière de science devraient prévoir (a) des centres d'excellence où plusieurs départements d'universités et peut-être des laboratoires de recherche gouvernementaux effectueraient des recherches sur des thèmes communs; et (b) des centres de spécialisation où seraient effectuées des recherches dans des domaines plus limités.

Ces centres ont été créés au cours de la dernière décennie. Toronto est certainement reconnu comme un centre d'excellence dans le domaine des sciences de la Terre. Les évaluateurs étrangers le classent comme le meilleur dans plusieurs sous-disciplines. Des géoscientifiques de 5 départements collaborent étroitement et il existe des relations étroites avec d'autres départements des sciences, avec le Royal Ontario Museum, la Commission géologique de l'Ontario et plusieurs sociétés minières. Du point de vue de son importance et de ses activités, il est l'équivalent canadien du groupe de géoscientifiques de l'Australian

National University. Les universités de l'Alberta et de la Colombie-Britannique où plusieurs départements participent à la recherche géoscientifique (tableau 5.2) et qui comptent plusieurs centres de spécialisation seraient aussi considérés comme des centres d'excellence par plusieurs évaluateurs. Toutefois, on n'y retrouve pas le même genre d'interactions qui existent entre les départements de l'université de Toronto et ils n'entretiennent pas beaucoup de relations avec les laboratoires gouvernementaux de la région. Les deux universités tentent cependant de mieux intégrer les divers éléments de la recherche dans le domaine des sciences de la Terre.

Au cours de la même décennie, des centres de spécialisation ont pris beaucoup d'essor: les départements de géochimie et de gisements minéraux de l'université Western Ontario, les départements de gisements minéraux de l'École Polytechnique et de l'université McGill les départements de sédimentologie et de géochimie des isotopes à l'université McMaster et le département d'océanographie à l'université Dalhousie. De nouveaux centres de spécialisation ont aussi pris naissance et ont acquis rapidement une réputation internationale: les départements d'hydrogéologie et d'hydro-géochimie à l'université de Waterloo et le département de synthèse régionale de l'université Memorial.

Il est remarquable de constater que la plupart de ces centres ont été créés grâce à des chercheurs et à des activités de la scène régionale, avec l'aide du gouvernement, mais pas par le biais d'une planification ou de décisions gouvernementales. Il y a dix ans, Toronto traversait une période sombre du cycle géoscientifique et les départements de géologie de l'université Memorial et Waterloo étaient pratiquement inconnus. Les départements des universités dont la croissance et l'essor étaient assurés par la proximité de laboratoires gouvernementaux, des programmes provinciaux favorables ou des subventions de développement du C.N.R. n'ont pas réussi, pour une raison ou une autre, à prendre de l'essor. On peut favoriser les progrès scientifiques mais on ne peut pas les forcer.

#### CONCLUSIONS

La recherche universitaire a beaucoup progressé au cours des deux dernières décennies. Au début de cette période, seulement une poignée de chercheurs universitaires participaient à la recherche de pointe dont la majeure partie était effectuée par des organismes gouvernementaux. Aujourd'hui, la plupart des 460 professeurs de géologie et de géophysique du Canada sont engagés dans des activités de recherche. Comme les sciences connexes, les sciences de la Terre n'ont jusqu'à présent produit que peu de chercheurs de classe internationale. Cependant, les scientifiques canadiens sont maintenant reconnus comme des chercheurs de premier ordre et même des chefs de file mondiaux dans plusieurs sous-disciplines telles que les gisements minéraux, la géologie régionale, la sédimentologie des argiles, l'hydrogéochimie, la géomorphologie de l'Arctique et la géophysique de l'exploration, tous des domaines étroitement liés à la mise en valeur des ressources, à la protection de l'environnement, et par conséquent, à la qualité de la vie des Canadiens.

L'aide à la recherche universitaire est en grande partie apportée par les universités elles-mêmes: salaires des chercheurs, laboratoires et équipement. C'est le C.R.S.N.G. qui accorde les subventions les plus élevées d'aide à la recherche, soit plus de \$9 millions sous une forme ou sous une autre en 1980-1981. Les organismes provinciaux et fédéraux financent aussi la recherche par le biais de contrats ou de conventions de recherche et, dans le cas de l'Ontario, de subventions d'aide à la recherche. Il est surprenant de

constater que l'industrie, et particulièrement l'industrie pétrolière, subventionne peu la recherche universitaire, bien qu'une société d'exploration minière ait créé un programme innovateur de financement de la recherche. Seules de nouvelles lois pourraient encourager la plupart des secteurs de l'industrie à financer la recherche fondamentale au Canada dans des domaines qui pourraient leur être utiles.

Dans l'ensemble, la recherche géoscientifique dans les universités canadiennes est jugée comme très bonne, à un pas de l'excellence. Il est remarquable de constater combien nous avons peu de chercheurs, il y a seulement deux décennies. Nous avons beaucoup progressé en peu de temps. Ces progrès accélérés nécessiteront beaucoup de collaboration et des sommes élevées pour financer des projets

innovateurs. Ce financement pourrait provenir de plusieurs sources: l'industrie, la rationalisation des subventions du C.R.S.N.G. et les agences gouvernementales, et le retrait volontaire de ceux qui sont présentement engagés dans des recherches de pointe très coûteuses parce qu'ils estiment que c'est la seule façon d'obtenir une promotion et d'être reconnus dans la communauté universitaire. Nous devrions toutefois être capables de nous fier au C.R.S.N.G. pour obtenir des fonds lorsqu'une idée nouvelle et extraordinaire est présentée.

Enfin, la recherche universitaire a beaucoup progressé et a atteint les importants objectifs fixés il y a une décennie (Blais et al., 1971). Le Canada est bien servi par les chercheurs en géologie et en géophysique.

TABLEAU 5.1  
SUBVENTIONS DU C.N.R.S.G. DANS LE DOMAINE DES SCIENCES DE LA TERRE  
PAR DISCIPLINE 1979-1980

Discipline	Nombre de subventions	Montant total	Moyenne	Discipline	Nombre de subventions	Montant total	Moyenne
<u>SCIENCES GÉOLOGIQUES</u>							
1. géologie des charbons	1	\$ 6,000	\$ 6,000	30. instrumentation géophysique (compris dans d'autres domaines de la géophysique)	-	-	-
2. géologie économique	26	\$270,365	\$10,399	31. gravité	1	\$ 3,000	\$ 3,000
3. génie géologique (à l'exclusion de 20 et 22)	3	\$ 24,354	\$ 8,118	32. circulation de la chaleur	3	\$ 40,692	\$13,564
4. géologie environnementale	-	-	-	33. études magnéto-telluriques	2	\$ 21,500	\$10,750
5. géologie générale ou régionale	25	\$324,402	\$12,976	34. géophysique du milieu marin	2	\$ 37,601	\$18,800
6. géomorphologie (comprend 49)	22	\$229,287	\$10,422	35. propriétés physiques des roches minérales	4	\$ 54,315	\$13,579
7. géologie historique	-	-	-	36. télédétection	1	\$ 9,490	\$ 9,490
8. hydrogéologie	10	\$119,948	\$11,995	37. sismologie	9	\$151,335	\$16,815
9. géologie du milieu marin	2	\$ 25,129	\$12,564	38. tectonophysique	3	\$ 60,551	\$20,183
10. minéralogie et crystallographie	17	\$241,510	\$14,205	39. autres domaines de la géophysique	12	\$179,322	\$14,943
11. géologie minière (quelques subventions énumérées au tableau 2 devraient se trouver dans cette catégorie)	-	-	-	<u>GÉOCHIMIE</u>			
12. paléobotanique	3	\$ 45,703	\$15,024	40. biogéochimie	1	\$ 7,000	\$ 7,000
13. paléontologie	29	\$382,533	\$13,191	41. géochimie d'exploration	4	\$ 62,729	\$15,681
14. palynologie	6	\$ 62,592	\$10,432	42. géochimie inorganique	3	\$ 32,808	\$10,936
15. pédologie (science des sols)	8	\$ 96,719	\$12,090	43. géochimie et géochronologie des isotopes	32	\$580,409	\$18,138
16. pétrographie	20	\$212,446	\$10,622	44. géochimie physique	12	\$229,883	\$19,159
17. géologie du pétrole	2	\$ 19,000	\$ 9,500	45. géochimie organique	1	\$ 9,500	\$ 9,500
18. photogéologie	-	-	-	46. autres domaines de la géochimie	1	\$ 10,587	\$10,587
19. recherche et géologie du Quaternaire	21	\$266,505	\$12,691	<u>AUTRES DOMAINES</u>			
20. mécanique des roches (comprend 52)	12	\$126,483	\$10,540	47. géologie mathématique	3	\$ 31,607	\$10,538
21. sédimentologie	23	\$251,090	\$10,917	48. application de l'informatique aux sciences de la Terre	1	\$ 5,000	\$ 5,000
22. mécanique des sols (comprend 52)	21	\$347,900	\$16,567	49. géographie physique (comprend aussi 20 subventions déjà comptées en 6)	51	\$463,116	\$ 9,120
23. stratigraphie (principalement biostratigraphie)	10	\$115,868	\$11,587	50. histoire des sciences de la Terre	-	-	-
24. géologie structurale, tectonique et géotechnique	17	\$229,562	\$13,504	51. océanographie	20	\$260,862	\$13,043
25. volcanologie	2	\$ 24,500	\$12,225	52. études géotechniques (comprend toutes les subventions de 20 et 22)	30	\$479,645	\$15,988
26. autres domaines	1	\$ 4,140	\$ 4,140	53. recherche minière	5	\$ 34,370	\$ 6,874
<u>GÉOPHYSIQUE</u>							
27. géophysique d'exploration	6	\$113,379	\$18,896				
28. géodésie	1	\$ 20,000	\$20,000				
29. géomagnétisme et paléomagnétisme	16	\$256,225	\$16,014				

Nota:

1. Plusieurs subventions s'appliquent à plus d'une discipline, mais figurent sous la discipline principale.
2. Certaines subventions se répètent dans plusieurs disciplines, particulièrement 49 et 52.
3. Le tableau 5.2 donne les subventions pour 1980-1981, mais on n'a pu obtenir de liste par discipline.

**TABEAU 5.2**  
**SUBVENTIONS DE FONCTIONNEMENT DU C.N.R.S.G. DANS LE DOMAINE DES**  
**SCIENCES DE LA TERRE 1980-1981**  
 (de l'ouest à l'est, par ordre alphabétique dans chaque province)

Département et université	Nombre de subventions	Valeur	Total	Département et université	Nombre de subventions	Valeur	Total
<u>Colombie-Britannique</u>				<u>Trent</u>			
géologie	13	228,850	625,986	géographie	2	15,342	15,342
géophysique	6	145,185		<u>Waterloo</u>			
géographie	5	88,297		sciences de la Terre	19	273,756	283,638
génie géotechnique	4	82,724		géographie	1	9,882	
océanographie	5	68,489		<u>Sir Wilfred Laurier</u>			
sciences des sols	2	12,441		géophysique	1	11,500	11,500
<u>Simon Fraser</u>				<u>Western Ontario</u>			
géographie	3	16,046	54,592	géologie	11	226,360	
biologie	1	12,046		géophysique	7	117,343	
mathématiques	1	10,500		géographie	4	30,200	430,653
archéologie	1	16,000		génie géotechnique	2	56,750	
<u>Victoria</u>				<u>Windsor</u>			
géophysique	2	31,500	31,500	géologie	8	87,389	
<u>Alberta</u>				géographie	2	13,184	100,573
géologie	18	251,908	666,807	<u>York</u>			
géophysique	9	221,078		géophysique	3	75,182	
géographie	5	27,046		géographie	1	6,705	81,887
génie géotechnique	5	99,754		<u>Laval</u>			
science des sols	1	14,274		géologie	6	53,356	
zoologie	2	29,447		génie géotechnique	5	106,130	168,127
botanique	1	10,500		mines et métallurgie	1	8,641	
génie minéral	1	12,800		<u>I.N.R.S.</u>			
<u>Calgary</u>				pétrole	2	17,000	
géologie et géophysique	18	176,020	233,126	océanologie	1	7,500	24,500
géographie	3	20,872		<u>McGill</u>			
physique	1	36,234		géologie	9	162,835	
<u>Saskatchewan</u>				musée Redpath	1	35,000	
géologie	13	152,619	193,589	physique	1	16,024	299,833
géographie	1	5,500		géographie	3	26,260	
génie géotechnique	1	16,470		génie minier	1	8,500	
<u>Régina</u>				science de la mer	1	15,000	
géologie	3	26,091	26,091	<u>Montréal</u>			
<u>Manitoba</u>				géologie	8	152,994	
sciences de la Terre	12	171,301	171,301*	géographie	3	28,000	180,994
<u>Brandon</u>				<u>École polytechnique</u>			
géographie	1	3,000	3,000	génie minier	11	146,543	
<u>Brock</u>				génie géotechnique	4	55,750	202,293
géologie	5	59,254	65,754	<u>Québec (Chicoutimi)</u>			
géographie	1	6,500		géologie	2	20,372	20,372
<u>Carleton</u>				<u>Québec (Montréal)</u>			
géologie	9	101,003	133,003	géologie	2	25,121	
géographie	1	7,500		géographie	1	6,100	31,221
génie géotechnique	1	24,500		<u>Québec (Rimouski)</u>			
<u>Guelph</u>				océanographie	4	38,864	38,864
science ressources de la Terre	7	91,979	131,779	<u>Sherbrooke</u>			
géographie	3	26,300		géographie	1	3,000	
génie géotechnique	1	13,500		génie géotechnique	2	25,078	28,078
<u>Lakehead</u>				<u>Nouveau-Brunswick</u>			
géologie	7	68,559	71,559	géologie	10	111,595	
géographie	1	3,000		physique	1	5,560	126,155
<u>Laurentienne</u>				technique d'arpentage	1	9,000	
géologie	3	29,319	29,319	<u>Acadia</u>			
<u>McMaster</u>				géologie	1	8,700	8,700
géologie	10	221,507	362,247	<u>Dalhousie</u>			
géographie	6	104,990		géologie	12	184,983	
physique	1	22,250		océanographie	7	141,315	326,298
<u>Queen's</u>				<u>Saint-François-Xavier</u>			
géologie	13	201,021	250,354	(comprend coll. cap-Breton)			
géographie	3	30,333		géologie	2	13,000	13,000
génie géotechnique		19,000		<u>St. Mary's</u>			
<u>Toronto</u>				géologie	2	32,111	32,111
géologie	27	463,398	749,251	<u>Memorial</u>			
géophysique	7	173,621		géologie	15	257,721	
géographie	5	52,684		géophysique	8	101,739	
génie géotechnique	2	28,470		géographie	1	8,000	376,960
zoologie	2	31,078		technique du milieu marin	1	9,500	
				<b>Total</b>	<b>456</b>		<b>6,670,780*</b>

Subvention moyenne pour 1980-1981: \$14,629

\* Comprend \$45,000 en subventions de recherche concertée et \$56,000 en subventions de groupe

**TABLEAU 5.3**  
**LES SUBVENTIONS LES PLUS ÉLEVÉES ACCORDÉES PAR LE C.R.S.N.G. EN GÉOSCIENCE**

<u>BÉNÉFICIAIRE ANNUELLE</u>	<u>TITRE ABRÉGÉ DU PROJET</u>	<u>SUBVENTION</u>
R.L. Armstrong Géologie, Colombie-Britannique	Géochronométrie des roches ignées et métamorphiques de la Cordillère	\$40,911
H.J. Greenwood Géologie, Colombie-Britannique	Équilibre des phases géologiques	46,116
R.D. Russell Géophysique, Colombie-Britannique	Études isotopiques des débuts de la Terre	35,685
D.I. Gough Génie civil, Alberta	Études des données magnétométriques et paléomagnétisme	42,822
E.R. Kanasewich Physique, Alberta	Recherches géophysiques de la croûte et du manteau	37,000
N.R. Morgenstern Génie civil, Alberta	Comportement géotechnique (a) du sol gelé, (b) de sables bitumeux, et mécaniques du mouvement dans les glissements de terrain	45,457
H.R. Krouse Physique, Calgary	Fractionnement des isotopes stables	36,234
D.C. Ford Géographie, McMaster	Études du karst, genèse des cavernes, paléothermométrie	40,626
D.W. Shaw Géologie, McMaster	Études géochimiques des minéraux et des roches	37,881
Ian McNichol Géologie, Queen's	Exploration géochimique au Canada	34,093
A.J. Naldrett Géologie, Toronto	Études sur le terrain et expérimentales relatives à l'origine des roches mafiques et ultramafiques et des gisements métallifères connexes	45,457
D.W. Strangway Géologie, Toronto	Études magnétiques et électriques d'importance géologique	47,763
D.J. Dunlop Physique, Toronto	Le magnétisme des roches continentales et océaniques	32,940
D. York Physique, Toronto	Études isotopiques et déterminations de l'âge	40,626
W.S. Fyfe Géologie, Western Ontario	Écoulement fluide dans la croûte: la limite des anciens gradients géothermiques	54,900
K.Y. Lo Génie civil, Western Ontario	Contraintes thermiques et déformations des structures souterraines	33,250
D.E. Smylie Physique, York	Dynamique de la Terre	38,000
R.L. Carroll Musée, McGill	Évolution et anatomie de reptiles du Paléozoïque et du début du Mésozoïque	35,000
R. Young Génie civil, McGill	Stabilité des unités structurales de sols par rapport aux contraintes transitoires et naturelles	36,234
B. Michel Génie civil, Laval	Mécanique des glaces	32,940
B. Ladanyi Génie civil, Ecole Polytechnique	Propriétés géotechnique des sols gelés et leur comportement en relation avec les fondations et les souterrains	33,250
P. Larochelles Génie civil, Laval	Propriétés fondamentales et comportement des argiles sensibles	32,940
C.J.R. Garrett Océanographie, Dalhousie	Études océanographiques de la mécanique des vagues	32,502
D.F. Strong Géologie, Memorial	Études métallogéniques, géochimiques, pétrologiques et tectoniques de l'orogène appalachien-calédonien	38,639
H. Williams Géologie, Memorial	Anatomie d'un orogène	46,116

TABLEAU 5.4  
TOTAL ET MOYENNE DES SUBVENTIONS ACCORDÉES PAR LE  
C.N.R.S.G. À LA GÉOLOGIE ET À LA GÉOPHYSIQUE  
1979-1980 1980-1981

Départements universitaires	Corps profes- soral 1980	Nombre de bourses	Valeur totale 1979-1980	Valeur moyenne	Nombre de bourses	Valeur totale 1980-1981	Valeur moyenne
Acadia, géologie	5	1	8,700	8,700	1	8,700	8,700
Alberta, géologie, géophysique	20 10	15 8	224,322 190,472	14,955 23,809	18 9	251,908 221,078	13,995 24,564
Brandon, géologie	3	-	-	-	-	-	-
Colombie-Britannique, géologie géophysique	23 8	17 7	251,531 96,777	14,796 13,825	13 6	228,850 145,185	17,603 24,198
Brock, sciences géologiques	9	5	61,500	12,300	5	59,254	11,851
Calgary, géol. et géophys. physique	23	18	145,551	8,086	18 1	176,020 36,234	9,779 36,234
Carleton, géologie	16	9	84,581	9,398	9	101,003	11,222
Concordia, géologie	7	-	-	-	-	-	-
Dalhousie, géologie	12.5	11	143,675	13,061	12	184,983	15,415
École Polytechnique, génie minier	14	15	160,661	10,711	11	146,543	13,322
Montréal, géologie	12	8	137,058	17,132	8	152,994	19,124
Guelph, sciences des ressources terrestres	3	3	35,117	11,706			
Lakehead, géologie	8	7	54,386	7,796	7	68,559	9,794
Laurentienne, géologie	8	5	33,795	6,759	3	29,319	9,773
Laval, géologie	13	7	57,590	8,227	6	53,356	8,893
Manitoba, sciences de la Terre	15	10	120,277	12,027	12	171,301*	14,275*
McGill, sciences géologiques	15	11	181,931	16,539	10*	197,835*	19,783*
McMaster, géologie	13	12	200,997	16,750	10	221,507	22,151
Memorial, géologie, géophysique	20 6	17 6	246,835 69,114	14,520 11,519	15 8*	257,721 101,739	17,182 12,739
Mount Allison, géologie	4	-	-	-	-	-	-
Nouveau-Brunswick, géologie	12	11	106,360	9,669	10	111,595	11,159
Ottawa, géologie	10	10	103,060	10,306	8	87,110	10,889
Québec Chicoutimi, sciences terrestres	9(?)	2	19,000	9,500	2	20,372	10,186
Québec Montréal, sciences terrestres	11	3	26,200	8,733	2	25,121	12,560
Queen's, sciences géologiques	20	11	160,410	14,583	13	201,021	15,463
Régina, sciences géologiques	7	1	8,280	8,280	3	26,091	8,697
St-Francis-Xavier, géologie	4*	1	6,000	6,000	2*	13,000	6,500
St. Mary's, géologie	4	2	29,245	14,622	2	32,111	16,055
Saskatchewan, sciences géologiques	16	14	145,551	11,901	13	152,619	11,740
Toronto, géologie, géophysique	28 9	25 8	410,225 167,444	16,409 20,933	27 7	463,398 173,621	17,163 24,803
Victoria, géophysique	4	2	26,660	13,330	2	31,500	15,750
Waterloo, sciences de la Terre	21	17	206,958	11,498	19	273,756	14,408
Western Ontario, géologie, géophysique	14 7	11 7	214,128 98,031	19,466 14,004	11 7	226,360 117,343	20,578 16,763
Windsor, géologie	10	8	78,957	9,870	8	87,389	10,924
York, sciences de la Terre et sciences environnementales	4	3	59,515	19,833	3	75,182	25,061

La subvention moyenne accordée par le C.R.S.N.G. à tous les géoscientifiques était de \$13,141 en 1979-1980 et de \$14,629 en 1980-1981.

\*Notes: Manitoba: comprend une subvention de coopération de \$45,000 partagée avec le Génie électrique;  
McGill: comprend une subvention de \$35,000 accordée aux paléontologistes du musée Redpath;  
Memorial: comprend deux nouveaux titulaires en géophysique marine;  
St-Francis-Xavier: comprend un chercheur au collège du Cap-Breton

TABLEAU 5.5  
SUBVENTIONS ACCORDÉES PAR LE C.R.S.N.G. POUR ÉQUIPEMENT EN SCIENCES  
DE LA TERRE - 1973-1980

Université	Nombre total de subventions	Valeur totale (\$000)	Nombre et valeur (\$000) des subventions importantes pour équipement
Acadia	1	15	-
Alberta	13	560	3(417)
Colombie-Britannique	16	742	3(414)
Brock	3	160	-
Calgary	7	134	-
Carleton	1	32	-
Dalhousie	14	243	-
École Polytechnique	5	103	-
Guelph	2	24	-
Lakehead	1	34	-
Laurentienne	2	39	-
Laval	4	98	-
Manitoba	5	77	1(135)
McGill	8	328	1(132)
McMaster	7	142	-
Memorial	2	126	-
Montréal	2	27	-
Nouveau-Brunswick	2	16	-
Ottawa	4	88	-
Québec - Montréal	1	26	-
- Chicoutimi	2	28	-
- Rimouski	2	32	-
Queen's	3	130	1(100)
Saskatchewan	5	323	2(298)
Sherbrooke	1	43	-
Toronto	11	214	-
Waterloo	7	235	1(123)
Western Ontario	7	300	1(150)
Windsor	1	6	-
York	3	36	-

TABLEAU 5.6  
SUBVENTIONS DE DÉPENSES COURANTES DE RECHERCHE EN SCIENCES DE LA TERRE  
ACCORDÉES PAR LE C.N.R. AUX SCIENTIFIQUES DES UNIVERSITÉS QUÉBÉCOISES  
FRANÇAISES

Année	71-72	73-74	75-76	77-78	80-81
École Polytechnique	64,500	79,400	101,550	137,284	202,293
Laval	67,500	87,500	110,045	130,092	168,127
Montréal	73,000	83,650	94,900	132,358	180,994
UQ - Chicoutimi	0	5,100	15,995	10,298	20,372
UQ - Montréal	3,000	0	11,120	9,800	31,221
UQ - Rimouski	0	15,250	17,555	31,562	38,864
INRS - Ste-Foy	0	0	15,115	25,500	24,500
Sherbrooke	3,000	8,350	7,315	23,080	28,078
Total:	211,000	279,250	373,595	499,974	694,349
Total (Canada):	2,331,693	2,828,598	3,600,452	4,662,455	6,670,780
Québec français/Canada:	9.05%	9.87%	10.37%	10.72%	10.4%

TABLEAU 5.7  
SUBVENTIONS MOYENNES ACCORDÉES PAR LE C.R.S.N.G. DANS CERTAINS DOMAINES SCIENTIFIQUES  
1980-1981

Subvention moyenne 1980 (\$)	Subvention moyenne 1975 (\$)	Sciences physiques	Sciences biologiques	Sciences appliquées
4)	16,115	21,100		
1)	20,122	14,300		
5)	16,000	13,000		
	14,295	11,700		
2)	18,295	11,600		
10)	14,175	11,000		
8)	14,675	10,800		
3)	17,823	10,600		
11)	13,702	10,400		
13)	13,329	10,100		
9)	14,629	9,900		
6)	15,586	9,300		
14)	13,318	8,900		
15)	11,992	8,500		
7)	15,148	8,300		
12)	13,364	8,300		
16)	11,030	7,100		

Les subventions annuelles pour 1975 sont disposées en ordre d'importance (de Wynne-Edwards et Neale, 1976); les subventions pour 1980 sont classées par ordre numérique selon l'importance; les chiffres dans les premières parenthèses représentent le nombre de bénéficiaires en 1975, dans les deuxièmes parenthèses, le nombre en 1980.

\* En 1975, la rubrique physique comprend les subventions importantes dans la physique nucléaire et la physique corpusculaire; en 1980, elle comprend seulement la physique et la physique nucléaire de basse énergie.

## 6. RAPPORTS AVEC D'AUTRES SCIENCES

*We must all hang together or assuredly we shall hang separately...*

Benjamin Franklin, 1776

### INTRODUCTION

La géologie et la géophysique ne sont que deux de plusieurs domaines considérés comme disciplines particulières des géosciences dans les universités canadiennes. Parmi les autres nous retrouvons la géographie physique, l'océanographie, la science des sols et la géotechnique. Dans certains pays, on considère également la géochimie, la minéralogie et la paléontologie comme des géosciences distinctes mais au Canada, ainsi que dans la plupart des autres pays, elles sont considérées comme des sous-domaines de la géologie et enseignées aux départements de géologie. Notre propos dans ce chapitre est de faire voir les rapports que la géologie et la géophysique ont avec d'autres secteurs des géosciences et d'étudier sommairement les chevauchements et la collaboration.

À l'origine, notre étude visait à décrire et à évaluer la pratique de toutes les géosciences dans les universités. À cette fin, l'un de nous (J.E.A.) a entrepris des recherches sur les activités dans les domaines de la géographie physique et de la science des sols, et en particulier dans le premier de ces domaines. Certains des résultats sont donnés ici, ce qui peut créer un déséquilibre étant donné que les renseignements que nous avons sur les départements de géographie physique sont beaucoup plus considérables que nous savons des autres. Cependant, cela est justifié en partie par les nombreux intérêts que se partagent les départements de géographie physique et de géologie.

Il faut également faire mention des rapports qui dépassent le monde des géosciences. De nombreuses questions étudiées par les géoscientifiques touchent à d'autres domaines scientifiques. Ainsi, les études des mers et du pergélisol lancent des défis non seulement aux géologues, aux géophysiciens, aux géographes mais aussi aux physiciens, aux chimistes et aux biologistes. Tous les étudiants en géologie et la plupart de ceux qui étudient la géophysique ont traditionnellement eu besoin de connaissances de base dans au moins trois de ces quatre sujets fondamentaux. Cependant, tel que mentionné au chapitre 3, il existe certaines tendances inquiétantes à minimiser le besoin de cette connaissance de base et à essayer d'enseigner certains aspects de ces sciences au sein des départements de géologie.

Cet état de chose ainsi que la faiblesse de la recherche interdépartementale justifie un bref examen des rapports qui existent entre certains de ces départements et la géologie et la géophysique. Il en est fait mention à la dernière partie du chapitre, à la suite d'un examen de la géographie physique et des autres sciences de la Terre.

### GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

#### Portée

La géographie physique comprend la géomorphologie, la climatologie, la biogéographie, la glaciologie et l'hydrogéologie. Deux de ces domaines, en l'occurrence la

géomorphologie et la glaciologie, se situent près de la géologie et de la géophysique s'ils n'en font pas entièrement partie. Les autres ont une certaine pertinence quant à la géologie et à la géophysique mais ont probablement une affinité plus grande avec la physique de l'atmosphère, la biologie et le génie. Évidemment, les spécialistes de la géographie physique ne constituent pas une espèce unique et homogène bien qu'ils partagent certains intérêts communs.

Il est courant de dire que la géographie physique (qui signifie en réalité la géomorphologie) diffère de la géologie en ce sens qu'elle cherche à décrire et à interpréter le présent plutôt que le passé de la Terre. Il s'agit là d'une simplification exagérée. Une maxime vieille de deux siècles utilisée en géologie veut que le présent soit la clé du passé. En outre, par leurs interprétations des paysages contemporains, les géographes peuvent brosser le tableau de temps éloignés et même remonter aux dépôts glaciaires du Précambrien et plus loin encore. S'il y a des différences entre les géomorphologues et les géologues, spécialistes du Quaternaire, elles ne résident pas dans leurs objectifs scientifiques, mais plutôt dans leur connaissance de base et l'organisation des départements. Il est possible que le spécialiste en géographie physique n'ait pas suivi certains cours de base importants en géologie et il est probable que le géologue spécialiste du Quaternaire n'ait que de très faibles connaissances des sols, de la climatologie, de la biogéographie ou de l'hydrologie sinon rien du tout. Le géologue spécialiste du Quaternaire est dans un secteur où tous ses collègues ont une formation commune dans les sciences fondamentales tandis que le spécialiste en géographie physique est au milieu de spécialistes de la géographie humaine dont les connaissances sont plutôt orientées vers les sciences sociales. Le spécialiste de la géographie est placé devant un dilemme; ses collègues lui disent de conserver une perspective d'ensemble et de chercher la pertinence sociale, tandis que certains aspects de sa spécialité exigent une utilisation rigoureuse des sciences physiques fondamentales. Certains deviennent des scientifiques peu rigoureux qui ont une vue d'ensemble et une compréhension intuitive des processus tandis que d'autres deviennent des travailleurs sur le terrain et des expérimentateurs rigoureux en laboratoires, additions des plus valables dans tous départements de géologie, de géophysique ou de génie civil. Heureusement, d'autres réussissent à combiner le meilleur des deux extrêmes.

Aux États-Unis, bon nombre des sous-domaines de la géographie physique comme la géomorphologie, la glaciologie, l'hydrogéologie, les études périglaciaires et du pergélisol et toutes les études portant sur le Quaternaire se retrouvent surtout dans les départements de géologie des universités. Par contraste, dans les universités britanniques et européennes il arrive souvent, mais pas toujours, que ses sous-domaines soient situés au sein des départements de géographie. La perspective canadienne a été influencée par les deux et il n'est pas rare de trouver un ou plusieurs spécialistes de ce domaine à la fois au département de géologie et au département de géographie d'un même campus.

Le tableau 6,1 donne un aperçu de la diversité des intérêts des professeurs de géographie physique au Canada. Il ressort clairement qu'un bon nombre d'entre eux font essentiellement les mêmes choses que les membres de départements de géologie qui se qualifient de géologues du Pléistocène, de géomorphologues et d'hydrogéologues.

### Emplacement des départements

Trente-sept universités offrent des cours de baccalauréat en géographie physique par l'entremise de leurs départements de géographie. Le tableau 6,1 en donne la liste. Vingt-cinq offrent des diplômes de maîtrise tandis que 16 peuvent décerner des doctorats dans ce domaine.

Les départements sont répartis à peu près également dans les facultés des arts, des arts et des sciences et des sciences sociales. Celui de Waterloo est à la Faculté des études environnementales tandis que celui de McMaster est à la Faculté des sciences.

### Corps professoral

Les 34 départements d'universités qui enseignent ces disciplines comptent environ 150 spécialistes en géographie physique. Ils constituent de 15 à 50 % des géographes universitaires et la moyenne se situe aux environs de 25 %. Les spécialités de 117 de ces géographes sont énumérées à l'appendice 5,1 et résumées au tableau 6,2. Il est remarquable qu'environ la moitié d'entre eux se considèrent comme géomorphologues et que certaines des autres spécialités dont il font mention s'inscriraient également dans ce domaine. Blais et col. (1972) estiment que le corps professoral était de 87 en 1968-1969 et que seulement quatre départements de géographie comptaient un nombre suffisant de spécialistes en géographie physique pour faire de cette discipline une spécialité viable. À l'heure actuelle, 12 départements ont cinq spécialistes de la géographie physique ou plus (tableau 6,1).

### Études de premier cycle

La plupart des départements de géographie offrent un baccalauréat de trois ans et un baccalauréat spécialisé ou à discipline majeure de quatre ans. Certaines universités ne décernent que le baccalauréat général mais la plupart offrent ce baccalauréat ès sciences en géographie physique. Les programmes de baccalauréat général sont conçus à l'intention des étudiants qui désirent acquérir une bonne compréhension descriptive du sujet sans s'immerger dans les aspects physiques. Les programmes de baccalauréat ès sciences s'adressent surtout à ceux qui désirent acquérir une compréhension détaillée de la surface terrestre en vue d'un emploi d'ordre technique ou d'une carrière en recherches. Les baccalauréats ès sciences spécialisés ou à discipline majeure en géologie et en géographie sont offerts par plusieurs universités y compris celles de Colombie-Britannique, Brock, McMaster et Windsor.

Les programmes de baccalauréats spécialisés ou de baccalauréats ès sciences avec discipline majeure en géographie physique demandent généralement une ou deux années de chimie, de physique, de biologie, de mathématiques et de géologie. Les premières années des programmes comprennent des cours d'introduction à la géographie physique ainsi que l'enseignement technique de cartographie et d'interprétation de photographie aérienne. Au cours des dernières années, les étudiants suivent des cours en géomorphologie, en climatologie, en hydrologie, en

géographie des sols, en télédétection, en statistiques et en modélisation mathématique. Les cours optionnels comprennent la géologie, la science des sols et la météorologie. La combinaison des cours, de sujets secondaires et principaux varient grandement d'un établissement à l'autre selon les spécialités des professeurs.

Les quelques grands départements avec lesquels nos comités sont entrés en communication ont déclaré former environ 20 étudiants diplômés par année, c'est-à-dire environ 15 à discipline majeure et 5 à baccalauréats spécialisés. Tous les départements ont révélé avoir un très grand nombre d'inscriptions aux cours d'introduction, généralement dans les centaines. La plupart des départements ont vu un affaiblissement graduel du nombre des inscriptions au cours des quelques dernières années.

### Études supérieures

Suite aux visites qu'il a faites à plusieurs départements de géographie et à l'échange de correspondance, l'un des nôtres (J.E.A.) estime qu'il y a environ 250 étudiants de niveau supérieur inscrits à des programmes de maîtrise ès arts et de maîtrise ès sciences et 50 à des programmes de doctorat. Il y a une décennie, le nombre total des inscriptions aux études supérieures avait été estimé à 128 (Blais et co., 1971). Les sujets varient selon l'intérêt des professeurs en recherche. Un bon exemple peut-être de la gamme de sujets enseignés est celui de l'université de la Colombie-Britannique où au cours des cinq dernières années, l'enseignement a porté surtout sur des domaines comme la climatologie, les études périglaciaires (compris le génie géologique), la géomorphologie et l'hydrologie.

L'aide financière apportée aux étudiants prend la forme de subventions du C.R.S.N.G., de subventions apportées par les provinces et de postes d'adjoints aux universités. L'aide fournie par l'industrie est de beaucoup inférieure à celle accordée à la géologie et la géophysique.

### Recherche

Les activités de recherche se sont accrues énormément au cours des deux dernières décennies et les perspectives se sont grandement élargies dans des domaines comme la géomorphologie qui, avant 1960, au Canada était surtout de la morphologie. Des entretiens avec plusieurs de nos géographes les mieux connus laissent entendre que la géographie physique canadienne va bon train en géomorphologie des fleuves, des côtes, des karst, des montagnes, des glaciers et de l'Arctique en général qui comprend l'étude du pergélisol, les études périglaciaires ainsi que les études de la glace et de la neige. Certains ont déclaré que notre travail quantitatif relatif à la stabilité des pentes, à la géomorphologie côtière et aux études des rivières était comparable à celui des chefs de file mondiaux. En ce qui a trait aux études périglaciaires (ce qui comprend les applications en géotechnique) nous sommes peut-être les chefs de file du monde anglophone. Tant en hydrogéologie quantitative qu'en modélisation des eaux chaudes et des mélanges, nous sommes parmi les plus avancés. Un géographe de niveau supérieur a déclaré que quoique nous ayons plusieurs scientifiques des plus innovateurs, en particulier dans des domaines comme les études périglaciaires ou les eaux souterraines, nous sommes peut-être en retard par rapport à des pays comme le Royaume-Uni en ce qui a trait à l'élaboration de nouvelles notions. Selon lui c'est dans l'ordre des choses: les Britanniques doivent innover pour survivre tandis que les géographes canadiens peuvent être utiles en s'attaquant aux problèmes d'un vaste territoire virtuellement inexploré.

Lorsque l'on discutait de réalisations en géographie physique avec des spécialistes imminents, il était remarquable qu'ils mentionnaient souvent les noms de géologues membres du corps professoral et de scientifiques du gouvernement lorsqu'ils décrivaient des résultats majeurs obtenus dans leurs domaines dans les universités. Pour ce qui est de dresser l'ordre des unités de recherche en géographie physique partout au pays, la plupart de ceux à qui les membres de nos comités se sont adressés ont placé les universités McMaster et de la Colombie-Britannique au premier plan. Les universités Queen et de Toronto ont aussi été mentionnées souvent et on a fait l'éloge du travail de particuliers à Ottawa, à McGill et à l'université de Alberta.

La qualité améliorée de la recherche en géographie physique a retenu l'attention d'homologues des autres sciences et ceci se traduit par une augmentation rapide de l'appui du C.R.S.N.G. (tableaux 6,3 et 6,4). Elle a également attiré l'attention d'éminents spécialistes de géographie physique de l'étranger. Bien que les Canadiens se soient plaints souvent que leurs documents n'étaient lus ni cités par les étrangers autant qu'ils le méritaient, les scientifiques étrangers auxquels nous nous sommes adressés ont constamment fait l'éloge des travaux canadiens. Nous en avons cité certains d'entre eux au chapitre 5, mais il vaut la peine de répéter que la plupart de ceux auxquels nous nous sommes consultés considèrent le Canada comme un dynamo dans le domaine de la géomorphologie surtout dans ses applications glaciaires et périglaciaires. Bien que certains d'entre eux regrettaient que l'accent ne soit pas mis plus fortement sur la géomorphologie fluviale, ils ont néanmoins fait état de l'excellent travail effectué dans ce domaine dans les universités de la Colombie-Britannique, Simon Fraser et de l'Alberta. Des scientifiques étrangers ont fait l'éloge de plusieurs universités: Western Ontario (départements de géologie et de géographie) et Waterloo (sciences de la Terre), pour leurs études en stratigraphie du Quaternaire; Colombie-Britannique, Carleton et Ottawa pour les études périglaciaires et du pergélisol; McMaster pour les études côtières et du karst et, avec l'université de la Colombie-Britannique, Toronto, Alberta et Waterloo (sciences de la Terre) pour leurs programmes de recherche stimulants et bien équilibrés. Ici encore, les particuliers dont on a fait mention étaient attachés tant aux départements de géologie que de géographie et, dans quelques cas, assumaient des fonctions dans les deux à la fois.

Le financement de la recherche est illustré au tableau 6,4. D'après nos estimations, seulement un peu plus d'un million de dollars est obtenu sous forme de subventions et de contrats en aide à la recherche par les spécialistes de la géophysique des départements de géographie, c'est-à-dire environ la même somme que reçoit chaque département de géologie aux universités de Waterloo, de Toronto et de l'Alberta.

## Emploi

La plupart des spécialistes de la géographie physique, surtout ceux qui ont un B.Sc. se trouvent un emploi dans l'une des six catégories suivantes souvent après avoir terminé leur formation supérieure:

- 1) Universités - emplois généralement réservés à ceux qui ont des doctorats.
- 2) Organismes scientifiques du gouvernement fédéral - en particulier E.M.R., Environnement et Affaires indiennes et Nord-canadiennes.

- 3) Collèges communautaires et CEGEP - généralement réservés à ceux qui ont les diplômes d'études supérieures.
- 4) Organismes scientifiques des provinces par exemple le *Land Use Secretariat* du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique.
- 5) Sociétés pétrolières, minières et d'électricité ainsi que bureaux d'ingénieurs conseils qui font des études de l'environnement physique.
- 6) Enseignement au niveau secondaire.

Certains professeurs nous ont dit que bon nombre de ceux qui ont un baccalauréat avec discipline majeure en géographie physique devenaient enseignants, et que d'autres trouvaient toute une gamme d'emplois dans le monde des affaires là où leur formation en géographie s'avérait utile.

## Rapports avec les autres géosciences

### Nature des départements de géographie

On dit quelques fois que la géographie est le domaine pluridisciplinaire idéal qui abat les cloisons traditionnelles et les pénètrent. Il est vrai que la plupart des départements regroupent toute une gamme de disciplines enseignées par des personnes qui, dans certains cas, ont reçu leur propre formation dans d'autres domaines comme la géologie, génie civil ou l'économique. Souvent, ces enseignants ont beaucoup plus en commun avec leurs collègues des départements des arts, des sciences sociales ou des sciences physiques qu'ils n'en ont avec ceux de leurs propres départements. Jusqu'à un certain point, ce mélange digne d'éloges de différents intérêts n'a pas été favorable aux professeurs associés aux départements de géographie. Les membres d'autres départements ont jugé leurs efforts trop diffus, ont considéré leurs recherches comme peu fiables, leur enseignement comme étant général et n'étant que l'ombre de ce qui se donne dans les départements plus structurés. En outre, certains départements de géographie ont démoli leur propre potentiel de décloisonnement de castes universitaires fermées en mettant l'accent sur leur propre autonomie et en favorisant ainsi les rivalités plutôt que la collaboration avec d'autres départements. Cette caractéristique a peut-être été héritée des universités britanniques où l'autonomie d'un département est forte et la plupart des étudiants suivent le programme de baccalauréat spécialisé et complètent une grande partie de leur travail au sein du département de géographie.

Les spécialistes en géographie physique ont été pendant longtemps considérés par ceux de l'extérieur comme les éléments de sciences peu rigoureuses issues du mélange confus d'arts et d'études sociales qui constituent nos départements de géographie. Les étudiants de premier cycle des facultés des arts considéraient les cours d'introduction à la géographie physique (ou à la psychologie si c'était permis!) comme la façon la plus facile d'accomplir leur pré-requis scientifique désagréable. Cette situation a maintenant changé et radicalement dans certains départements, un peu moins dans d'autres de façon que les cours d'introduction à la géographie physique sont maintenant considérés aussi difficiles que les cours d'introduction à d'autres domaines scientifiques. L'étudiant moyen de premier cycle spécialisé, dans les meilleurs départements qui offrent une spécialité en géographie physique, suit maintenant un cours rigoureux qui comporte autant d'éléments scientifiques auxiliaires que son homologue en géologie. Certains chercheurs de renom dans

les domaines que les géologues classeraient comme sédimentologie, géologie du génie ou hydrogéologie travaillent dans des départements de géographie plutôt que dans des départements de géologie. Lentement, dans des établissements qui comportent de nombreux spécialistes producteurs de la géographie physique, cette discipline s'est méritée le respect. Dans les établissements dont les groupes sont plus faibles, la piètre image prévaut toujours. Bon nombre de nos interlocuteurs du gouvernement et de l'industrie ne sont pas au courant des changements qui se sont produits depuis 15 ou 20 ans et se font encore une fausse idée des spécialistes de la géographie physique qu'ils considèrent comme des scientifiques marginaux responsables des exagérations peu scientifiques qui ont sonné le tocsin de la crise de l'environnement.

#### *Lien avec la géologie et la géophysique*

Malgré l'intérêt commun et le chevauchement des intérêts, ou peut-être à cause d'eux, la friction était forte entre les départements de géologie et les départements de géographie pendant les années 50 et 60, surtout au sujet de l'enseignement et de la recherche en géomorphologie et en géologie du Quaternaire. Ces différents se continuent aujourd'hui dans certains universités. Par contraste, là où nous avons mis sur pied des unités de géographie physique vraiment fortes, il semble y avoir une interaction considérable avec d'autres départements et les rapports sont sains et productifs. À l'université de la Colombie-Britannique, où il y a sûrement chevauchement en ce qui a trait aux études sur le Quaternaire, la collaboration en enseignement et en recherche semble être très bien assise. En fait, à ce campus, l'intégration des entreprises entre la géographie physique, le génie civil, la science des sols, la botanique et la géologie semble être au moins aussi ferme que celle qui existe entre la géologie et la géophysique, sinon plus ferme encore. De même, à McMaster, quoique le chevauchement des intérêts soit moins évident, il y a plusieurs entreprises communes qui regroupe les spécialistes de la géographie physique et les géologues même dans les domaines aussi spécialisés que la géochimie des isotopes, et les spécialistes de la géographie physique supervisent souvent le travail d'étudiants de niveau supérieur en géologie. À l'université de l'Alberta, il y a certains échanges dans des domaines comme la glaciologie et la géomorphologie ainsi que des programmes conjoints au niveau supérieur avec la géologie et le groupe géotechnique du génie civil. Ce ne sont que quelques-uns des nombreux exemples que l'on pourrait citer de l'interaction fructueuse que nos comités visiteurs ont pu constater.

Par contre, nous avons également vu certains exemples de rivalité malsaine qui embêchent les choses de bien se dérouler. Elles sont peut-être causées surtout ou entièrement par des conflits de personnalité, quoi que d'autres raisons mesquines peuvent être alléguées de part et d'autre. Par exemple, dans un établissement, on a accusé le département de géologie d'offrir des cours populaires superficiels dans le but de "voler" une partie des étudiants qui traditionnellement s'inscrivent en grand nombre au cours d'introduction à la géographie. Dans quelques endroits au moins les spécialistes de la géographie physique ont révélé que leur tentative de rapprochement avec leurs collègues en géologie ou dans d'autres départements ont souvent été frustrés par des chefs de départements plutôt portés vers les sciences sociales qui considéraient de telles tentatives comme des menaces à leur autonomie. D'autres qui assumaient également des fonctions au département de géologie, ont déclaré que ce fait avait empêché leur avancement au sein de leur département de géographie.

Certains de ceux qui travaillent dans de très petites unités de géographie physique ont révélé qu'ils auraient été à la fois plus heureux et plus productifs s'ils avaient été attachés à des départements de géologie où ils auraient été libres de s'associer et d'avoir des échanges avec des gens qui ont des intérêts analogues. Toutefois, ils croyaient que la fusion de la géographie physique avec la géologie était maintenant une cause perdue. Le succès manifeste de la géographie physique au sein de la géographie, dans les établissements comme les universités de la Colombie-Britannique, McMaster et Ottawa, rend peu probable que cette discipline soit soustraite des départements de géographie dans d'autres universités. Tout renforcement des liens devrait venir de l'action positive de particuliers, comme ce fut le cas dans les établissements dont il a été fait mention.

Nos comités ont trouvé très peu de preuves d'étroite collaboration entre la géographie physique et la géophysique. Il existe une certaine communauté d'intérêts et de la collaboration dans le domaine de la recherche en études glaciaires à l'université de la Colombie-Britannique, en études paléomagnétiques des stallagmites effectuées par un géophysicien de l'université de Toronto et un géomorphologue de l'université McMaster et dans certaines études portant sur le choix de stockage de déchets à Waterloo et à Toronto. Les domaines qui semblent offrir la possibilité de projets de recherche conjoints stimulants et utiles sont toujours à peine explorés, par exemple l'intérêt des sismologues en néotectonique et les activités récentes des failles sembleraient appeler des programmes sur le terrain conjoint avec des étudiants des formes terrestres. À notre connaissance, il n'y en a pas.

#### **Résumé, conclusions et recommandations**

Au Canada, la géographie physique a dépassé depuis longtemps l'étape des douleurs de croissance. Les spécialistes du domaine forment de bons étudiants et bon nombre d'entre eux se sont taillés une excellente réputation internationale dans le domaine de la recherche. Après une longue période de doute et de concurrence, il semblerait que nous avons hérité plus des Britanniques que des Américains de façon qu'à l'heure actuelle, la majeure partie de la force de la géographie physique réside au sein de grands départements de géographie pluridisciplinaires. Il subsiste quand même un grand nombre de compétences aux départements de géologie, surtout dans des domaines comme la géomorphologie, l'hydrologie et les études du Quaternaire.

Dans l'ensemble, l'organisation restera probablement telle quelle de façon qu'il est inutile de recommander que des éléments de la géographie physique au sein de départements de géologie et de géographie fusionnent pour former des départements distincts. Il est surprenant de constater que nos universités, et chefs de file du changement, sont conservatrices et traditionnelles en ce qui a trait à leur organisation et moins souvent sujettes à des réorganisations totales que l'industrie ou les organismes gouvernementaux. Heureusement, on peut citer plusieurs bons exemples pour prouver que le chevauchement des intérêts ne veut pas nécessairement dire concurrence non productrice et double emploi. Les spécialistes de la géographie physique et leurs homologues spécialistes de la géologie collaborent dans l'enseignement de la recherche dans au moins quelques universités canadiennes renommées.

Comme nous le répéterons à la fin du présent chapitre, plusieurs problèmes fondamentaux doivent être résolus si l'on veut assurer sur terre une existence harmonieuse

exigent une approche pluridisciplinaire. Dans une époque de spécialisation, il faudra donc assurer la formation et la gestion éclairée d'équipes de scientifiques de nombreux domaines différents. Les géophysiciens, les géologues et les spécialistes de la géographie physique qui possèdent des racines dans plusieurs des sciences fondamentales, et une bonne connaissance de la Terre, sont les dirigeants naturels des efforts pluridisciplinaires futurs orientés vers la survie sur cette planète. Cependant, ils doivent en tout premier lieu s'organiser eux-mêmes, collaborer dans l'enseignement et la recherche et s'attaquer ensemble aux problèmes nationaux comme la néotectonique, la prédiction des tremblements de terre et des glissements de terrain, la détérioration du climat, l'organisation de cartes d'utilisation des terrains et du choix d'emplacement d'édifices, ainsi que l'aménagement des pipelines et des installations de stockage de déchets. À cette fin, nous faisons les recommandations suivantes:

1) Les départements de géographie situés dans des universités qui n'ont pas de départements de géologie devraient tenter d'ajouter des géologues qualifiés à leur personnel de façon que tous les étudiants qui le désirent puissent prendre des cours d'introduction à ce sujet et que ceux qui ont une discipline majeure en géographie physique suivent les cours de base qui leur seront nécessaires pour connaître à fond la géomorphologie, la glaciologie et l'hydrologie.

2) Les départements de géologie situés dans des universités qui n'ont pas de département de géographie doivent tenter d'ajouter des spécialistes en géographie physique à leur personnel de façon à pouvoir offrir des cours de base en géomorphologie, en géologie du Quaternaire et en hydrogéologie. Il serait sage que les universités du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse en particulier, qui n'ont toujours pas de professeurs dans ces domaines (Blais et coll., 1971), ajoute des spécialistes en géographie physique à leur personnel.

3) Lorsqu'il y a à la fois un département de géologie et un département de géographie dans une même université, les doyens et autres administrateurs doivent être conscients de la collaboration qui est possible en s'inspirant de ce qui se passe ailleurs et doivent voir à ce que les petites rivalités ne fassent pas obstacle à une telle collaboration dans leurs universités.

4) Lorsqu'il y a à la fois un département de géologie et un département de géographie à la même université, les doyens et autres administrateurs doivent faire tous les efforts possibles pour voir à ce qu'il y ait des nominations aux deux départements à la fois et que les titulaires de tels postes ne soient pas limités quant à l'avancement.

5) La *Geological Association of Canada* devrait chercher à faire de son *Environmental Earth Sciences Division* une division conjointe avec l'Association canadienne des géographes plus ou moins de la même façon qu'elle collabore avec l'Association canadienne des physiciens pour former l'Union géophysique canadienne. Il n'y a pas d'association nationale officielle de géomorphologues, géographes et géologues et il serait bon que la G.A.C. et l'A.C.G. collaborent pour constituer un tel groupement.

## GÉNIE

### Introduction

Presque toute structure érigée par l'homme est en contact avec la surface de la croûte terrestre de façon que l'importance du rôle de la géologie dans le choix des emplacements et la préparation du sol est reconnue depuis

longtemps. En fait, l'un des fondateurs de la géologie, William Smith, était constructeur de canal au début du XIX<sup>e</sup> siècle et les observations qu'il a faites des emplacements a contribué à la compréhension des séquences des roches stratifiées. Les cartes et les schémas géologiques qu'il a tracés se sont avérés inestimables pour lui ainsi que pour d'autres, non seulement au cours d'excavations ultérieures pour la construction de canaux, mais également pour toute une gamme de travaux de génie. Il n'est donc pas surprenant que l'un des grands noms de la géoscience récente au Canada soit celui d'un ingénieur civil, Robert Leggett, ancien président de la *Geological Society of America* et lauréat de nombreuses distinctions pour ses travaux en génie et en géologie. Les rapports entre ces deux disciplines doivent être de plus étroites et, dans la plupart des cas, le sont effectivement. Toutefois, dans quelques universités, il serait bon tant pour l'une discipline, que pour l'autre, que les rapports soient plus étroits.

Dans presque tout établissement d'enseignement qui compte une faculté de génie, les cours d'introduction à la géologie sont une condition préalable pour la plupart des étudiants de premier cycle en génie, et d'habitude, seuls ceux qui se spécialisent en génie électrique ou chimique en sont exemptés quoi qu'on puisse leur recommander fortement de les choisir comme cours optionnels. Ce n'est que dans très peu d'établissement, surtout dans les provinces de l'Atlantique, que certains, ou même tous les diplômés en génie, peuvent terminer leurs études sans avoir suivi au moins un cours d'introduction donnée par les membres d'un département de géologie. Dans dix universités, il est possible de suivre un programme de géologie appliquée offert conjointement par la faculté de génie et le département de géologie. Quatre universités offrent un programme de géophysique du génie. Comme le décrit le chapitre 3, ces diplômés sont hautement cotés par les employeurs du secteur industriel et certains organismes provinciaux; par exemple, le ministère des Mines et des Hydrocarbures de la Colombie-Britannique considère que ses employés en géologie ou en géophysique doivent avoir un diplôme d'ingénieur.

La recherche effectuée conjointement par des professeurs de géologie et de géophysique, ainsi que par ceux qui enseignent le génie, est confinée, pour une grande part, à ce grand domaine géoscientifique appelé études géotechniques. Ces études sont effectuées surtout dans les départements de génie civil mais aussi, à une moindre échelle, en géologie, en géographie et dans d'autres départements. Au cours de la préparation de la présente étude, les membres du Comité ont rendu visite à des groupements géotechniques aux universités de l'Alberta, Western Ontario et Toronto. De plus, ils ont pu consulter un rapport sur la recherche géotechnique publié dernièrement par la Société canadienne de géotechnique (1979). La revue qui suit repose sur ces deux sources d'information.

### Études géotechniques

La géotechnique est l'application des principes des sciences et du génie aux matériaux de la croûte terrestre afin de trouver des solutions aux problèmes de génie. En termes simples, il s'agit de la science appliquée qui consiste à rendre la Terre habitable et, dans le cas du Canada, ceci comprend les études de la neige et de la glace, du muskeg, du pergélisol, de la mécanique des roches et des sols.

### Corps professoral

Le rapport de la Société canadienne de géotechnique (1979) donne la liste de 107 universitaires qui travaillent activement en recherche géotechnique dans 27 universités.

On en comptait 70 il y a une décennie (Blais et coll., 1971). Le tableau 6.5 donne la répartition dans les universités tandis que le tableau 6.6 donne la liste de leur spécialité. Les groupes les plus importants sont aux universités de l'Alberta (9), de la Colombie-Britannique (7), McMaster (7), McGill (7), et Memorial (7). Environ 70 % d'entre eux sont dans des facultés de génie (surtout le génie civil), 20 % en géologie et 10 % en géographie. Ceux qui sont dans des facultés de génie font du travail géotechnique à temps plein tandis que bon nombre de ceux qui sont en géologie et en géographie ont d'autres spécialités et consacrent une partie de leur temps à la recherche géotechnique.

### Formation de premier cycle

Il y a dix ans environ, la majeure partie de la formation structurée en géotechnique était assurée par les départements de génie civil où les étudiants de premier cycle, dans quelques universités, pouvaient se spécialiser pendant leurs dernières années d'études. Quelques géologues et géographes qui avaient une formation en géomorphologie et en géologie du Quaternaire cherchaient également obtenir des postes en géotechnique après l'obtention de leur diplôme. Dernièrement, trois établissements qui ont des programmes de génie géologique, en l'occurrence l'université de la Colombie-Britannique, l'université de Toronto et l'université Queens ont créé des options en géotechnique au sein même de ces programmes. En outre, les programmes de génie géologique donnés aux universités du Manitoba, Windsor, Laval, à l'École Polytechnique ainsi qu'à l'université de la Saskatchewan comprennent tous des cours obligatoires en géotechnique et offrent des cours optionnels pour la dernière année d'études. L'université de Waterloo offre un diplôme coopératif en sciences de la Terre avec option géotechnique.

Le nombre total des inscriptions donné au tableau 3.1 comprend les étudiants de premier cycle qui suivent des programmes de géotechnique dans des départements de géologie. Nous n'avons aucune donnée sur les inscriptions aux départements de génie civil quoique les enseignants nous aient dit qu'il s'agit-là d'une option de plus en plus attrayante à cause des excellentes chances d'emploi.

### Études supérieures et recherche

La recherche effectuée au Canada en géotechnique est très fortement cotée. Plusieurs spécialistes de renom ici ont déclaré aux membres de notre comité qu'ils se situaient à l'avant ou presque de la scène internationale, et nos correspondants de l'étranger sont venus confirmer cette opinion. L'université de l'Alberta est l'établissement d'avant-garde dans cette discipline et l'université Laval semble être l'établissement dont il est le plus souvent fait mention parmi les autres groupes de génie. Les chercheurs attachés à ces établissements ainsi qu'à l'École Polytechnique reçoivent quelques-unes des plus fortes subventions accordées par le C.R.S.N.G. (tableau 5.3).

Le tableau 6.6 résume les domaines de recherches au Canada. On met l'accent sur la mécanique des sols et cette recherche est effectuée surtout par des membres de départements de génie civil quoique certains membres de départements de géologie y prennent part également. Les géologues travaillent surtout en mécanique des roches, en géologie du génie et effectuent des études du pergélisol, de la neige, de la glace et du muskeg. Quelques géophysiciens et plusieurs géologues participent également à toutes ou à quelques-unes de ces études à l'exception de la mécanique des roches. Le point faible des études géotechniques se trouve dans les applications marines. Au meilleur de notre

connaissance, les seules études universitaires en cours à ce sujet sont effectuées à l'université Memorial. En 1980, le C.R.S.N.G. a accordé une subvention d'expérimentation et deux subventions stratégiques en géotechnique marine (toutes trois à des ingénieurs de Memorial) - ce qui a été très surprenant compte tenu de ce qui se passera bientôt au large des côtes.

Les études supérieures en géotechnique sont effectuées principalement dans les départements de génie civil mais aussi aux départements de géologie et de géographie, généralement en collaboration avec le génie. Les départements de géologie de Queens et de McGill offrent tous deux un programme de M.Sc de deux ans pour lesquels il n'est pas nécessaire de préparer une thèse. Ils ont également un programme régulier avec thèse. Les quelques étudiants qui s'inscrivent aux programmes de maîtrise et de doctorat en géotechnique par le biais de départements de géologie sont compris dans les totaux des tableaux 2.1 et 4.1. Nous n'avons aucune donnée d'inscription pour ce qui est des départements de génie civil. Toutefois, certaines données de l'établissement le plus grand, l'université de l'Alberta, donnent une idée de l'amplitude et de l'importance du travail effectué aux cycles supérieurs dans ce domaine. Les sept professeurs de génie civil ont 40 étudiants de niveaux supérieurs qui effectuent des études géotechniques sous leur supervision. Quinze d'entre eux sont inscrits à des programmes de maîtrise en génie d'un an sans thèse. Le chef du département nous a révélé que les étudiants du groupe de géotechnique étaient parmi les meilleurs de l'université. La plupart étaient titulaires de bourses du C.R.S.N.G. et, en fait, ce groupe relativement petit constituait 15 % du total des boursiers du C.R.S.N.G. à l'université de l'Alberta. Lorsqu'ils obtiennent leur diplôme, ces étudiants sont hautement cotés par l'industrie, le gouvernement et les facultés universitaires.

### Financement

Les tableaux 6.7 et 6.8 donnent des renseignements de base sur le financement. Il est remarquable de constater que la recherche géotechnique attire plus d'argent par chercheur que la recherche géologique dont il est fait mention au chapitre 5. Il est également remarquable que la contribution de l'industrie à ces études de génie soit très maigre tout comme elle l'est pour la géologie et la géophysique.

### Rapports

Dans la plupart des établissements qui ont des facultés de génie, les géologues ont révélé que les rapports étaient bons. Les liens sont généralement les plus forts dans l'enseignement, particulièrement là où il existe des cours de génie géologique et géophysique menant à un diplôme. Toutefois, ne s'ensuit pas nécessairement qu'il existe beaucoup de recherches conjointes. Par exemple, à l'université de la Saskatchewan, où il existe des relations cordiales et beaucoup de liens au niveau de l'enseignement, seulement un membre du département de géologie fait de la recherche avec le groupe de géotechnique du génie civil. L'université de l'Alberta qui n'a pas de programme de génie géologique ou géophysique a néanmoins beaucoup de cours conjoints en génie, en géologie et en géographie aux niveaux du premier, du deuxième et du troisième cycle. Plusieurs étudiants des études supérieures effectuent des études conjointes par l'entremise de deux de ces départements ou même de tous les trois.

L'harmonie et la collaboration ne sont pas universelles. Ainsi, par exemple, nous avons trouvé peu d'échanges entre le

département de géologie de l'université Dalhousie et le groupe de génie civil et de géotechnique situé non loin de là au *Nova Scotia Technical College*. En outre, bien qu'il y ait des cours conjoints (avec peu d'inscription) et une certaine collaboration entre les membres des groupes de géologie et de génie à l'université Memorial, le rapport pourrait être à tout le moins décrit comme faible et non productif par comparaison avec ce qui se produit dans beaucoup d'autres universités partout au pays.

## Recommandations

Il est bon de répéter ici une recommandation importante fait au chapitre 3:

Les universités qui ont à la fois des facultés de génie et des départements de géologie ou de géophysique qui ne mènent pas de programme conjoint de premier cycle doivent faire tous les efforts possibles pour lancer de tels programmes afin de former des ingénieurs géologues et géophysiciens qui sauront satisfaire à la demande croissante de l'industrie et du gouvernement pour une telle combinaison de savoir.

Et, compte tenu de ce qui précède, nous recommandons également ce qui suit:

Lorsque les universités ont des spécialistes de la géotechnique au sein de leur faculté de génie tout en n'ayant pas de programmes conjoint avec les départements de géologie ou de géophysique, tous les efforts possibles doivent être faits pour lancer des activités conjointes d'enseignement et de recherche afin de former des professionnels compétents dans le domaine florissant de la géotechnique.

Les géologues, géophysiciens ainsi que les facultés de génie des universités situées près des côtes doivent s'attaquer tout de suite au problème du manque de recherche géotechnique dans les régions situées au large des côtes. Ce manque d'activités est des plus sérieux compte tenu de ce qui se produira bientôt dans le domaine de l'exploitation des ressources.

## SCIENCE DES SOLS

### Introduction

La science des sols est l'étude de la partie de la surface de la Terre qui a été influencée et modifiée par des agents physiques, chimiques et biologiques de façon à pouvoir nourrir des plantes enracinées.

Les départements de la science des sols sont associés aux facultés d'agriculture dans sept universités: Alberta, Colombie-Britannique, Guelph, Laval, Manitoba, McGill et Saskatchewan. Cinq d'entre elles ont répondu au questionnaire que nous avons envoyé. Sur ces cinq, quatre ont reçu la visite des membres du comité c'est-à-dire Alberta, Colombie-Britannique, Guelph et Saskatchewan.

En plus des activités de ces départements, l'enseignement et la recherche en science des sols sont effectués à une échelle plus restreinte dans sept départements de géographie, dans des universités qui n'ont pas de faculté d'agriculture.

Le bref résumé qui suit vise à augmenter et à mettre à jour une étude complète de la science canadienne des sols entreprise par le Conseil canadien des sciences de la Terre il y a trois ans (Rutherford et coll., 1978).

## Corps professoral

Les cinq départements de la science des sols sur lesquels nous avons des renseignements comptent 63 enseignants. On peut probablement en ajouter 20 de plus pour les universités McGill et Laval qui n'ont pas donné d'information. Les 63 professeurs comprennent 51 pédologues, 5 agrométéorologues, 3 géologues, 2 spécialistes des forêts et 2 spécialistes de la télédétection. Environ 70% de ces universitaires ont obtenu leur diplôme de baccalauréat au Canada mais seulement 20% d'entre eux ont fait leurs études doctorales au pays ce qui traduit, nous a-t-on dit, le manque d'occasion qui existait auparavant pour les études supérieures et à quoi on a remédié au cours des deux dernières décennies. Le tableau 6.10 énumère les sous-disciplines des 63 universitaires et plusieurs d'entre eux ont donné deux domaines distincts de spécialisation.

En outre, huit pédologues sont associés à des unités de géographie physique au sein de départements de géographie, deux à l'université Queens et deux à Carleton, Laurentian, McGill, McMaster, Western Ontario et York.

## Enseignement du premier cycle

Les départements de science des sols mettent l'accent sur la formation en chimie, en physique et en biologie et peut être encore plus que dans la plupart des autres départements des sciences agricoles. Les cours de base en science des sols portent sur la chimie des sols, la physique des sols, la microbiologie des sols, la genèse et la classification. Toutefois, l'éventail des cours a augmenté considérablement au cours de la dernière décennie et St-Arnaud (dans Rutherford et coll., 1978) donne la liste de 26 cours de premier cycle en science des sols offerts à l'un ou l'autre des départements qui ont un programme complet dans ce domaine.

En général, les rapports avec les départements de géologie sont bons. À l'université de l'Alberta, les étudiants en géologie suivent un demi cours d'introduction en genèse et en classification des sols. Tous les étudiants avec spécialisation en science des sols suivent un cours d'introduction en géologie et des cours plus poussés qui conviennent à leur orientation vers le B.Sc., par exemple géologie glaciaire, géomorphologie et analyse par microsonde. Certains départements ont étendu la portée de leurs activités au-delà de la science des sols elle-même, par exemple le *Department of Land Resource Science* de l'université de Guelph qui comprend dans son programme la pédologie, l'agrométéorologie, la géologie et la gestion des ressources. Ce département compte trois géologues et forme quelques diplômés avec discipline majeure en sciences de la Terre (tableau 2.1) en plus de toute une gamme d'autres étudiants diplômés.

Les cinq universités qui ont fourni des données ont un total d'inscription au premier cycle de 172 étudiants avec discipline majeure. Ce chiffre dépasse probablement 200 si l'on ajoute les deux établissements qui n'ont pas répondu au questionnaire. Beaucoup d'étudiants sont inscrits aux cours d'introduction de première année; par exemple, l'université de Guelph en a 100 d'inscrits à son cours de géologie, 600 en science des sols et 120 en agrométéorologie.

## Études supérieures

Le tableau 6.9 donne la liste des domaines d'études supérieures aux cinq universités qui nous ont fourni des renseignements. Quatre-vingt-dix-huit des 139 étudiants de niveau supérieur sont Canadiens, le pourcentage étant plus ou

moins le même qu'en géologie et en géophysique. Bien que les chances d'emploi soient bonnes en science des sols, elles ne sont pas aussi fortes qu'en géologie et qu'en géophysique où beaucoup d'étudiants préfèrent ne pas poursuivre d'études supérieures. En réalité, les étudiants qui ont des diplômes dans les sciences fondamentales se sont inscrits aux cours supérieurs en sciences des sols pour profiter de la bonne situation de l'emploi qui existe pour ceux qui ont des diplômes supérieurs.

## Recherche

Tous les cinq départements qui ont répondu à notre questionnaire ont révélé qu'il y avait chez eux beaucoup d'activités de recherches. Plusieurs universitaires de renom ont déclaré qu'à leur avis, les contributions canadiennes à la recherche en science des sols étaient bien cotées sur le plan international. La gamme d'intérêts des chercheurs universitaires est illustrée au tableau 6.10. Il y a certaines faiblesses dans des sous-domaines importants, par exemple, en biologie et en minéralogie des sols. Il est remarquable que ce dernier domaine corresponde à une faiblesse en recherche géologique notamment en minéralogie des argiles. Il serait peut-être possible de remédier à cette faiblesse au moyen de nominations conjointes éclairées.

Deux universités, Guelph et Saskatchewan ont des instituts de pédologie. Ce sont des organismes de coordination qui comprennent chacun le département de science des sols de l'université, la section régionale des sols d'Agriculture Canada ainsi que la section des sols du ministère provincial de l'Agriculture. Dans un cas comme dans l'autre, le président du département de l'université assume les fonctions de directeur de l'institut. Les universités de l'Alberta et du Manitoba ont des liens similaires avec des scientifiques des gouvernements provinciaux et fédéral mais de façon un peu moins officielle. Les spécialistes de la science des sols de l'université de la Colombie-Britannique travaillent en étroite collaboration avec une section de l'étude des sols d'Agriculture Canada située sur le campus.

Les organismes agricoles provinciaux semblent avoir des liens plus étroits avec les départements de la science des sols et apportent une contribution beaucoup plus considérable au financement des recherches (appendice 6B) que ne le font leurs homologues dans les ministères des Mines et de l'Énergie. Nos correspondants des départements de science des sols semblaient généralement satisfaits des subventions du C.R.S.N.G. quoi qu'ils étaient d'avis que leurs collègues ne profitaient pas complètement de ce régime d'aides financières.

## Rapports avec la géologie

À part les échanges au niveau de l'enseignement, il n'y a probablement pas beaucoup de projets conjoints entre les géologues et les spécialistes de la science des sols sauf à Guelph où ils se trouvent aux mêmes départements. Aux autres établissements toutefois, tant les spécialistes de la science des sols que les géologues nous ont dit partager les installations de laboratoires et avoir des échanges utiles au sujet de certains aspects de projets individuels.

Tout comme les géologues et les géophysiciens, les spécialistes de la science des sols sont d'avis qu'une plus grande partie du public devrait connaître leurs disciplines qui sont toutes fondamentales pour assurer que les aliments, les fibres et l'eau potable demeurent en quantités suffisantes et

que les terres soient utilisées de façon efficace et intégrée. Le professeur St-Arnaud (dans Rutherford et coll., 1978) écrit ce qui suit:

"... Il faut des responsables de l'établissement des politiques capables de traiter de ces questions (développement des terres) de façon rationnelle et éclairée. Pourtant, beaucoup de diplômés qui assumeront des fonctions d'administration ou de consultation ne seront que très peu conscients de ces éléments physiques à moins que des changements importants ne soient apportés à leur formation. Bien qu'il ne soit pas nécessaire qu'ils deviennent des spécialistes des sols ... ils doivent au moins avoir une bonne compréhension des sols."

Les nombreux parallèles qu'il y a entre la science des sols et la géologie nous mènent à faire les recommandations suivantes:

1. Les universités des provinces Atlantiques dont aucune n'a un département de science des sols devraient nommer un ou plusieurs spécialistes des sols à leur département de géologie ou, lorsque c'est possible, à la fois en géologie et en géographie de façon à étendre la connaissance des sols et leur importance à une grande partie de la collectivité universitaire.
2. Les professeurs de sciences des sols, de géologie et de géographie physique devraient travailler en collaboration pour élaborer et donner des cours qui apporteront une vue intégrée des sciences de la Terre et de leurs méthodes aux étudiants d'autres disciplines (par exemple, les sciences politiques, l'économie) qui assumeront probablement des responsabilités d'élaboration de politiques.
3. Les géologues et géophysiciens des organismes provinciaux des Mines et des départements d'universités devraient faire l'étude des instituts de recherches gouvernementaux et universitaires de la science des sols établis sur divers campus et essayer d'évaluer de telles entreprises communes et à reproduire les éléments qui s'avèrent une réussite.

## Océanographie et Géoscience Marine

### Introduction

L'océanographie est une science interdisciplinaire qui comprend les études des marées et des courants, la composition chimique de l'eau de mer, les plantes et les animaux marins, les sédiments des fonds marins ainsi que les structures de la croûte terrestre située sous les mers.

On trouve des groupes d'océanographie aux universités Dalhousie, de la Colombie-Britannique, de Québec à Rimouski, McGill, Memorial ainsi qu'au *Royal Roads Military College*. Tous ces groupes se sont associés des géologues et/ou des géophysiciens. De plus, on rencontre une ou plusieurs personnes intéressées à la recherche ou à l'enseignement en géoscience marine dans d'autres universités, par exemple à Queen, qui n'ont pas de groupements officiels d'océanographie (ou de science marine).

À l'heure actuelle, aucun des groupes d'océanographie n'offre de baccalauréat en sciences marines. Ils offrent tous certains cours aux étudiants de premier cycle afin d'éveiller leur intérêt à l'égard de ce domaine des plus intéressants. Toutefois, leurs étudiants de niveaux supérieurs sont

généralement des diplômés de départements scientifiques réguliers par exemple de géologie, de biologie, de physique, de chimie et même de mathématiques appliquées. Pour cette raison, les étudiants de niveaux supérieurs doivent généralement suivre plus de cours que d'habitude c'est-à-dire qu'ils doivent compléter leurs connaissances de base générales en sciences marines tout en apprenant les aspects marins de leur propre discipline. À la suite du début de la présente étude, le Conseil canadien des sciences de la Terre a décidé d'entreprendre une étude complète de la géoscience marine au Canada. Afin de compléter notre propre rapport, nous donnons ci-dessous quelques notes sur la plupart de nos groupes de sciences marine. Aucune conclusions ou recommandations ne sont faites toutefois étant donnée qu'elles seraient probablement dépassées au cours de l'année par l'étude qui est en cours.

## Dalhousie

L'université Dalhousie compte un département régulier d'océanographie. Il comporte 14 enseignants, offrent quelques cours du premier cycle et consacre presque tout son travail aux études supérieures et à la recherche. C'est le meilleur au Canada et, selon nos correspondants de l'étranger, il jouit d'une bonne réputation internationale. Cette réputation s'étend également à son élément de géoscience marine pour du travail bien connu sur la dorsale médio-Atlantique au cours des années 60 et au début des années 70. Cette réputation s'est maintenue quoique les intérêts de recherche soient maintenant très diversifiés et englobent des sujets comme la rhéologie de l'intérieur de la Terre déduite des substances transportées par les marées et que l'on trouve dans les bassins sédimentaires au large des côtes.

Les membres du département d'océanographie reçoivent d'importantes subventions du C.R.S.N.G. ainsi que des fonds d'aide à la recherche de toute une gamme de sources à la fois étrangères et canadiennes. Leur budget universitaire est petit cependant parce qu'ils soutiennent qu'il est fondé en partie sur l'enseignement du premier cycle auquel ils ne participent pas directement. Douze des quatorze professeurs ont des postes à plein temps mais quoiqu'ils se portent volontaires pour donner des cours dans d'autres départements, leur allégeance est à l'océanographie. Deux sont des nominations conjointes, toutes deux au département de géologie. Les nominations conjointes ont déjà été plus nombreuses mais ceci s'est généralement montré désavantageux pour les scientifiques quant à l'avancement et à l'agrégation. Maintenant, ils préfèrent surtout collaborer de façon non officielle avec leurs collègues d'autres départements. Il est remarquable que les spécialistes de la géographie physique aient formulé la même plainte au sujet de l'attitude de départements parents vis-à-vis des professeurs qui déterminaient des postes à la fois dans l'un et dans l'autre. Dès les débuts, l'université Dalhousie a maintenu une excellente collaboration avec toutes les unités de l'Institut fédéral d'océanographie de Bedford, y compris sa division de la Commission géologique du Canada. Les professeurs ont fait appel régulièrement à la flotte fédérale et ont participé à des projets de recherche conjointe. Les agents de l'Institut océanographique de Bedford enseignent de temps en temps et dirigent régulièrement le travail d'étudiants de niveau supérieur à Dalhousie. Ces relations sont de plusieurs façons un bon exemple de ce qui est possible en ce qui a trait à l'interaction gouvernement/industrie.

## Colombie-Britannique

Le département d'océanographie a été créé ici en 1979 pour succéder à un institut d'océanographie établi en 1949.

Le département regroupe des professeurs et étudiants du deuxième et du troisième cycle intéressés à appliquer leurs sciences particulières à l'étude de l'océan, et leur offre des laboratoires et autre matériel et installations. Le chef du nouveau département est un spécialiste de la géochimie marine. Les deux géologues et le géophysicien qui en sont membres ont été nommés par leurs propres départements. On donne des cours du premier cycle mais non pas le diplôme. La recherche en géoscience est concentrée sur la structure de la marge continentale de l'Ouest; sur les zones géothermiques marines; sur les sédiments et processus récents dans les fiords, les estuaires et les zones côtières; sur les études sismiques et sur l'élaboration d'instruments et de méthodes. Le rythme de la géoscience marine s'est accéléré de beaucoup au cours des dernières années, inspiré en partie au moins par une équipe fédérale de géologues et de géophysiciens installés à Pat Bay, dans l'île de Vancouver. Plusieurs entreprises communes ont été effectuées avec succès.

## Memorial

Des études en océanographie ont commencé ici vers la fin des années 60 avec l'ouverture du laboratoire marin de Logy Bay. Toutefois, les géoscientifiques ne faisaient pas partie de la structure de ce laboratoire étant donné que depuis, il est devenu une unité de recherche de biologie/biochimie marines. Les programmes individuels de recherche marine ont été entrepris avec succès par des géologues et des géophysiciens et un cours d'introduction en géosciences marines est offert depuis les 8 dernières années. Tous les ans depuis cinq ans, les étudiants de tous les cycles peuvent se familiariser avec les techniques sous-marines à une station située au Bahamas. En 1975, le *Center for Cold Water Ocean Resources Engineering (C-Core)* a été créé. Il a concentré ses efforts sur les problèmes rattachés à la mise en valeur d'hydrocarbures en eau profonde où des glaces sont présentes. Son groupe de recherche compte des géologues et un spécialiste de la géologie marine du département de géologie et membre du Conseil d'administration. Bien que le C-Core ait été bien financé et soit très actif, l'élément de géoscience marine est demeuré petit et périphérique jusqu'à maintenant.

Lorsque les membres de notre comité ont visité l'université Memorial on y travaillait à l'établissement d'un Institut de science marine. Le directeur élu, spécialiste de l'océanographie physique, nous a informé qu'il serait établi principalement ou entièrement au moyen de nominations conjointes des départements scientifiques déjà constitués. Bien que quelques cours seront offerts aux étudiants du premier cycle, aucun programme menant à un diplôme ne sera créé. Les efforts seront plutôt concentrés vers les études supérieures ce qui permettra d'éviter le chevauchement qui existe déjà et de regrouper les gens qui s'intéressent à ce domaine pour partager le temps à bord d'un navire et autres installations.

## Québec à Rimouski

Un groupe d'océanographie est constitué ici à titre de département régulier. Il compte des étudiants au niveau de la maîtrise en science et se propose de lancer un programme de doctorat dans un avenir rapproché. Rimouski n'a pas de département de géologie mais deux spécialistes de la géologie marine sont membres du personnel de l'océanographie. Ils étudient des problèmes de biogéochimie à la couche limite benthique. Sur le plan géographique, ils ont concentré leurs efforts sur l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent ainsi que sur le chenal Laurentien.

Les scientifiques de ce département travaillent en étroite collaboration avec leurs collègues d'un second groupe, le laboratoire océanographique de l'Institut national de recherche scientifique (I.N.R.S.) à Rimouski. Le directeur de cet institut est un spécialiste bien connu de la sédimentologie marine. Lui et ses collègues travaillent sur les changements des taux de sédimentation dans les estuaires où il y a aménagement hydroélectrique.

#### McGill

Le *Marine Science Centre* de McGill a une portée interdépartementale. Le président est un spécialiste de la géologie marine et la plupart des dix membres occupent également des fonctions en géologie, en physique ou au Musée Redpath. Deux des quatre associés de recherche sont professeurs de géologie dont les spécialités sont les carbonates et les sédiments clastiques.

Des laboratoires et bibliothèques sont mises à la disposition des chercheurs qui peuvent effectuer du travail sur le terrain dans l'Arctique, dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent, sur le plateau continental de l'Est ainsi qu'à l'Institut de recherche Bellairs à la Barbade. Les intérêts spéciaux du Centre comprennent la physique de la glace marine, l'échange d'énergie entre l'atmosphère et l'hydrosphère, la climatologie marine, l'océanographie physique, la géologie et la géochimie marine, la croissance et les cycles des organismes marins, la productivité et la biogéographie marine.

À l'exception du directeur, les professeurs de géologie qui font des études marines à McGill font également de la recherche et de l'enseignement en stratigraphie et en sédimentologie du Phanérozoïque.

#### AUTRES SCIENCES

À l'exception des physiciens, des chimistes et des biologistes qui travaillent en océanographie, peu de spécialistes des autres sciences font de la recherche rattachée aux sciences de la Terre. Le Comité de subvention aux sciences de la Terre du C.R.S.N.G. ne vient en aide qu'à 18 chercheurs, quatre dans des départements de physique (à l'exclusion de la géophysique), sept en biologie, deux en mathématique et un en chimie, en archéologie, en agriculture, en épidémiologie et en météorologie. La plupart des liens qu'il y a entre la géologie (géophysique) et les autres départements scientifiques, à l'exception des sciences de la Terre, semblent porter surtout sur l'enseignement de cours auxiliaires, les géophysiciens donnant de tels cours tandis que les géologues faisant appel à d'autres départements pour qu'ils les donnent à leurs étudiants. Quoique les étudiants aient l'occasion, comme on l'a mentionné au chapitre 3, de suivre des cours dans plusieurs disciplines pour ainsi obtenir des diplômes polyvalents, les programmes ne sont généralement pas trop intéressants pour la plupart d'entre eux.

Les membres de notre Comité n'ont rencontré que quelques chimistes, physiciens, biologistes et administrateurs supérieurs. La plupart des opinions qui nous ont été communiquées relativement à l'interaction interdisciplinaire étaient celles de géologues et de géophysiciens et par conséquent ne sont probablement pas impartiales. En tenant compte de cet état de chose, nous faisons les quelques observations suivantes.

#### Physique

Plusieurs groupements géophysiques sont rattachés à des départements de physique, par exemple aux universités Memorial, de Toronto, de Victoria et de l'Alberta. D'autres, bien qu'indépendants, ont des liens étroits avec la physique, par exemple, l'astronomie et la géophysique à l'université de la Colombie-Britannique. Les professeurs de ces départements font de la recherche, dirigent le travail des étudiants de niveaux supérieurs et donnent des cours de géophysique aux étudiants du premier cycle. De plus, ils donnent toute une gamme de cours spécialisés et généraux aux départements de physique. Étant donné que leur propre discipline repose sur la physique classique, ils ont souvent très peu en commun avec leurs collègues de la physique nucléaire et des plasmas. Cependant, ils trouvent beaucoup d'avantages à enseigner car ils sont ainsi en contact avec les étudiants ce qui leur donne accès à de meilleures installations et à des budgets plus élevés que ceux des départements de physique. Comme l'a déclaré le chef d'un des groupements de géophysique, "malgré le grand nombre d'étudiants en discipline majeure ou inscrits au baccalauréat spécialisé, les départements de géologie donnent très peu de cours généraux et, compte tenu du nombre d'étudiants, ne pourraient justifier la présence de nombreux géophysiciens." Cette situation est peut-être en train de changer étant donné que beaucoup de départements de géologie ont de nombreuses inscriptions au cours d'introduction et offrent toute une gamme de cours secondaires en deuxième année. À part l'enseignement, il n'y a pas beaucoup d'activités communes entre les géophysiciens et les physiciens. Il y a pourtant certaines exceptions, par exemple à Toronto, un physicien fait du bon travail sur l'histoire thermique planétaire en collaboration avec des collègues en science de la Terre.

Il semblerait que les géophysiciens qui enseignent et font de la recherche dans les départements de géologie aient moins d'interaction avec les physiciens, quoi qu'ils soient eux-mêmes généralement diplômés de départements de physique canadiens. Au moins l'un d'entre eux nous a dit qu'il jugeait les cours de physique insuffisants dans des sujets comme l'électricité et le magnétisme et avait l'intention de présenter sa propre version de ce cours à la faculté de génie. Ceci nous a semblé un chevauchement inutile dans un département qui a déjà une charge trop grande d'heures de cours. Il y transpire peut-être un certain manque de communication et de direction au niveau administratif qui semblerait rendre presque impossible la restructuration du cours aux départements de physique.

Les professeurs de géologie se tiennent généralement à l'écart des départements de physique. Les seuls contacts se font par l'entremise des étudiants du premier cycle en géologie qui doivent d'habitude prendre un cours d'un an en physique après les cours d'introduction. Toutefois, dans bon nombre d'établissements, on remplace les cours de géophysique par des cours de physique traditionnels de façon que même ce lien ténu s'affaiblit de plus en plus. Un professeur de l'université McMaster qui donne un cours intitulé "la physique et la géologie" essaie de combler le fossé et de démontrer la pertinence possible de la physique à la géologie.

Il y a eu quelques bons exemples de collaboration fructueuse en recherche par le passé, notamment une grande partie des premiers travaux en géochronologie des isotopes a permis à des physiciens et à des géologues de travailler ensemble. Éventuellement, ce travail en collaboration a atteint une étape où seuls ceux qui avaient de bonnes

connaissances dans les deux disciplines pouvaient obtenir de bons résultats: une toute nouvelle espèce de scientifiques venait de naître! Il y a encore de tels exemples de collaboration. Le meilleur que nous avons vu était à l'université de Calgary où un professeur de physique qui se spécialisait en spectroscopie de masse avait pris sur lui de lancer des programmes conjoints avec des spécialistes de la géologie économique, des pétrologues et autres pour appliquer des études de fractionnement isotopique à des problèmes d'ordre géologique. Il faut encore beaucoup plus de personnes de ce genre pour lancer des entreprises communes à une époque où la géologie a un excédent de projets pratiques qui nécessite une perspective pluridisciplinaire.

## Chimie

Le principal rapport (et dans la plupart des universités le seul, entre les départements de géologie et de chimie est assuré par les cours obligatoires que doivent prendre les étudiants du premier cycle en géologie et les quelques cas rares d'étudiants de niveau supérieur qui doivent assister, à titre d'auditeurs libres, à des cours de chimie avancée. Il y a encore moins de rapports entre la géophysique et la géochimie.

Ici encore, comme en physique, même ce lien d'enseignement est en danger. Les étudiants continuent de se plaindre au sujet du manque de pertinence de la plupart de leurs cours de chimie après l'année d'introduction. Plusieurs professeurs de géologie de partout au pays nous ont dit avoir l'impression de pouvoir donner des cours meilleurs et plus utiles en chimie physique et inorganique que ne le pouvaient leurs homologues du département de chimie. Il est difficile de comprendre le manque de rapports et de collaboration avec une science si étroitement liée à bon nombre des sous-domaines de la géologie. On peut l'attribuer en partie à l'amertume des géologues vis-à-vis des locaux, des installations et des budgets que la chimie obtient toujours à bon nombre d'universités, reliques des années antérieures alors que la chimie ainsi que la physique jouissaient toutes deux d'un statut d'élite en sciences. Quoiqu'il en soit, il y a maintenant toutes les raisons possibles pour une bonne collaboration en enseignement et en recherche au bénéfice des deux sciences. Smith et Boyle (1968) ont déclaré que nos programmes de formation en géologie manquaient généralement de chimie, surtout de chimie appliquée et cela est aussi vrai maintenant qu'il y a 12 ans. Pour que les cours soient plus intéressants pour les étudiants en géoscience, les chimistes pourraient faire appel aux professeurs de géologie pour enseigner la chimie cristalline, la thermodynamique et autres sujets semblables dans le cadre même des cours réguliers de chimie. Une autre possibilité pourrait être d'inviter les chimistes à participer aux classes de géochimie données aux départements de géologie comme le fait Waterloo à l'heure actuelle.

Il y a eu quelques exemples dignes de mention de collaboration dans le domaine de la recherche. La poussée donnée à la recherche géochimique à l'université McMaster il y a 25 ans a été le fait d'un professeur de chimie physique de renom. Un exemple plus récent qui vaut d'être imité est celui donné par un professeur de géologie à l'université de l'Alberta qui a trouvé la solution à ses problèmes de locaux et de financement en installant son laboratoire de datation à amino-acide aux départements de chimie avec la collaboration de professeurs de chimie. Un spécialiste de la chimie analytique de l'université de Toronto assume également des fonctions en géologie, un spécialiste de la sédimentologie organise de la recherche conjointe avec des spécialistes de la chimie organique et des géologues ainsi

qu'un ingénieur chimiste travaillent de concert à un programme d'activation de neutrons. Un nouveau programme lancé au campus de Scarborough de l'université de Toronto sur la science des terrains et de l'environnement rassemble des géologues, des géographes, des physiciens et des chimistes. À l'université de Western Ontario, le département de géologie mène des activités d'enseignement et de recherche en collaboration avec le département de chimie de cet établissement.

## Biologie

Depuis longtemps, les biologistes et les géologues ont eu des affinités pour des éléments de l'une et de l'autre science ce qui explique probablement pourquoi tant les uns comme les autres se réclament de Charles Darwin! Les étudiants en géologie qui choisissent de se spécialiser en biostratigraphie et en paléontologie doivent généralement suivre des cours connexes en biologie. Les biologistes qui s'intéressent à la paléobiologie doivent généralement faire du travail en paléontologie. Le chevauchement des intérêts de recherche des biologistes et des géologues qui étudient la flore et la faune du Tertiaire ou du Quaternaire est semblable à celui qu'il y a entre les géologues spécialistes du Pléistocène et certains spécialistes de la géographie physique.

La paléontologie des vertébrés est enseignée aux départements de biologie à Toronto, McGill et Alberta par des professeurs qui travaillent également aux départements de géologie ou font partie du personnel de musée. La paléobotanique et la palinologie sont enseignées aux universités de l'Alberta, de la Colombie-Britannique, Simon Fraser, de Toronto et de Waterloo, dans quatre cas avec des liens étroits avec les départements de géologie. À l'université Memorial, un professeur nommé à la fois au département de biologie et au département de géologie enseigne la paléogéologie. Les universités de Waterloo et de l'Alberta ont des spécialistes des coléoptères fossiles dans leur département de biologie.

À toutes les universités visitées, nous avons trouvé que la collaboration entre les départements de géologie et de biologie était entière et amicale.

## RÉSUMÉ ET DISCUSSION

Les rapports sont généralement bons entre les géosciences aux universités canadiennes quoiqu'il y ait encore de la place pour l'amélioration. Des recommandations en ce sens sont faites tout au long du texte. À l'exception des interactions entre la géologie et la biologie, les rapports avec d'autres sciences sont beaucoup plus faibles qu'ils ne devraient l'être.

Les rivalités et le chevauchement qui étaient jadis les caractéristiques des rapports entre les départements de géologie et les éléments de géographie physique des départements de géographie ont disparu dans plusieurs universités pour être remplacés par la collaboration en enseignement et en recherche. Les administrateurs d'autres universités ont maintenant des modèles de référence lorsqu'il s'agit d'éliminer le chevauchement inutile dans ces disciplines au sein de leurs propres établissements. Les rapports avec la biologie, qui sont toujours bons, devraient peut-être aller au-delà de l'anatomie animale et végétale et de l'écologie pour déboucher dans des entreprises communes relatives aux problèmes de l'environnement biophysique. Quoique plusieurs établissements (l'université de la Colombie-Britannique est le meilleur exemple) donnent de bons exemples de collaboration entre la géologie, la

géographie physique, la science des sols, le génie civil et la biologie, sur des bases particulières, il y a peut-être un besoin, surtout au pays, de modalités plus officielles pour réunir quelques-uns ou tous ces groupements en des associations souples semblables aux Centres et Instituts de science marine créés dans plusieurs universités. Selon un professeur de l'université du Colorado, il y a bien sûr des exceptions, mais les communications sont souvent pauvres entre la géologie et les départements qui comprennent d'autres spécialistes des sciences de la Terre c'est-à-dire la géographie, l'archéologie et la biologie. À son avis, il serait à l'avantage du Canada qu'au moins une université mette sur pied un Institut du Quaternaire.

La demande apparemment permanente de géologues et de géophysiciens diplômés en génie exercera probablement des pressions sur les universités qui n'ont pas de tels programmes conjoints (c'est-à-dire Dalhousie, Memorial, Nouveau-Brunswick, Calgary et Alberta). Les liens ainsi établis porteront probablement plus d'étudiants en géologie à se joindre aux ingénieurs civils dans des programmes géotechniques comme ceux qui sont offerts au niveau de la maîtrise à McGill et à Queens. Ce domaine florissant ainsi que d'autres aspects de la science des terrains partagés avec la géographie physique pourront éventuellement employer plus de géologues et de géophysiciens que l'exploration et la mise en valeur des ressources.

Les rapports de la géologie et de la géophysique avec la physique et la chimie, demeurent faibles exception faite des liens d'enseignement obligatoire. De forts liens de recherche et d'enseignement pourraient être des plus importants, surtout avec la chimie. L'élan initial doit venir de professeurs énergiques disposés à franchir les barrières départementales dans leur propre recherche: des personnes comme Harry V. Warren, le géologue de l'université de la Colombie-Britannique qui a su intéresser les chercheurs médicaux (à l'étranger surtout!) aux rapports entre la géologie et la santé ou H.G. Thode, spécialiste de la chimie physique de l'université McMaster qui a injecté la géochimie nucléaire dans la géologie canadienne. Le C.R.S.N.G. a essayé de favoriser une telle interaction au moyen de subventions pluridisciplinaires mais il semble y avoir peu de preneurs (tableau 5.7). Toutefois, ces nouvelles séries de subventions stratégiques semblent regrouper des scientifiques de plusieurs disciplines dans les projets conjoints fascinants tels que décrits au chapitre 5.

Tout au long de la plus grande partie du siècle, la science a été dominée par les microsciences (Wynne-Edwards et Neale, 1976) qui concentrent leurs efforts sur les études subatomiques et moléculaires. Les spécialistes de ces domaines, les physiciens et chimistes, ont été au faîte de la pyramide des sciences et ont reçu plus de soutien pour leur

recherche que d'autres scientifiques et ont généralement été considérés comme les porte-paroles de toute la science. Cette situation a changé lentement, par moment de façon imperceptible, au cours des deux dernières décennies. Les révoltes sociologiques des années 60 ont remis en question l'orientation et la motivation des principales microsciences; les discussions relatives à l'environnement et à l'énergie des années 70 contribuaient à accélérer la réorientation vers des sujets plus bas dans la pyramide comme la géologie, la biologie et le génie. La réorientation a fait des progrès plus lents dans les universités canadiennes que dans les universités étrangères, mais elle a eu lieu et se poursuit.

La géologie et la géophysique ont acquis lentement la force et le soutien numériques nécessaires pour s'attaquer à tout un ensemble de problèmes, que ce soit l'origine des planètes et de leurs satellites, la formation des océans et de l'atmosphère, l'origine et l'évolution de la vie ou la découverte et l'utilisation soignées des ressources et des systèmes de maintien de la vie sur la Terre. Pour étudier d'une façon appropriée et efficace ces problèmes ainsi que beaucoup d'autres, les géologues et géophysiciens doivent s'adresser à leurs collègues d'autres disciplines qui élaborent de nouvelles notions ainsi que leurs collègues géoscientifiques en géographie, en science des sols et en génie pour les adapter aux besoins de l'humanité.

Pour terminer ce chapitre, voici un extrait d'une allocution récente du président (Strangeway, 1979) de la Geological Association of Canada:

"... Nous voici à l'aube de la nouvelle décennie au cours de laquelle les sciences de la Terre devront apporter des solutions aux questions nationales les plus urgentes et pourtant je sens une certaine défensive. Nous sommes censés donner le rythme, et pourtant notre perspective classique vis-à-vis de l'enseignement oblige nos étudiants à s'immerger dans tous les sujets traditionnels aux dépens d'une formation de géoscientifique compétents et éclairés capables de relever les défis qui les attendent. Sauf quelques exceptions remarquables, nous essayons tous de produire des copies du géologue type tout en obliant que pour s'attaquer aux problèmes futurs il faudra un mélange de compétence et d'expérience. Nous érigeons des barrières plutôt que d'attirer des personnes qui jouissent d'autres aptitudes dans notre domaine pour nous aider à apporter des solutions à nos problèmes ... Nous devons nous soutenir les uns les autres dans la quête de l'excellence. Nous devons recruter des physiciens et des chimistes, des mathématiciens et des biologistes pour qu'ils nous aident dans notre recherche parce que c'est à nous qu'il incombe de relever le défi et d'apporter des solutions à des problèmes fascinants."

TABLEAU 6.1

UNIVERSITÉS CANADIENNES OÙ LE COURS DE GÉOGRAPHIE  
PHYSIQUE SE DONNE AU DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE

Universités	Diplômes: B, M, D,	Nombre de spécialistes en géographie physique
Alberta	B, M, D	10
Brandon	B	2
Colombie-Britannique	B, M, D	6
Brock	B	2
Calgary*	B, M, D	6?
Carleton	B, M, D	5
Concordia*	B	2?
Guelph	B, M	3
Lakehead	B	3
Laurentienne	B	3
Laval*	B, M, D	3?
Lethbridge	B	3
Manitoba	B, M, D	4?
McGill	B, M, D	9
McMaster	B, M, D	7
Memorial*	B, M	4
Moncton	B	1
Montréal*	B, M, D	9
Ottawa	B, M, D	5
Québec à Montréal*	B, M	2
Québec à Rimouski*	B	1
Québec à Trois-Rivières*	B	1
Québec à Chicoutimi	B	2
Queen's	B, M, D	5
Régina	B, M	2
Saskatchewan	B, M, D	4
Sherbrooke*	B, M	4?
Simon Fraser	B, M, D	6
St. Mary's	B	1
Toronto	B, M, D	9
Trent	B	3
Victoria	B, M, D	4
Waterloo	B, M, D	6
Western Ontario	B, M, D	6
Wilfrid Laurier	B, M	3
Windsor	B, M	4
York	B, M	3

\* Renseignements incomplets? Chiffre estimatif.

Nombre total de spécialistes en géographie physique  
dans les départements de géographie:

Nommés et compris dans l'annexe 1	117
Pas nommés	33
Total	150

TABLEAU 6.2

DOMAINES DE SPÉCIALISATION EN  
GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

Domaine de spécialisation	Nombre d'universitaires
49a. Géomorphologie, géomorphologie fluviale, glaciaire, périglaciaire, alpine, arctique et karstique, géomorphologie des côtes et géomorphologie des déserts	60
49b. Hydrologie, ressources hydrauliques, limnologie et eaux souterraines	7
49c. Climatologie et météorologie	12
49d.* Dangers naturels, stabilité des talus et mouvement de masse	5
49e. Bilans énergétique, hydraulique et thermique	5
49f. Biogéographie	5
49g. Évaluation des terrains et utilisation des terres	2
49h.* Études du pergélisol, du périglaciaire, de la glace et de la neige, et glaciologie	5
49i.* Environnement physique	3
49j. Pédologie et géographie des sols	8
49. Non classé ou non identifié	5 et 33

\* En général, il s'agit d'autres subdivisions de  
la géomorphologie.

TABLEAU 6.3

SUBVENTIONS ACCORDÉES EN GÉOGRAPHIE PHYSIQUE PAR LE C.R.S.N.G., PAR DOMAINE DE SPÉCIALISATION

Domaine de spécialisation	Nombre de projets	Domaine de spécialisation	Nombre de projets
49a. Géomorphologie		49d. Dangers naturels, stabilité des talus, mouvement de masse	4
fluviale	4		
glaciaire	1	49e. Bilans énergétique, hydraulique et thermique	6
arctique	1	49f. Biogéographie	3
géomorphologie des côtes	5		
karstiques	2	49g. Évaluation des terrains	
19. Recherche dans le domaine du Quaternaire	7	49h. Étude du pergélisol	3
21. Sédimentologie	3	49j. Pédologie	3
49b. Hydrologie	5	49. Divers	5
49c. Climatologie	2		56

TABLEAU 6.4  
SUBVENTIONS DE RECHERCHE ET CONTRATS ACCORDÉS AUX SPÉCIALISTES EN  
GÉOGRAPHIE PHYSIQUE DANS LES UNIVERSITÉS CANADIENNES

Université	Nombre d'enseignants	Subventions de dépenses courantes de recherche (C.R.S.N.G.) 1979-1980*	Autres subventions 1978-1979	Valeur totale des subventions
Alberta	10	\$22,248	?	?
Brandon	2	\$10,000	\$ 2,500	\$ 12,500
Colombie-Britannique	6	\$74,170	\$52,443	\$126,613
Brock	2	\$ 5,000	?	?
Carleton	5	-	?	?
Calgary	6*	\$18,000	?	?
Concordia	2*	-	?	?
Guelph	3	\$ 9,500	\$ 5,000	\$ 14,500
Lakehead	3	\$ 3,500	?	?
Laurentienne	3	-	?	?
Laval	3*	-	?	?
Lethbridge	3	-	?	?
Manitoba	4*	-	?	?
McGill	9	\$28,000	\$88,850	\$116,850
McMaster	7	\$98,464	\$82,937 (77-78)	\$180,501
Memorial	5*	7,000	3,500	?
Montréal	9*	\$37,000	?	?
Ottawa	5	\$26,393	?	?
Québec à Montréal	2*	-	?	?
Québec à Rimouski	1*	-	?	?
Québec à Trois-Rivières	1*	-	?	?
Queen's	5	\$28,500	?	?
Régina	2	-	petites subventions	?
Saskatchewan	4	-	?	?
Sherbrooke	4*	\$10,150	?	?
Simon Fraser	6	\$25,132	?	?
Toronto	9	\$47,870	\$45,468	\$ 93,338
Trent	3	\$10,865	?	?
Victoria	4	-	?	?
Waterloo	6	\$ 9,000	?	?
Western Ontario	6	\$ 9,874	\$20,000	\$ 29,874
Wilfrid Laurier	3	\$ 9,000	?	?
Windsor	4	\$ 6,210	\$25,500	\$ 31,710
York	3	\$11,107	?	?

(?) Aucun renseignement

(\*) Renseignements incomplets

(1) Il existe des groupes de spécialistes en géographie physique dans au moins 34 universités canadiennes. En 1979-1980, le C.R.S.N.G. a accordé 56 subventions de recherche en géographie physique à 21 universités.

(2) Huit universités ont fourni des dossiers complets sur le financement des recherches: 47% de leur fonds, soit \$284,088, proviennent du C.R.S.N.G. et 53%, soit \$381,798, d'autres sources. Une projection de ces pourcentages pour les fonds de recherche totaux de toutes les universités donnerait environ \$1,052,905.

(\*) Le tableau 5.2 donne les subventions accordées par le C.R.S.N.G. en 1980-1981.

**TABLEAU 6.5**  
**RÉPARTITION DES CHERCHEURS EN GÉOTECHNIQUE DANS**  
**LES UNIVERSITÉS CANADIENNES**

Université	Département	Nombre de chercheurs en géotechnique, membres du corps professoral	
Alberta	Génie civil	6.5	
	Géologie	2.5	
Colombie-Britannique	Génie civil	3.0	
	Géographie	1.0	
	Génie minier	1.0	
	Sciences géologiques	2.0	
Brock	Géographie	1.0	
	Sciences géologiques	1.0	
Calgary	Génie civil	1.0	
Carleton	Génie civil	2.0	
	Géographie	2.0	
Concordia	Génie civil	1.0	
Dalhousie	Géologie	1.0	
École Polytechnique	Génie civil	4.0	
	Génie minier	1.0	
Laval	Génie civil	5.0	
	Géologie	1.0	
McMaster	Génie civil	3.0	
	Géographie	4.0	
Manitoba	Génie civil	3.0	
McGill	Génie civil	1.0	
	Géographie	1.0	
	Géotechnologie	1.0	
	Génier minier et génie métallurgique	3.0	
	Sciences géologiques	1.0	
Memorial	Génie et sciences appliqués	4.0	
	Géologie	1.0	
Moncton	Génie	1.0	
Nouveau-Brunswick	Génie civil	1.0	
	Géologie	1.0	
	Arpentage	2.0	
Collège technique de la Nouvelle-Écosse	Génie civil	2.0	
Ottawa	Génie civil	2.0	
	Géologie	0.5	
	Géographie	0.5	
Québec (Chicoutimi)	Sciences appliquées	4.0	
Queen's	Génie civil	4.0	
	Sciences géologiques	2.0	
	Génie minier	1.0	
Régina	Énergie, Ressources Physiques	1.0	
		1.0	
Collège militaire royal	Génie civil	2.0	
Saskatchewan	Génie civil	4.0	
	Sciences géologiques	1.0	
Sherbrooke	Génie civil	5.0	
Toronto	Génie civil	4.0	
Waterloo	Génie civil	2.0	
	Sciences de la Terre	1.0	
Western Ontario	Sciences d'ingénierie	4.0	
Windsor	Génie civil	1.0	
	Géologie	3.0	
Nombre total d'universités:		27	
Nombre total de membres du corps professoral		107	
ingénierie	77.5	géographie	9.5
géologie	18.0	autres départements	2.0

**TABLEAU 6.6**  
**DOMAINES DE SPÉCIALISATION EN GÉOTECHNIQUE**

Domaine de spécialisation	Membres du corps professoral			
	Géologie	Départements Géographie	Génie	Autres
Géologie civil	5	2	1	-
Étude des neiges et des glaces	1	3	7	1
Étude de muskeg	1	1	4	-
Étude de pergélisol	3	2	9	1
Mécanique des roches				
Mouvements de la croûte	1	-	3	-
Mécanique des roches				
Écoulement	1	-	3	-
Mécanique des roches				
Géothermie	1	-	-	-
Mécanique des roches				
Extraction minière	-	-	1	-
Mécanique des roches				
Propriétés	3	-	5	-
Mécanique des roches				
Stabilité des talus	1	-	2	-
Mécanique des roches				
Résistance et force portante	1	-	3	-
Mécanique des roches				
Ouvertures souterraines	1	-	7	-
Mécanique des sols				
Tassement	-	-	1	-
Mécanique des sols				
Talus	-	-	4	-
Mécanique des sols				
Fondations	-	-	17	-
Mécanique des sols				
Pression de sol	-	-	3	-
Mécanique des sols				
Actions gel-dégel	-	-	2	-
Mécanique des sols				
Déchets nuisibles	1	-	4	-
Mécanique des sols				
Études marines	-	-	5	-
Mécanique des sols				
Chemins de fer	-	-	1	-
Mécanique des sols				
Résistance au cisaillement	1	-	6	-
Mécanique des sols				
Stabilité des talus	2	1	14	-
Mécanique des sols				
Dynamique des sols	-	-	4	-
Mécanique des sols				
Propriétés des sols	1	1	26	-
Mécanique des sols				
Stabilisation des sols	-	-	3	-
Mécanique des sols				
Percement de tunnel	-	-	3	-
Mécanique des sols				
Véhicules spéciaux	-	-	1	-
* Total	24	10	139	2

\* Ces chiffres ne s'accordent pas avec le nombre total d'universitaires qui effectuent des recherches en géotechnique, puisqu'un grand nombre de ceux-ci travaillent dans deux ou plusieurs sous-domaines.

TABLEAU 6.7  
FINANCEMENT DES RECHERCHES ENTREPRISES EN  
GÉOTECHNIQUE AUX UNIVERSITÉS CANADIENNES

Source des fonds	Montant total	Pourcentage
C.N.R. - MAS	\$ 57,950	1.1
C.R.S.N.G.	1,678,100*	31.9
Autres départements du gouvernement fédéral <sup>1</sup>	2,058,350	39.1
Gouvernements provinciaux	569,700	10.8
Industrie	160,100	3.1
Sources étrangères	405,500	7.7
Universités	99,100	1.9
Autre <sup>2</sup>	233,400	4.4
TOTAL	\$ 5,262,200	100.0

<sup>1</sup> Principalement Environnement, É.M.R., Agriculture.

<sup>2</sup> Sociétés de la Couronne, par exemple, l'É.A.C.L., sociétés provinciales d'électricité.

\* Le tableau 5.2 donne les subventions accordées en 1980-1981 par le C.R.S.N.G.

TABLEAU 6.8  
FINANCEMENT DES RECHERCHES EN GÉOTECHNIQUE,  
PAR DOMAINE DE SPÉCIALISATION

GÉOLOGIE CIVILE	\$ 43,300
NEIGE ET GLACE	\$ 199,600
MUSKEG	\$ 368,500
PERGÉLISOL	\$ 755,000
MÉCANIQUE DES ROCHES	
Propriétés	\$ 326,400
Écoulement	367,200
Géothermique	755,000
Ouvertures souterraines	161,500
Mouvement de la croûte	56,300
Stabilité des talus	91,700
Résistance et force portante	32,500
MÉCANIQUE DES SOLS	
Tassement	\$ 4,000
Actions gel - dégel	22,000
Études marines	486,600
Résistance au cisaillement	43,500
Pression de sol	4,500
Déchets nuisibles	101,700
Chemins de fer	101,500
Stabilité des talus	129,500
Talus	9,000
Stabilisation des sols	5,500
Dynamique des sols	75,400
Fondations	316,200
Propriétés	606,700
Véhicules spéciaux	147,000
Percement de tunnels	52,100
TOTAL	\$5,262,200

TABLEAU 6.9  
DOMAINES DE RECHERCHE DES ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS  
EN SCIENCES DES SOLS\*

Domaine de spécialisation	Nombre d'étudiants
Pédochimie (y compris la chimie physique et la chimie des pesticides)	20
Biochimie des sols	6
Physique des sols	4
Pédobiologie et microbiologie des sols	8
Genèse, classification et évaluation des sols, et utilisation des terres	16
Aménagement des sols	1
Hydrologie des sols	4
Minéralogie des sols	4
Agrométéorologie et biométéorologie	15
Fertilité des sols, y compris les études de l'azote et des engrais	22
Télédétection	2
Gestion des ressources	2
Sols forestiers	4
Sciences des sols non classés; dans 23 cas, renseignements pas fournis, dans 8 cas, renseignements appartenant à d'autres domaines	31
TOTAL	139

\* Sauf les universités McGill et Laval

TABLEAU 6.10  
DOMAINES DE SPÉCIALISATION DU CORPS PROFESSORAL,  
DÉPARTEMENT DE SCIENCES DES SOLS\*

Domaine de spécialisation	Membres du corps professoral
Pédochimie (y compris la chimie physique et la chimie des pesticides)	10
Biochimie des sols	3
Physique des sols	6
Pédobiologie et microbiologie des sols	2
Genèse, classification et évaluation des sols, et utilisation des terres	14
Aménagement des sols	3
Hydrologie des sols	2
Minéralogie des sols	2
Agrométéorologie et biométéorologie	5
Fertilité des sols, y compris les études de l'azote et des engrais	11
Télédétection	2
Gestion des ressources	5
Sols forestiers	2
Géologie	3

\* Sauf les universités McGill et Laval

## 7. RAPPORTS ET RÉPUTATION - AU CANADA ET À L'EXTÉRIEUR

*O wad some power the giftie gie us  
To see oursels as others see us!*

Robbie Burns, 1786

### GENÈSE

La plupart des racines de la géologie ont poussé dans le même sol: cette science est née parce que des particuliers essayaient par divers modes de vie de décrire et d'expliquer l'origine des roches, du relief, des fossiles et de nombreux phénomènes de caractère naturel. Les premiers qui pratiquèrent cette science furent des médecins, des prêtres, des maçons, des ingénieurs et des mineurs. Leurs écrits ont intéressé un nombre étonnant de lecteurs, et ont suscité beaucoup d'intérêt dans le public. Certains, comme l'ingénieur de canaux, William Smith, ont pu démontrer que cette nouvelle science de la Terre pouvait utilement s'appliquer à leurs professions ainsi qu'à d'autres. Les titulaires des premières chaires de géologie que les universités finirent par créer ont largement tiré parti de la richesse des données d'observation et des nombreuses règles empiriques des agriculteurs, des mineurs de charbon, et d'autres ouvriers des carrières et à diverses mines. À la longue, les principes et théories élaborés par des scientifiques universitaires et gouvernementaux ont été communiqués aux industries extractives pour servir de lignes directrices utiles dans la mise en valeur et l'exploitation. Il est frappant de constater que le grand géologue canadien, sir William Logan, s'est tout d'abord intéressé à la géologie lorsqu'il travaillait dans les gisements houillers gallois et, qu'une fois de retour dans son pays natal, il institua en 1842 notre Commission géologique nationale, son objectif étant d'évaluer les ressources houillères du Canada.

Certaines des premières études géophysiques sont nées d'un intérêt pour la localisation et l'explication des tremblements de terre au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle. Cet aspect de la géophysique suscite encore un vif intérêt dans le public. Bien que les études magnétiques aient commencé au Canada en 1840 (Garland, 1968) et qu'elles aient été utilisées pour la prospection près de Sudbury en 1893, les géophysiciens miniers n'ont pas obtenu la faveur du public avant la fin de la Seconde Guerre mondiale. Quelques pionniers talentueux se sont faits remarquer, mais la plupart des précurseurs de cette science étaient des gens aux capacités douteuses et ils manquaient plutôt de scrupules (Siegel, 1968). En général, la géophysique a été éclipsée, dans l'esprit du public, par l'aura de la physique de l'atome jusqu'à ce que soit acceptée la théorie de la tectonique des plaques vers la fin des années 60 et jusqu'à la crise de l'énergie avec son cortège de comptes rendus dans les journaux sur les techniques d'exploration sismique vers la fin des années 70. Dans ces deux cas, la géologie et la géophysique semblent s'être associées dans l'esprit du public, et c'est là une évolution fort heureuse que devraient s'efforcer de maintenir les tenants de ces deux disciplines secondaires.

L'intérêt culturel pour la géologie s'est manifesté dans de nombreux pays, en même temps que ses intérêts pratiques. Il s'est surtout concentré sur les collections de minéraux et de fossiles et il s'est en général manifesté dans les musées et dans les associations locales d'histoire naturelle. Ces activités n'ont probablement jamais été aussi

répandues au Canada qu'au Royaume-Uni et aux États-Unis où les "amateurs" doués appartenaient (et continuent d'appartenir) aux mêmes associations que les professionnels et font assez souvent d'importantes contributions à la science. Néanmoins, de nombreux géologues et géophysiciens actifs au Canada se sont tout d'abord intéressés à la géologie, car leurs parents étaient membres de groupes s'intéressant à l'histoire naturelle dirigés par des géologues universitaires tels que G. Vibert Douglas, de l'université Dalhousie, ou par des scientifiques du gouvernement tels que Alice Wilson ou F.J. Alcock d'Ottawa.

Les intérêts pragmatiques et culturels pour la géologie et la géophysique tendent à fluctuer selon la façon dont ils se rapportent aux besoins matériels de la société et dont ils empiètent sur les croyances ou dont ils séduisent d'une autre façon l'intérêt du public. Il y a un siècle, la géologie était au faite de la science au Canada (Blais et al., 1971), ce qui se comprend dans un jeune pays éperdument passionné par les possibilités de ses ressources, et ce qui est compréhensible aussi pendant les décennies d'effervescence intellectuelle qu'a suscitée la révolution darwinienne. Malgré son importance soutenue face à la mise en valeur des ressources, l'influence de la géologie a diminué au cours du présent siècle, car elle a, d'une part, été éclipsée par les succès obtenus dans d'autres sciences, et s'est, d'autre part, dissipée par suite de l'urbanisation croissante et de la baisse d'intérêt pour les merveilles de la nature.

Au cours de la dernière décennie, le public s'est à nouveau tourné vers la science qui nous occupe. La révolution de la tectonique des plaques a fait dire à sir Edward Bullard, géophysicien renommé (1969): "Nous sommes en train de redonner un nouveau visage à la géologie, processus comparable à celui qu'a connu la physique dans les années 1890 et à celui que subit actuellement la biologie moléculaire." Si l'on ajoute à cela la crise de l'énergie, les préoccupations environnementales et les pénuries croissantes de minéraux essentiels survenues au cours de la dernière décennie, il ne fait aucun doute que la géologie et la géophysique devraient être à l'avant-garde de notre intérêt national pour la science.

Dans les pages qui suivront, nous examinerons les efforts de collaboration des groupes universitaires de géologie et de géophysique avec leurs collègues du gouvernement et de l'industrie, afin de maintenir les sciences de la Terre à l'avant-garde en poursuivant d'importants objectifs nationaux et en aidant une grande partie du public à comprendre leurs méthodes et objectifs. Les chapitres précédents ont abordé en détail les fonctions principales des départements, de l'enseignement et de la recherche des universités, si bien que ces sujets ne sont maintenant abordés que par rapport au mécanisme permettant de les améliorer par l'apport de propositions de l'extérieur. En revanche, on mettra l'accent sur la participation des professions aux associations nationales et internationales, sur les rapports avec leurs collègues du gouvernement et de l'industrie, et sur les rapports avec le public grâce à l'enseignement secondaire, les conférences à titre de services, la rédaction-vulgarisation et

les médias. Enfin, nous conclurons par une évaluation de l'état de la géologie et de la géophysique dans les universités canadiennes qu'ont effectuée ceux qui y participent et certains qui la voient de l'extérieur.

## ASSOCIATIONS SCIENTIFIQUES

Plusieurs correspondants de l'étranger, commentant les sciences de la Terre au Canada, ont constaté leur coordination et intégration apparentes par rapport à celles de la plupart des autres pays. Ils ont particulièrement fait ressortir les projets de collaboration qui ont eu lieu dans des régions de notre pays, assez éloignées les unes des autres, le manque de rivalité et de friction sérieuses entre nos associations géoscientifiques nationales et la manière dont nos divers périodiques nationaux ont traité le domaine sans lacune ni chevauchement sérieux. En ce qui touche surtout la dernière décennie, il faut en féliciter nos 12 associations géoscientifiques nationales regroupées sous l'égide d'un seul organisme: le Conseil canadien des sciences de la Terre, instigateur du présent rapport.

### Croissance de la spécialisation

Les sociétés les plus vulnérables où les scientifiques de la Terre sont actifs sont la Société royale du Canada, fondée en 1882, et l'Institut canadien des mines et de la métallurgie (I.C.M.M.), fondé en 1898. Ces deux groupes sont multidisciplinaires, mais ont tous deux permis aux géologues et aux géophysiciens de tenir d'importantes réunions et de publier des ouvrages importants. Nombre de leurs premières fonctions sont maintenant assumées par d'autres groupes associés aux sciences de la Terre. La Société royale est actuellement surtout une association honorifique, qui fait participer à des recherches multidisciplinaires son petit groupe d'universitaires des sciences de la Terre. L'I.C.M.M. est un centre d'intérêt pour nos nombreux géologues et géophysiciens économistes, particulièrement ceux qui étudient l'exploration minière, la mécanique des roches et des domaines appliqués semblables.

L'apparition des associations géoscientifiques spécialisées remonte à plus de 50 ans, mais la plupart sont nées au cours des 30 dernières années. Certaines ont surtout exercé leur activité dans l'aire géographique propre à leur spécialité. Ce sont la *Canadian Society of Petroleum Geologists* (CSPG), la *Canadian Society of Exploration Geophysicists* (CSEG) et la *Canadian Society of Well Loggers* (CSWL) qui tiennent la plupart de leurs réunions à Calgary. Des universitaires de l'Ouest ont une influence sans commune mesure avec leur nombre dans ces associations. Néanmoins, leur apport est faible, même s'il semble important. De même, la *Canadian Exploration Geophysical Society* (CEGS), établie à Toronto, attire un petit, mais important, groupe d'universitaires s'intéressant à l'exploration des bas métaux.

L'Association des géologues du Canada (A.G.C.) et, dans une moindre mesure, l'Association minéralogique du Canada (A.M.C.) s'occupent d'une vaste gamme de sujets et tiennent leurs réunions annuelles conjointes dans divers centres d'un bout à l'autre du pays. L'A.G.C. a aussi des sections régionales et des divisions en fonction des domaines qui se réunissent plusieurs fois pendant l'année. La plupart des universitaires font partie de l'A.G.C. où ils constituent 20 % des membres, le reste étant formé à 50 % de représentants de l'industrie, à 20 % de scientifiques du gouvernement et à 10 % d'étudiants. La plupart des géophysiciens universitaires, sinon tous, sont membres de l'Union géophysique du Canada (U.G.C.), division conjointe de l'A.G.C. et de l'Association canadienne des physiciens. De nombreux universitaires font

aussi partie de l'A.M.C. du Canada où ils constituent de 15 à 20 % des membres. Les généralités concernant toutes les associations géo-scientifiques nationales sont exposées à la partie 2 du présent rapport annuel du Conseil canadien des sciences de la Terre.

### Importance des associations

On ne saurait exagérer l'importance de nombre de nos associations qui fournissent à plusieurs branches du milieu canadien des sciences de la Terre des occasions de contacts. Des représentants du gouvernement et de l'industrie minière qui ont été interrogés ont dit que les réunions des associations scientifiques et techniques constituaient, pour elles, les principales occasions d'échanger leurs connaissances avec des collègues des universités. Ils ont le plus souvent cité l'A.G.C., puis l'I.C.M.M. et l'A.M.C. Ces réunions revêtent moins d'importance aux yeux des scientifiques de l'industrie pétrolière qui semblent compter sur les quelques scientifiques qui participent à des tournées annuelles de recrutement pour établir des contacts avec des universitaires à l'extérieur de l'Alberta.

La participation aux séances techniques, aux symposiums et aux panels lors des réunions de section locales et lors des grandes assemblées annuelles est le principal moyen d'échange d'informations, lequel aboutit à une intense collaboration inter-organismes en matière de recherche. La participation aux organismes et comités de direction permet de comprendre et de tolérer ceux qui s'adonnent à d'autres activités.

### Contribution des universitaires aux associations

Toutes les associations canadiennes des sciences de la Terre appliquent le principe du bénévolat en recourant, à divers degrés, à un personnel à plein temps ou à temps partiel pour les besoins de secrétariat, à l'exception de l'I.C.M.M., vaste organisme multidisciplinaire qui est doté d'un secrétariat permanent. Bien que la plupart des associations accordent une attention méticuleuse à l'élection d'un cadre qui soit représentatif des membres en termes d'emploi et d'aire géographique, il ne fait pas de doute que la proportion des universitaires adhérents est habituellement démesurée par rapport à leur nombre. Dans les associations spécialisées, où il sont peu nombreux, ils jouent couramment des rôles clés dans les séances techniques et, en leur qualité d'auteurs. Dans les associations groupant plus d'adhérents, où le pourcentage des universitaires est plus élevé, ces derniers assument de nombreux rôles. Par exemple, l'administration centrale de l'A.G.C., et les services de secrétaire-trésorier sont assurés gratuitement par l'université Waterloo depuis 15 ans. Cette université a aussi donné au Conseil canadien des sciences de la Terre son administration centrale et son secrétariat depuis ses débuts, il y a huit ans. Les sections et divisions locales d'associations nationales demandent couramment aux organismes provinciaux des sciences de la Terre et aux départements des universités de leur fournir services et locaux. De nombreuses réunions annuelles locales et nationales ont lieu sur les campus universitaires. La préparation et l'administration des périodiques des associations et d'autres publications nationales relatives aux sciences de la Terre ont été effectuées ces dernières années au moyen de locaux et d'installations prêtés par les universités McMaster, Queen's, Memorial, ainsi que les universités de Calgary, de l'Alberta et de la Colombie-Britannique.

L'enthousiasme avec lequel les universitaires dirigent des programmes techniques se comprend facilement: ils désirent

ainsi transmettre les résultats de leurs propres recherches et de celles de leurs étudiants à un vaste secteur de la collectivité. Dans le cas des travaux en comité et des services bénévoles de secrétariat, ils ont habituellement la chance d'avoir l'appui de leurs administrateurs hiérarchiques qui estiment que le soutien des associations fait partie de leur mandat universitaire. En raison de cette attitude, la participation du corps professoral aux affaires des associations bénéficie généralement d'une considération plus appréciable que celle de leurs collègues de l'industrie et du gouvernement. Néanmoins, le reste de la collectivité doit leur rendre hommage pour les efforts supplémentaires que nombre d'entre eux ont déployés, particulièrement dans les deux dernières décennies, pour faire en sorte que nos associations fonctionnent efficacement et effectivement.

#### Points forts et points faibles de nos milieux scientifiques

De la douzaine d'associations canadiennes des sciences de la Terre, la plupart sont nées pour répondre aux besoins spéciaux de scientifiques qui cherchaient à établir des échanges professionnels et amicaux avec d'autres personnes partageant les mêmes intérêts. Ces associations sont aussi nées en partie afin de répondre aux élans nationalistes: en effet de nombreux géologues et géophysiciens canadiens appartenaient (et continuent d'appartenir) à des associations américaines et britanniques, ce qui motive la formation au Canada d'organisations semblables en vue de répondre aux besoins locaux. Malheureusement, plusieurs de ces associations spécialisées, telles que l'I.C.M.M. et la CSPG se sont développées bien avant qu'une tentative soit lancée en vue de former une association générale telle que l'A.G.C. évolution contraire à ce qui se passe dans la plupart des autres pays. Malgré la formation de solides allégeances, l'A.G.C. n'a jamais réussi à obtenir l'adhésion de plus de 20 % des géologues et géophysiciens canadiens. Il en résulte un isolement qui est des plus frappants dans les quelques échanges entre les professeurs d'université du Centre et de l'Est et les géologues et géophysiciens pétroliers, dont la plupart sont établis dans l'Ouest. Bien que quelques professeurs aient réussi à surmonter l'obstacle de la distance et bien que la CSPG en particulier ait déployé des efforts louables afin de tenir des réunions spéciales dans l'Est, cette isolation persiste. Pour renverser la tendance et éliminer l'esprit de clocher qui existe d'une région à l'autre et d'une discipline à l'autre sans perturber les allégeances actuelles, il faut organiser des réunions conjointes des sections de l'A.G.C. (dont font partie la plupart des professeurs) et des associations spécialisées telles que la CSPG, et la CSEG et l'I.C.M.M. sur des sujets d'intérêt commun. Les professeurs universitaires sont en meilleure posture pour amorcer de telles réunions, et ce sont probablement eux qui en tireront le plus de profits.

Nous proposons que les associations spécialisées, telles que les associations pétrolières établies à Calgary, continuent de déployer leurs efforts remarquables afin d'atteindre d'autres régions du pays et qu'à cette fin, elles collaborent encore plus étroitement avec les associations locales et avec les sections et divisions locales de l'A.G.C. et de l'I.C.M.M. et tiennent des réunions conjointes avec elles sur des sujets d'intérêt commun.

Ces associations qui représentent très bien un seul élément du monde scientifique peuvent présenter des comptes rendus de politique ou servir de groupes de pression au nom de leurs membres. Les trois associations pétrolières et l'I.C.M.M. y sont parvenus avec succès lorsque les occasions l'exigeaient. Aucune association n'est composée essentiellement de géologues et de géophysiciens universitaires, ni n'est en mesure d'énoncer le point de vue

des universitaires, si tant est qu'il existe! Le Conseil canadien des sciences de la Terre, qui représente toutes les associations et, donc, de nombreuses opinions divergentes, a rendu hommage à la cohésion des sciences de la Terre au Canada en faisant de vives et efficaces représentations quant au besoin d'un appui accru du gouvernement en matière de recherche universitaire. Il a aussi publié des déclarations sans ambages et bien diffusées sur la difficulté d'estimer exactement les réserves et ressources de pétrole et de gaz au moment où le public s'étonne de l'existence de rapports contradictoires. En général, le Conseil et ses associations membres font face à des problèmes controversés en organisant des débats ouverts ou des panels où sont présentées des opinions divergentes suivies de discussions ouvertes. L'une des plus réussies a été la discussion ouverte organisée en 1978 par le Conseil à propos de l'élimination des déchets radioactifs de haute intensité.

Les effectifs des associations agissent habituellement avec lenteur ou sont incapables de la moindre action sur de nombreux sujets délicats tels que la mise en valeur des ressources dans les parcs nationaux, les politiques d'importation et d'exportation de minéraux et de combustibles et les préoccupations environnementales. Cela est dû à la forte divergence des points de vue de membres particuliers et à l'impossibilité d'obtenir l'unanimité. Il importe que les chercheurs puissent se prononcer en connaissance de cause sur ces sujets, en présentant des arguments objectifs. S'il existe des partisans en faveur de l'une et l'autre des solutions du problème, ce dont il faut se réjouir, le public et ses représentants élus auront alors de fortes chances de prendre de sages décisions. Les scientifiques du gouvernement ne sont pas autorisés à s'affronter publiquement avec leurs dirigeants politiques sur ces sujets, et les chercheurs des sociétés sont rarement en mesure de confronter leurs opinions avec celles de leurs sociétés; il incombe donc aux professeurs d'université de parler et d'écrire en fonction du bon sens (comme ils l'entendent). Quelques géologues et géophysiciens universitaires ont profité de la liberté que leur confère leur statut pour agir de cette façon et faire connaître au public leurs opinions sur des questions controversées. Il existe des exceptions notables, que nous mentionnons dans la suite du présent chapitre, mais la plupart des universitaires préfèrent se consacrer dans l'anonymat aux activités de groupe des associations, en échangeant des renseignements et en déployant des efforts dans des domaines non controversés, tels que l'amélioration de l'instruction dans les écoles secondaires. La croissance de nos associations pour ce qui est de leur nombre, de leurs activités et de leur statut scientifique au cours des deux dernières décennies est surtout attribuable au dévouement et à l'enthousiasme des milieux universitaires.

#### MILIEUX INTERNATIONAUX

Un érudit européen, très connu dans les milieux scientifiques internationaux, nous a écrit dans les termes suivants: "...Les géologues canadiens ont toujours joué un rôle prédominant dans les milieux scientifiques internationaux. Lorsqu'on propose des candidats pour d'importants comités la liste est habituellement dominée par des candidats canadiens... cela reflète le niveau élevé de responsabilité, à l'échelle internationale, de vos géologues." Il y a deux décennies, ce commentaire n'aurait pas été valable pour la géologie, mais il aurait pu s'appliquer à la géophysique.

Le professeur J. Tuzo Wilson a été très actif comme président de l'Union géodésique et géophysique internationale (U.G.G.I.) en 1957, Année géophysique internationale. Par la

suite, un géophysicien de Toronto a fait office de secrétaire général de l'U.G.G.I. et un autre géophysicien, de la Colombie-Britannique, a coordonné la principale activité de l'organisme dans la dernière décennie, le Projet international de géodynamique. De nombreux autres universitaires canadiens ont participé à l'organisation et à la planification de projets internationaux de géophysique. Leur participation a été amorcée et en partie appuyée par le Conseil national de recherches du Canada (C.N.R.C.) qui a agi en qualité d'organisme canadien adhérent pour les organisations internationales se consacrant à la géophysique.

Les géologues universitaires ont beaucoup moins participé à l'activité scientifique internationale. Bien que quelques-uns aient joué des rôles de premier plan dans la *Geological Society of America*, la plupart des activités internationales, éparées et officielles, ont été organisées par des scientifiques de la C.G.C. Cette tendance a changé vers le milieu des années 60 lorsque le rôle de premier plan dont avait bénéficié le Canada en ce qui concerne l'activité géologique internationale à l'époque de sir William Logan et de ses collègues au cours du siècle dernier est réapparu lorsque J.M. Harrison dirigeait la C.G.C. M. Harrison a été président accrédité de l'*International Union of Geological Sciences* et, par la suite, est devenu le deuxième président canadien de l'*International Council of Scientific Unions*. M. Harrison et ses successeurs à la direction de la C.G.C. ont encouragé les géologues des universités et de l'industrie à participer davantage aux activités internationales. Cette période a atteint son point culminant en 1975 lorsque la C.G.C. a officiellement cédé son rôle de coordonnateur national au Conseil canadien des sciences de la Terre qui fut alors chargé de mettre sur pied le Comité national de la géologie. Ce comité est actuellement dirigé par un professeur de l'université Queen's qui agit également en qualité de secrétaire du Conseil pour les affaires étrangères.

La participation des universitaires à des projets internationaux s'est accrue sensiblement dans la dernière décennie. Le projet de géodynamique, qui prend actuellement fin, a fait travailler des géologues et des géophysiciens canadiens en plus étroite collaboration que ne l'avait fait n'importe quel autre projet conjoint de recherches, et il a renforcé les contacts qu'ils avaient établis avec leurs collègues de l'étranger. L'*International Geological Correlation Program*, actuellement en cours, se subdivise en de nombreux projets distincts qui sont dirigés par des universitaires canadiens. Ce programme a, lui aussi, contribué à dissiper l'esprit de clocher qui caractérisait la recherche dans les universités, et il a accéléré les efforts déployés conjointement avec d'autres universités et organismes au Canada et à l'étranger.

Plusieurs grands périodiques relatifs aux sciences de la Terre publiés à l'étranger ont réclamé les services de scientifiques canadiens à titre de rédacteurs en chef. Citons par exemple *Geochemica Cosmochimica Acta* qui est édité à l'université McMaster, *Chemical Geology* à l'université Western, *Journal of Petrology* à l'université de Toronto et *Water Resources* à l'université de la Colombie-Britannique. De plus, rares sont les périodiques internationaux bien connus et relatifs aux sciences de la Terre dont les comités de rédaction ne comprennent pas au moins un universitaire canadien.

Plusieurs associations internationales prestigieuses, par exemple, l'*Association of Exploration Geochemists*, sont nées surtout grâce aux efforts des scientifiques canadiens. L'une d'elles mérite une attention particulière, étant donné le caractère exceptionnel de ses membres et de ses objectifs. Il s'agit de l'*Association of Geoscientists for International Development*, qui comprend des membres de 81 pays et se

consacre à la mise en valeur rationnelle et sincère des ressources dans les pays du Tiers-Monde, objectif qui passe souvent par la critique acerbe des gouvernements qui favorisent cette mise en valeur. Le développement de cet organisme à croissance rapide a été amorcé lors d'un symposium du Congrès géologique international tenu à Montréal en 1972. Une réunion parrainée par le Conseil canadien des sciences de la Terre en 1974 en a permis le lancement et deux scientifiques, l'un de l'université Memorial et l'autre, de l'université de Montréal, ont été les instigateurs, parmi plusieurs Canadiens au pays et à l'étranger, qui ont aidé cet organisme à faire ses premiers pas pendant les cinq années qui ont suivi sa création. Son administration centrale est maintenant établie au Venezuela et, bien que nombreux soient ceux qui méritent d'être remerciés pour son succès, il faudra toujours rendre hommage aux préoccupations internationales des universitaires canadiens pour la période difficile de sa création et pour la vigueur de ses balbutiements.

## INTERACTIONS DU GOUVERNEMENT ET DES UNIVERSITÉS

Les principales interactions des organismes gouvernementaux et des départements de géologie et de géophysique des universités sont axées sur la recherche et sur la formation des étudiants du 1<sup>er</sup> cycle et de ceux des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles comme il est mentionné dans les chapitres précédents. En général, par rapport à d'autres pays, la communication et la collaboration sont assez intenses, et certains de nos correspondants de l'étranger nous envient à ce sujet.

Tout à fait naturellement, dans de nombreux cas, plus la distance est faible entre l'organisme gouvernemental et le département d'université, plus grandes sont l'interaction et la collaboration. L'université de Regina participe à plus d'activités conjointes avec le ministère des Mines de la Saskatchewan que ne le fait l'université de la Saskatchewan à Saskatoon, située à quelque 100 kilomètres de là. Toronto semble avoir établi des liens plus étroits avec le ministère des Mines de l'Ontario que ne l'ont fait les universités plus éloignées, situées dans les limites de la province. Les employés de la C.G.C. et de la Direction de la physique du globe qui travaillent à Ottawa ont établi des liens plus étroits avec l'université Carleton et l'université d'Ottawa qu'avec des universités plus éloignées. Dans certains cas, les départements d'universités ont réduit l'importance qu'ils accordaient à certaines de leurs recherches pour en faire coïncider d'autres avec celles d'organismes gouvernementaux voisins; citons, par exemple, les rapports de l'université Dalhousie avec le Centre géoscientifique de l'Atlantique de la C.G.C.

Il existe aussi de nombreux exemples valables prouvant que des liens étroits ont été établis malgré la distance. Par exemple, la division de la C.G.C. établie à Calgary a organisé des projets conjoints sur la cartographie de la Cordillère avec les universités Queen's et McGill, et elle fait fréquemment appel aux géologues d'universités du Québec et de l'Ontario pour effectuer des études paléontologiques spécialisées. Plusieurs des organismes provinciaux déclarent aussi qu'ils font régulièrement appel à des universitaires établis en dehors de leurs provinces respectives pour mener des recherches spécialisées; par exemple, Terre-Neuve et le Manitoba entreprennent avec l'université Carleton des projets conjoints sur des études géochronologiques. Ces échanges aident à élargir les domaines d'intérêt et à dissiper l'esprit de clocher que nos comités en tournée ont détecté en quelques endroits où un organisme local du gouvernement et un département d'une université établie au même endroit travaillaient en étroite collaboration, dans l'ignorance de toutes les autres influences de l'extérieur, ou presque.

Même dans des endroits où les rapports étaient bons, nos comités ont rencontré un nombre étonnamment important de scientifiques des universités et du gouvernement qui adoptaient des attitudes négatives (habituellement par absence d'information) envers les objectifs et les travaux de leurs collègues. Ces attitudes étaient plus fréquentes parmi les scientifiques plus âgés. Dans quelques endroits, malgré la proximité géographique et la similitude des domaines de recherches, nous avons rencontré des groupes dont les rapports mutuels étaient pratiquement improductifs. Dans ces cas, nous avons présumé que ces chercheurs âgés dont les attitudes négatives étaient bien ancrées s'étaient imposés comme dirigeants dans l'un de ces camps ou même dans les deux.

Mis à part les réunions d'associations savantes et les contacts personnels au niveau du travail, moyens que presque toutes les personnes interrogées au gouvernement considéraient comme primordiaux pour communiquer et échanger des renseignements, de nombreux organismes gouvernementaux disposent d'autres liens que nous allons décrire brièvement.

### La Commission géologique

La C.G.C., qui est le plus gros organisme canadien se consacrant aux sciences de la Terre, doit servir de modèle aux nombreux organismes fédéraux qui établissent des rapports avec les géologues et les géophysiciens des universités. Certaines de ses huit divisions s'intéressent de près aux travaux universitaires, tandis que d'autres ne s'en préoccupent pratiquement pas.

Dans les quelques dernières années, la C.G.C. a invité un comité formé de membres nommés à tour de rôle par le Conseil canadien des sciences de la Terre à examiner ses activités et à en présenter un rapport aux administrateurs supérieurs du gouvernement. Des évaluations générales ont été publiées dans l'intérêt public. De grands géologues et géophysiciens universitaires se sont distingués à titre de membres de ce comité.

Les scientifiques de la C.G.C. ont fait partie, dans le passé, des conseils d'administration des universités, et l'un d'eux siège actuellement au conseil d'une université. L'an dernier, ou il y a deux ans, ils ont participé à des groupes consultatifs spéciaux auprès de nombreuses universités, dont Memorial, celles du Nouveau-Brunswick, de Toronto, de l'Alberta, de la Saskatchewan, ainsi que le College of Cape Breton, et quelques écoles américaines. Les départements de géologie dont les comités permanents se réunissent régulièrement (par exemple à Queen's, à Toronto et à Memorial) ont toujours compté parmi leurs membres un chercheur de la C.G.C.

Seule une division de la C.G.C. reconnaît qu'elle est officiellement consultée en ce qui concerne les nominations dans plusieurs universités. Cependant, les opinions des scientifiques de la C.G.C. sont souvent sollicitées, à titre individuel, pour le choix de candidats éventuels. Bien que les chercheurs scientifiques des universités ne soient pas invités à siéger aux comités d'embauche, deux divisions reconnaissent qu'elles font régulièrement appel aux opinions d'universités en ce qui concerne le recrutement.

Les géologues de la C.G.C. sont fréquemment invités à donner au moins une conférence par an dans leur spécialité, surtout à Halifax, à Ottawa, à Calgary et à Vancouver, mais aussi dans de nombreux autres endroits. Seuls quelques départements de géologie n'ont pas eu de visiteurs de la C.G.C. au cours des quelques dernières années. De même,

plusieurs chercheurs scientifiques de la C.G.C. font régulièrement office de conférenciers pour la durée d'un semestre, ou remplacent pendant un trimestre des professeurs absents pour congé sabbatique. D'autres ont été nommés à titre de professeurs adjoints aux universités de la Colombie-Britannique, de Calgary, d'Ottawa, Carleton et Dalhousie, c'est-à-dire là où se trouvent des divisions de la C.G.C. Quelques professeurs d'universités ont fait des visites prolongées dans les laboratoires de la C.G.C. à l'occasion de leurs congés sabbatiques. Plusieurs employés de la C.G.C. ont déjà enseigné dans au moins une université et de nombreux professeurs sont d'anciens employés. Certains sont déjà passés à deux ou plusieurs reprises de la C.G.C. à l'université et vice-versa.

Il est évident que les liens sont très forts. Malgré tout, d'après les réponses des divisions de la C.G.C. à notre questionnaire et d'après les conversations tenues avec des membres du personnel des universités, nos comités estiment que la moitié des divisions tireraient parti de contacts accrus et de liens plus étroits. Il faudrait pour cela que les chefs de départements d'universités et les gestionnaires de la C.G.C. multiplient les initiatives.

### Commissions géologiques provinciales

Les neuf organismes avec lesquels nous avons des contacts ont tous présenté des réflexions sérieuses sur les rapports avec les universités locales et ils ont manifesté la volonté sincère de les améliorer dans la plupart des cas. Les auteurs du présent rapport ont utilisé l'échelle d'évaluation suivante: un ou deux: très bon; quatre ou cinq: bon; deux: satisfaisant, et un: médiocre.

À part les réunions des associations, il existe de nombreuses possibilités d'échanger des idées avec le personnel des universités dans les capitales provinciales. Trois personnes interrogées au niveau provincial déclarent que les professeurs et étudiants assistent à leurs colloques et qu'eux-mêmes assistent à des conférences spéciales données à l'université de l'endroit. Des chercheurs de deux des organismes en question ont été nommés à titre de professeurs adjoints. D'autres ont été priés de donner des conférences pendant des semestres ou des séries spéciales de conférences à l'occasion de cours réguliers.

La plupart des organismes provinciaux demandent aux géologues et géophysiciens universitaires de faire office d'arbitres ou de lecteurs de leurs rapports scientifiques. L'un d'eux se préoccupe de cette pratique, en raison de la "nature confidentielle" de certains rapports, et un autre craint que si cette méthode était autorisée dans la commission dont il relève "le caractère des rapports serait trop universitaire".

Au moins deux organismes provinciaux (en Nouvelle-Écosse et en Ontario) ont invité des universitaires à siéger à des panels lors de l'embauche de chercheurs, et plusieurs autres déclarent qu'ils consultent fréquemment les chercheurs scientifiques universitaires avant de procéder à des nominations. Au moins deux organismes provinciaux ont officiellement participé au choix de candidats pour des nominations spéciales dans des universités.

Huit personnes interrogées reconnaissent que les universitaires ont contribué à la planification et à l'évaluation de leurs programmes. Cette contribution s'étend de la consultation semi-officielle à la méthode du "bon accueil aux bonnes idées". L'un d'eux a déclaré que le rôle de l'université ne consistait pas à apporter une telle contribution. Malgré ces protestations, les visites et discussions de nos comités avec de nombreux universitaires et

avec un bon échantillon des géologues provinciaux nous ont amené à conclure qu'il est encore nécessaire de communiquer et d'échanger des idées en toute franchise. En fait, un correspondant provincial a déclaré: "Les échanges de renseignements sont sporadiques et se limitent fréquemment à des présentations officielles ou à des colloques. Il n'existe actuellement aucune évaluation généralisée des programmes des uns ou des autres. Les projets effectués en collaboration tendent à la spécialisation et sont souvent parrainés par des particuliers au lieu d'être l'aboutissement de réunions conjointes. Cette situation...ne peut s'améliorer que par une liaison accrue entre le personnel de deux organismes".

#### Quelques aspects des rapports avec les organismes gouvernementaux

Chaque fois que des faiblesses sont détectées dans ces rapports, il y avait, semble-t-il, des raisons de soupçonner des points faibles dans le personnel en cause d'un côté ou des deux côtés. Il ne s'agit pas nécessairement d'attitudes négatives, mais simplement d'un laxisme de la part des dirigeants.

La jalousie et la suspicion existent à l'état latent dans tous les milieux innovateurs, et même dans les milieux scientifiques. Les craintes injustifiées d'empiètements dans un domaine donné ou celles de se voir devancer avant la mise sous presse doivent être constamment apaisées par les dirigeants qui croient aux vertus de la collaboration et de la critique constructive. Quelques personnes aux idées bien arrêtées peuvent, à elles seules, modifier les rapports autour d'elles en quelques années. Récemment, les exemples réconfortants de Toronto et de Vancouver sont bien connus du milieu des géologues et géophysiciens. Il existe malheureusement quelques exemples décevants. Les universités et les gouvernements devraient choisir comme gestionnaires des personnes qui ont les dispositions, les capacités et la tenacité nécessaires pour construire et maintenir des ponts avec les groupes externes connexes. Les avantages pour la recherche, pour l'enseignement et pour les services communautaires ainsi que pour les portefeuilles des contribuables sont évidents toutes les fois que de bons rapports ont été établis.

Nous proposons que les organismes gouvernementaux et les départements d'universités examinent toute la gamme des méthodes utiles existant actuellement et adoptent certaines des méthodes ou toutes celles qui pourraient convenir aux circonstances. Il s'agit notamment: de nommer des scientifiques du gouvernement à titre de professeurs adjoints et de conférenciers pour la durée de semestres et de recourir à leurs services pour des conférences; d'assister à des conférences et à des séminaires dans les établissements des uns et des autres; de faire participer des professeurs au soutien partiel des recherches entreprises par les étudiants; d'inviter des représentants de l'autre groupe aux réunions d'orientation et de planification pour chaque organisme et département; de discuter des nominations de nouveaux membres du personnel et d'envisager de nouvelles installations.

Le provincialisme, dans son acception la plus étroite, nuit habituellement à la science et, en particulier, aux travaux scientifiques entrepris dans les universités. Il était autrefois courant dans les milieux géoscientifiques de la région de l'Atlantique, mais il a complètement disparu: c'est à peine s'il existe un professeur d'université ou un géologue ou géophysicien relevant d'un organisme provincial qui n'ait pas visité tous les campus universitaires de sa région. Cette attitude existe cependant dans l'Ouest et dans certaines parties du Québec et de l'Ontario. Les cercles très unis de

géologues et de géophysiciens dans le gouvernement ou l'industrie et dans les universités fonctionnent si bien ensemble par l'entremise de leurs associations locales que certains d'entre eux oublient que la science ne s'arrête pas aux limites de leur ville. Un remède possible consisterait pour les associations locales, telles que la *Saskatchewan Geological Society*, l'*Edmonton Geological Society* et la section de l'A.G.C. à Winnipeg, de tenir une réunion conjointe une fois par an sur un campus et quelque part dans la région des Prairies. L'objectif de cette réunion serait d'illustrer les travaux en cours à l'université et dans l'organisme provincial voisin.

À cet effet, nous proposons que les associations locales et les sections locales des associations nationales, telles que celles de Winnipeg, de Regina et d'Edmonton, tiennent chaque année, de préférence sur un campus universitaire, une réunion, dont le principal objectif serait d'effectuer une tournée des installations et d'expliquer les activités du département de géologie et de géophysique de l'université ainsi que les activités de l'organisme provincial responsable des sciences de la Terre.

Certaines universités de l'Ontario et du Québec pourraient profiter des réunions semblables, mais il faudrait limiter le nombre des participants afin d'empêcher la présence d'un trop grand nombre de scientifiques qui empêche les participants de faire connaissance entre eux.

#### LES LIENS AVEC L'INDUSTRIE

Faute de domaines de recherche communs, les liens avec les scientifiques travaillant dans des sociétés ne sont pas ordinairement aussi solides que ceux qu'établissent les universitaires avec leurs collègues du gouvernement. Néanmoins, ce sont des liens réels, et de nombreux commentateurs de l'étranger estiment que la grande force des sciences de la Terre au Canada réside dans les liens avec l'industrie et dans l'attitude généralement pragmatique de nos départements d'université. Notre image de marque ne manque donc pas d'éclat, à l'étranger. Si l'on considère que la plupart des géologues et géophysiciens économistes au Canada sont diplômés d'universités canadiennes et si l'on tient compte du fait que de nombreux professeurs canadiens ont une certaine expérience de l'industrie (tableau 2.2), tous ont manifesté une ignorance et une méfiance assez surprenantes vis-à-vis de leurs collègues dans leurs réponses à nos questionnaires.

Les principaux contacts et échanges proviennent des réunions des associations, des tournées de recrutement et des contacts personnels au niveau du travail. Les vieilles amitiés nouées dans les écoles jouent souvent un rôle prédominant dans les rapports, tout comme l'industrie minière en particulier se vante de loyautés et de traditions solides.

#### Sociétés de recherche de minéraux

On ne saurait exagérer l'importance des personnes dans l'établissement de bons rapports. Grâce à une combinaison de discussions bien présentées, axées sur l'industrie et portant sur les aspects pertinents de la recherche dans leur département, grâce aux rôles actifs qu'ils jouent dans les associations à tendance économique tant aux niveaux local que national, et en s'efforçant bien à propos d'établir des contacts avec des géologues des sociétés dans leurs bureaux et leurs centres névralgiques sur le terrain, les professeurs d'université peuvent surmonter les obstacles et susciter bonne volonté et collaboration. Les réponses aux questionnaires que nous avons envoyés aux sociétés de recherche de minéraux

ont prouvé qu'une poignée de professeurs, de Saint-Jean (N.-B.) à Vancouver, avaient agi ainsi, mais les actions les plus efficaces sont le fait de professeurs de l'université Western Ontario.

Les personnes qui cherchent activement à combler les lacunes avec l'industrie nécessitent l'appui et l'encouragement de leurs collègues. Trop souvent, les essais visant à organiser des visites, des journées d'accueil et des ateliers échouent en raison du manque de participation des membres des départements qui estiment que ces activités ne servent qu'à se mettre personnellement en valeur et sont tout à fait étrangères à leurs recherches de haut niveau. La plupart des départements auraient intérêt à nommer un de leurs membres en qualité d'agent de liaison officiel avec l'industrie.

Nous proposons que les départements d'universités désignent une personne chargée de la communication avec chacune des industries (minéraux, secteur pétrolier, génie, etc.) avec lesquelles des liens seraient avantageux en ce qui concerne l'emploi, la recherche et d'autres questions. Les personnes choisies devraient être les membres du corps professoral dont les domaines d'intérêt se rapprochent le plus de l'industrie en cause. Cette mesure ferait suite à des exemples qu'ont donnés avec succès plusieurs universités, de fondation ancienne ou récente.

Plusieurs départements établis de longue date comme ceux de McGill, de Toronto, de Queen's et de l'université de la Colombie-Britannique ont fourni un grand nombre d'étudiants à la recherche minérale au cours de nombreuses années et ont établi des réseaux d'anciens élèves jouissant d'une certaine influence dans une industrie respectueuse des traditions. Dans certains cas, cette pratique a donné d'assez bons résultats, sous forme de dons d'équipement, de locaux et de postes de professeurs payés ainsi que des possibilités d'emplois et des bourses de recherche. Cependant, ces loyautés doivent être constamment entretenues, car nos questionnaires ont démontré que certains des départements qui ont pris de l'ampleur dans les 15 dernières années se sont bien aliéné la sympathie des sociétés minières, en particulier les départements de Western Ontario, de Memorial, de Waterloo, de Carleton et de l'École Polytechnique.

Les chercheurs du secteur minéral sont rarement invités à donner des conférences dans les universités, et ils en gardent une certaine rancœur. Même les tournées de conférences parrainées par l'I.C.M.M. sont, plus souvent que nous ne le croyons, le fait d'universitaires. Les étudiants le regrettent et insistent sur la nécessité d'avoir des contacts avec "des géologues praticiens qui leur exposent les faits tels qu'ils se passent dans le monde réel". Les universitaires répliquent qu'ils connaissent à peine plus d'une petite poignée de chercheurs-explorateurs qui sont de bons conférenciers, mais sont trop sollicités, et qu'il est de plus en plus difficile de convaincre ces personnes de donner des conférences à l'occasion. Il serait peut-être préférable d'inciter les scientifiques de l'industrie à donner de simples présentations sur des études de cas à de petits groupes d'étudiants des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles dans le cadre non officiel des laboratoires ou des séminaires.

Nous proposons que les départements d'universités essaient de convaincre un plus grand nombre de géologues et géophysiciens du secteur de la recherche de minéraux et du secteur pétrolier de donner des conférences, particulièrement sous forme de présentations non officielles d'études de cas.

Étant donné que les chercheurs de minéraux sont disposés à siéger à des comités de subventions, que des doyens rendent volontiers visite aux comités et que d'autres mesures semblables sont prises, les professeurs d'universités

devraient être assurés qu'il existe dans ce secteur de nombreuses personnes prêtes et disposées à accorder leur aide dans la mesure où les besoins sont cernés et où l'approche est bonne.

## Sociétés pétrolières

Au contraire des chercheurs de minéraux, qui sont établis près des centres universitaires dans de nombreuses régions du pays, presque tous les géologues et géophysiciens du secteur pétrolier sont établis à Calgary. Les trois grandes associations à affinités pétrolières (CSPG, CSEG, CSWL) effectuent la quasi-totalité de leurs activités à Calgary, base d'environ 4 000 géologues et géophysiciens. L'interaction avec les scientifiques des universités est surtout efficace en Alberta, bien qu'un bon nombre de professeurs d'autres endroits du Canada, et des États-Unis, participent à des réunions annuelles. C'est de là que vient le regrettable manque d'information quant aux activités des universités, particulièrement parmi les petites entreprises. Une personne interrogée a déploré "l'absence totale d'études sur les carbonates dans les universités de l'Est du Canada", sans se douter apparemment que certains de nos principaux experts dans ce domaine sont rattachés à ces mêmes universités et que certaines de leurs études les mieux connues ont été menées dans l'Ouest canadien.

Les grandes sociétés et plusieurs sociétés de taille intermédiaire effectuent tous les ans des tournées de recrutement auxquelles elles attachent une grande importance. C'est la principale méthode qui leur permet de découvrir ce qui émane des universités, et les rapports des particuliers ou des équipes qui effectuent ces visites bénéficient souvent d'une large diffusion et sont étudiés avec les collègues au sein de chaque société. Malheureusement, il n'est pas donné à tous les départements en sciences de la Terre dans les universités, particulièrement ceux qui viennent de se créer, de comprendre l'importance de ces visites ainsi que la nécessité d'organiser une visite complète des installations et de signaler l'importance des diverses activités qui y sont menées. L'une des faiblesses de cette méthode qui consiste pour l'entreprise privée à établir des liens avec les universités est leur tradition: certaines écoles reçoivent des visiteurs envoyés par de nombreuses sociétés, tandis que d'autres sont laissées pour compte. Par exemple, le Manitoba et la Saskatchewan ont fourni tant de géologues et (plus récemment) de géophysiciens au milieu que l'on entend fréquemment parler de la "Mafia du Manitoba" et que le club des étudiants du campus de la Saskatchewan dispose maintenant, en plein centre de Calgary, d'une section très active destinée aux anciens élèves. De même, bon nombre des géologues et géophysiciens en chef de l'industrie sont diplômés des écoles établies depuis 20 et 30 ans: c'est pourquoi les universités McGill, Queen's, McMaster et celles de la Colombie-Britannique, de l'Alberta et de Toronto figurent sur la liste de nombreuses tournées de recrutement. Les nouveaux arrivants ont eu du mal à s'introduire dans ces milieux fascinants. Après un lent démarrage dans les années 60, Calgary a bien percé, et c'est à son emplacement qu'elle doit maintenant les liens étroits qu'elle a établis avec l'industrie. Les universités Carleton, Western, Waterloo et Regina, les universités francophones, les petites universités des provinces Maritimes demeurent inconnues de la plupart des géologues pétroliers de Calgary.

En général, les vieilles universités qui ont maintenu de bons rapports avec l'industrie comptent fortement sur un ou deux membres de leur personnel. Ainsi, des professeurs de McGill et de Queen's se rendent fréquemment aux bureaux du centre de Calgary, organisent des excursions sur les terrains et invitent des personnes clés du secteur pétrolier à des

ateliers dans le Centre du Canada. Les récentes écoles qui établissent des têtes de pont les doivent aux membres dynamiques de leurs corps professoraux, qui ont généralement travaillé dans l'industrie et frappent aux portes des sociétés pétrolières avec persévérance pour se faire connaître.

En revanche, de nombreux géologues et géophysiciens pétroliers s'intéressent activement aux programmes universitaires. Un nombre croissant (sinon un pourcentage croissant) d'entre eux adhèrent à des associations nationales telles que la GAC et l'U.G.C. où ne manquent pas les contacts avec des universitaires et avec des scientifiques du gouvernement venant de toutes les parties du pays. Tout comme l'industrie de la recherche minérale compte parmi ses membres une personnalité telle que Duncan R. Derry de Toronto, l'industrie pétrolière a pour tête de file Andrew Baillie, qui essaye de susciter l'intérêt de ses collègues pour les méthodes d'instruction et pour la nécessité d'appuyer les recherches universitaires (Baillie, 1979). Dès qu'ils ont eu vent de la présente étude, plusieurs géologues du secteur pétrolier, y compris deux anciens présidents de la CSPG, ont envoyé aux compilateurs des copies de comptes rendus et présentations qu'ils avaient rédigés à propos de l'enseignement des sciences de la Terre dans les universités albertaines.

Nous proposons que les départements des universités recourent aux services d'un plus grand nombre de scientifiques associés à la recherche minérale et au secteur pétrolier, pour qu'ils siègent, à tour de rôle, à des comités consultatifs de diverses sortes. Les deux milieux en tireraient des avantages, étant donné que chacun se familiariserait davantage avec les méthodes de fonctionnement et les objectifs ultimes de l'autre.

Les représentants des trois associations pour les sciences de la Terre dans le secteur pétrolier, établies toutes trois à Calgary, ont participé activement au Conseil canadien des sciences de la Terre et sont arrivés à d'excellents résultats en faisant collaborer pour des causes communes de vastes secteurs du milieu scientifique. La CSPG, en particulier, a bien dépassé ses limites géographiques initiales. Elle organise une excursion annuelle sur le terrain à l'intention des étudiants choisis par les départements de géologie des quatre coins du pays; elle a coparrainé un symposium avec l'A.G.C.; elle envoie des conférenciers invités de prestige effectuer des tournées dans les universités d'un bout à l'autre du pays et elle offre des prix pour les meilleures communications données lors de réunions d'étudiants. Elle s'efforce aussi, avec moins de succès cependant, de tenir des réunions dans quelques centres du pays. Comme nous l'avons déjà signalé dans le présent chapitre, nous avons déjà assez d'activités spécialisées en cours au Canada et nous avons maintenant besoin de moyens de communication pour tenir les nombreuses disciplines secondaires au courant des activités des uns et des autres. Au lieu de s'occuper de leurs propres affaires internes, les associations de Calgary auraient intérêt à collaborer conjointement avec les sections régionales de l'A.G.C. et de l'I.C.M.M., ainsi que de l'U.G.C., de l'A.M.C. et avec d'autres groupes pour parrainer des réunions sur des sujets d'intérêt local, de préférence sur les campus universitaires. Cette idée vaut la peine d'être étudiée par les associations en cause et par l'organisme qui en assure la tutelle, soit le Conseil canadien des sciences de la Terre.

## CONTACTS AVEC LE PUBLIC

Les services communautaires sont un critère de progrès universitaires aux yeux de nombreux administrateurs d'université. Certains professeurs de géologie et de géophysique qui ont essayé de mettre sur pied des

interactions avec un secteur ou un autre du public prétendent qu'il n'en est pas de même dans leurs départements. Ils font valoir que même si l'on rend hommage aux scientifiques qui siègent aux exécutifs ou qui participent à la préparation de périodiques, la participation à l'instruction secondaire, les expositions et présentations publiques, la rédaction d'articles vulgarisés et les prises de position sur les sujets intéressant la collectivité sont rarement encouragées. Selon eux, les chefs et professeurs bien installés des départements fortement axés sur la recherche regardent avec bienveillance, tout au plus, ou ne tolèrent pas, dans le pire des cas, les efforts visant à faire connaître les sciences de la Terre. Cette attitude n'est heureusement pas le fait de tous les dirigeants: certains de nos chercheurs les mieux connus, depuis l'époque de William Logan jusqu'à celle de J. Tuzo Wilson, ont aussi été les chefs de file en matière de communication avec de nombreuses couches de la société.

L'importance de ces communications a été énoncée succinctement par M. Wynne-Edwards (1979): "Il devient chaque jour plus urgent de partager avec un public plus vaste les perspectives des sciences de la Terre. La première étape de ce processus de prise de décisions consiste à sensibiliser le public, étant donné que c'est de cette perception que naîtront les priorités politiques et les décisions qui s'ensuivront."

Voici quelques bons exemples de contributions des universités à la sensibilisation du public et aussi certaines défaillances auxquelles on pourrait remédier à condition de convaincre les personnes compétentes qu'elles devraient, dans leur intérêt, consacrer une bonne partie de leur temps à informer le public de leurs propres travaux et de ceux de leurs collègues.

## Instruction secondaire

Le rapport du Conseil des sciences sur les sciences de la Terre du Canada (Blais et al., 1971) a consacré plusieurs pages aux insuffisances qui caractérisent aussi bien la formation en sciences de la Terre de nos écoles secondaires que les antécédents de ceux qui les ont enseignés. De nombreuses recommandations ont été faites aux associations, aux professeurs d'universités et aux organismes gouvernementaux se consacrant aux sciences de la Terre en vue d'améliorer la situation. Des efforts louables ont été faits pour y donner suite, particulièrement en ce qui concerne les cours de recyclage et de perfectionnement des professeurs.

À ce effet, l'une des mesures les plus prometteuses a consisté à parrainer des ateliers et excursions sur le terrain à l'intention des professeurs des sciences de la Terre dans les écoles secondaires. Un professeur de l'université Western Ontario coordonne une série d'activités de ce genre, tenues sous l'égide du Conseil canadien des sciences de la Terre: ce concept est né d'un atelier semblable que ce professeur avait organisé dans sa propre université, grâce au parrainage d'une grande société pétrolière. Des ateliers indépendants à peu près semblables ont été créés dans les universités Memorial, Acadia, Mount Allison, dans celles de la Saskatchewan, du Manitoba, de la Colombie-Britannique, et probablement ailleurs. Certains de ces ateliers profitent maintenant de l'expérience acquise et des fonds que met à leur disposition le Conseil, organisme tuteur.

Un périodique d'instruction de la géologie qui a été créé et s'est développé grâce à la collaboration de membres des universités, du gouvernement et de l'industrie à Saint-Jean (N.-B.) sera bientôt parrainé, à l'échelle nationale, par l'A.G.C., à l'intention des professeurs des écoles secondaires.

Après avoir rédigé une brochure sur les carrières dans les sciences de la Terre, des professeurs de l'université Laurentienne viennent de recevoir des encouragements pour en assurer le développement en vue de combler un besoin national, et le Conseil canadien des sciences de la Terre s'est engagé à la publier.

Les professeurs sont souvent sollicités pour donner des conférences dans les écoles secondaires voisines. Ceux des petits établissements, par exemple à Mount Allison, effectuent souvent de longs voyages pour porter la bonne parole aux écoles secondaires dans les régions rurales.

L'amélioration de l'instruction des sciences de la Terre dans les écoles secondaires est une activité importante pour laquelle de nombreux professeurs d'universités sont particulièrement bien formés. C'est un domaine où ils peuvent facilement s'assurer l'appui bienveillant de scientifiques du gouvernement et de l'industrie. Un bien plus grand nombre de personnes devrait y participer: les chercheurs auxiliaires qui ont le don de communiquer rendraient un service bien plus utile en enseignant aux professeurs des jeunes élèves au lieu d'inventer à nouveau, de façon continue et non sans peine, l'anticlinal. Les chefs et doyens de départements devraient encourager la participation de ceux qui pourraient améliorer l'instruction des sciences de la Terre dans les écoles secondaires en récompensant toute réalisation dans ce sens.

### Expositions et affichages

Quelques grands musées publics au Canada consacrent beaucoup d'espace à leurs collections géoscientifiques: ceux de Toronto et d'Ottawa sont les mieux connus. Là où ils existent, les départements d'universités auraient intérêt à établir des liens étroits avec eux et à tirer parti de ce moyen incomparable de communiquer avec une partie du public qui s'intéresse beaucoup à ce domaine. Les musées de Toronto illustrent bien cette collaboration, tandis que ceux d'Ottawa y réussissent un peu moins bien.

Quelques universités possèdent sur leur campus des musées qui sont directement ou indirectement associés aux départements de géologie. Le musée Redpath à l'université McGill est indubitablement le plus connu et le mieux administré, du point de vue professionnel, mais ceux des universités de Waterloo, de Laval, de la Colombie-Britannique et de la Saskatchewan continuent, malgré leurs collections beaucoup plus modestes, de susciter un vif intérêt parmi les élèves des écoles secondaires et parmi le grand public. Par exemple, le musée de l'université de la Saskatchewan, dont les collections sont exposées dans les vieux bâtiments qui abritent son département de géologie, ouvre ses portes au public tous les dimanches après-midi au cours du semestre d'hiver. Les professeurs et les étudiants des cycles supérieurs donnent gratuitement des conférences et projettent des films. Ils attirent environ 3 500 visiteurs par an, dont 1 200 personnes qui se présentent chaque automne, à l'occasion de la Journée nationale des sciences de la Terre (Journée Logan), à une activité spéciale d'identification de minéraux et de fossiles. Le musée de l'université Laval expose sa collection dans des bâtiments à peine plus reluisants, les présentoirs étant alignés le long des murs d'un couloir apparemment interminable. Quoi qu'il en soit, le public s'estime satisfait de pouvoir visiter ces collections modestes, mais bien entretenues.

Presque tous les départements de géologie visités tenaient des expositions dans leurs halls et dans leurs aires de réception du public. Certaines sont organisées de façon très professionnelle, par exemple, à Memorial et à l'université de

Calgary. Elles semblent surtout conçues dans l'intérêt des passants: des étudiants et des professeurs d'autres départements ainsi que des visiteurs occasionnels. Bon nombre de ces départements pourraient, en améliorant à peu de frais les collections existantes et en les extrayant des tiroirs et des étuis d'emballage, rivaliser avec l'université de la Saskatchewan, avec l'université Laval et avec d'autres, si elles annonçaient et ouvraient régulièrement ces expositions au public. La visite de musées et d'autres expositions d'histoire naturelle est un passe-temps favori le dimanche, spécialement dans les petits centres. Les chefs de départements pourraient avantageusement stimuler l'imagination, le talent artistique et l'intérêt des membres du corps professoral dans les contacts avec le public en vue d'organiser des expositions éducatives. Les performances exceptionnelles dans ce domaine devraient être récompensées sur une base égale pour la recherche et pour l'enseignement.

Nous proposons que les départements de géologie et de géophysique des universités mettent en valeur (au besoin) leurs expositions et en ouvrent régulièrement les portes au public, spécialement en hiver.

### Collectionneurs de roches et naturalistes amateurs

De nombreux professeurs des quatre coins du pays consacrent (sur demande) leur temps à donner des conférences ou à diriger des excursions sur le terrain à l'intention d'associations d'histoire naturelle, de clubs de collectionneurs de roches et de minéraux, de groupes de jeunes et d'organismes semblables. Nos comités n'ont rencontré aucun exemple de liens solides et permanents entre ces groupes amateurs et les départements de géologie ou de géophysique, même si ces liens existaient fréquemment dans le passé. Cette situation contraste avec de nombreuses universités britanniques et américaines où des groupes de collectionneurs de roches rencontrent régulièrement sur les campus des professeurs et étudiants qui assurent une permanence. Au Canada, les naturalistes en extérieur et les collectionneurs semblent avoir des liens plus étroits avec les scientifiques du gouvernement. Il s'agit d'un autre domaine où les universités pourraient jouer un plus grand rôle, peut-être conjointement avec les activités de mini-musées, dans leur propre intérêt et dans celui des collectivités locales.

### Conférences publiques

Il y a plus de deux décennies, le professeur David M. Baird a donné, au réseau anglais de Radio-Canada, une série de causeries de géologie très prisées qui lui ont valu des commentaires élogieux d'éditorialistes et l'enthousiasme du public. Malgré des invitations pressantes à profiter davantage de la radio et de la télévision pour communiquer avec le public (Blais et al., 1971) et malgré les efforts méritoires de plusieurs personnes, nous devons conclure que nos tentatives de la dernière décennie sont à peine proportionnelles à l'enthousiasme face aux nouvelles percées de la science ou à son importance croissante pour le bien-être national.

La télévision éducative de l'Ontario a parrainé une série prise de conférences sur les sciences de la Terre, et, plus récemment, une autre série donnée par un professeur de l'université Laurentienne. Plusieurs séries nationales du programme *University of the Air*, de trois à cinq conférences chacune, et des programmes locaux ont consacré à l'occasion au moins un épisode aux sciences de la Terre. Cependant, les géologues et les géophysiciens sont surtout interviewés au cours d'une seule émission, habituellement pendant les bulletins de nouvelles, et on leur demande alors

commenter des sujets précis: un tremblement de terre, une nouvelle zone d'intérêt pétrolier, un volcan en éruption ou un mammifère marin du Pléistocène récemment découvert. Les sciences de la Terre sont tellement à la une de l'actualité en ce moment que les professeurs d'universités sont souvent sollicités pour donner leurs commentaires. Ils s'en tirent habituellement bien lorsqu'il s'agit d'exposer des phénomènes simples.

En ce qui concerne les sujets d'ordre plus général, les opinions des géoscientifiques semblent rarement sollicitées. Les débats sur l'énergie et sur l'environnement mettent en vedette des économistes, des politiciens, des ingénieurs, mais rarement des géologues (du moins que l'on présente comme tels). Les chimistes, les physiciens, les biologistes et les psychologues passent des soirées entières à s'épancher sur l'état actuel et futur du monde. Les géologues et les géophysiciens ne font parler d'eux que lorsqu'ils survivent à une catastrophe aérienne ou qu'ils accomplissent des actes de bravoure.

La vulgarisation de la science à la radio et à la télévision a fait des progrès gigantesques au cours de la dernière décennie, surtout grâce aux efforts de M. David Suzuki, le célèbre généticien de Colombie-Britannique. Cependant, il est à remarquer que même au cours de ces programmes bien équilibrés, les sciences de la Terre sont à la remorque de la plupart des sciences connexes. Peu de géoscientifiques font partie des experts invités par M. Suzuki.

Les conférences publiques données par des personnages de marque dans les grands auditoriums d'universités suscitent un vif intérêt à l'échelle locale et, parfois, nationale. Ces dernières années, l'inévitable professeur J. Tuzo Wilson accompagné d'un professeur de l'université Carleton et d'un ancien professeur de celle de la Colombie-Britannique se sont servis de ces plates-formes pour communiquer au public d'importantes mises en garde. Cependant, rares sont les géoscientifiques à qui sont données de telles occasions: ils sont du moins rares par rapport à l'importance actuelle de notre science.

Interrogés sur le manque de sensibilisation du public aux sciences de la Terre, certains professeurs ont exprimé un mépris à peine voilé à l'endroit de ceux qui essaient d'empiéter sur les plate-bandes de leurs pairs pour faire connaître leurs propres travaux ou ceux de leurs départements. On a l'impression que ces travaux sont suspects s'ils exigent une traduction ou une diffusion. De même, comme un professeur explique l'isolation relative de son département vis-à-vis de la collectivité: "Il n'y a aucun bon point pour ce type d'activités, car ils sont tous donnés à la recherche." Ces commentaires reflètent la morosité et sont probablement vrais, du moins en partie. Ils s'appliquent cependant à d'autres sciences qui semblent avoir plus de succès auprès du public. On ne peut s'empêcher de conclure que les géoscientifiques manifestent plus de réticence et plus de crainte que d'autres universitaires à s'expliquer en termes intelligibles, à prendre position sur des sujets importants et à chercher par tous les moyens l'occasion de faire connaître leurs points de vue au lieu d'attendre bien humblement de vains appels.

Nous proposons que les géoscientifiques des universités reconnaissent l'importance de la communication avec d'autres scientifiques et avec le public par l'entremise des media, des livres, et des conférences publiques. Les chefs de départements devraient encourager ceux qui possèdent les talents requis à consacrer une part importante de leur temps à de telles fins.

## Publications de vulgarisation

Les géoscientifiques canadiens jouissent des services de périodiques où ils peuvent publier leurs contributions scientifiques. Ils disposent aussi d'un magazine de qualité consacré aux critiques et commentaires qui établit avec succès la liaison avec les nombreuses disciplines secondaires des sciences de la Terre. Leurs bulletins de nouvelles assurent la liaison d'une communauté très dispersée de scientifiques, ce qui forme un cercle, assez bien lié qu'envient les collègues d'autres pays.

Quand il s'agit d'écrire à l'intention de ceux qui ne font pas partie de ce cercle les géoscientifiques canadiens ne sont pas aussi brillants, tant s'en faut, que leurs collègues des sciences connexes. Les derniers livres très prisés, écrits par un chercheur universitaire en sciences de la Terre, ont été les comptes rendus du professeur J.T. Wilson au sujet de la science et de la vie en République populaire de Chine à l'occasion de l'Année géophysique internationale, il y a plus de deux décennies. Mis à part le livre du professeur David M. Baird, recueil de photographies annotées de roches et de paysages de nos parcs nationaux, aucun ouvrage important n'est paru depuis. La première tentative en vue de remédier à cette situation, un volume sur l'importance des sciences de la Terre pour la poursuite de la plupart des aspects de la vie sur notre planète, par le professeur H.R. Wynne-Edwards, ne sera pas publié avant 1981.

Les magazines scientifiques populaires et interdisciplinaires, comme *Scientific American*, semblent attirer peu de contribution de la part des géoscientifiques canadiens. Les magazines qui se consacrent aux critiques et aux opinions sur toute la gamme de la science et de la politique scientifique, tels que le magazine canadien *Science Forum* n'ont reçu des géoscientifiques universitaires canadiens qu'une poignée d'articles au cours de la dernière décennie.

La réaction à la proposition de la Société royale du Canada visant à établir le prix Bancroft pour les communications dans les sciences de la Terre est symptomatique des sentiments des géoscientifiques face à la vulgarisation de la science. Les opposants à ce prix ont formulé de nombreuses raisons étranges, y compris la crainte que seules deux ou trois personnes au Canada le méritaient et une fois qu'il leur aurait été attribué, il n'y aurait plus alors aucun candidat valable. La Société, imperturbable, a donné suite à son projet et, heureusement, elle continue à rechercher des candidats valables depuis dix ans. Il faut espérer que la compétition s'accroîtra.

## Débats de politique

Il existe de nombreux domaines dans lesquels les intérêts divergents et légitimes des membres ou de la direction des associations écartent toute possibilité d'actions ou de commentaires collectifs. C'est alors l'occasion pour des professeurs de s'exprimer à titre individuel, car ils sont moins sujets aux contraintes de leurs employeurs et de leurs pairs que leurs collègues du gouvernement et de l'industrie. Quelques-uns profitent de cette liberté: le professeur J. Tuzo Wilson a bien donné l'exemple à ses collègues à maintes reprises, lorsqu'il s'est adressé à des conseillers en politique, abordant l'économie et l'orientation économique, l'énergie et la politique énergétique. Le professeur F.K. North, de l'université Carleton, avec son franc-parler sur les pénuries imminentes de pétrole et de gaz, a mis en doute les estimations présentées par le gouvernement et l'industrie. Il a rendu un service éminent en mettant les gens qui prennent

le temps de réfléchir en garde contre les différentes méthodologies et contre les hypothèses qui entrent en ligne de compte dans l'estimation des ressources. On pourrait en citer d'autres, mais ils ne sont pas nombreux.

Les géoscientifiques semblent agir plus efficacement en groupe, toutes les fois qu'ils doivent faire abstraction de leurs propres disciplines secondaires. Seuls, ils sont rongés par la crainte et l'incertitude. Les universités canadiennes ont toujours bénéficié d'une telle liberté de pensée que l'on ne peut craindre de représailles de la part des universités elles-mêmes. Peut-on craindre que les gouvernements suppriment leurs subventions ou que les sociétés refusent d'embaucher leurs étudiants? C'est improbable; le franc-parler du professeur North n'a pas empêché les étudiants de Carleton de se faire très bien coter par les sociétés pétrolières (chapitre 3). Cette situation est peut-être attribuable au fait que les sciences de la Terre au Canada étaient l'apanage du gouvernement jusqu'à il y a 15 ans, et les employés du gouvernement n'étaient pas encouragés à prendre des positions controversées dans le public. Il est plus vraisemblable que les géoscientifiques universitaires soient généralement plus conservateurs et plus timorés que leurs collègues dans d'autres disciplines universitaires. Des professeurs dans au moins deux départements ont dit aux comités en tournée que l'image de marque des sciences de la Terre avait subi des dommages irréparables pendant les débats sur les ressources et les réserves de pétrole au cours des années 70. Ils avaient le sentiment que le public et les hommes politiques avaient perdu toute foi dans les scientifiques dont les opinions étaient si éloignées les unes des autres sur un problème aussi fondamental que les approvisionnements futurs en énergie.

Comme nous l'avons déjà mentionné dans le chapitre sur la recherche, la tolérance à l'égard des opinions divergentes et l'évaluation critique de toutes les contributions aux connaissances sont les deux principes fondamentaux de la science contemporaine. À ce propos, citons à nouveau M. Wynne-Edwards (1979): "En deux mots, les géoscientifiques doivent de plus en plus travailler dans les deux camps. Supposons, par exemple, que nous trouvions de l'uranium et que nous insistions en même temps sur la nécessité de trouver des systèmes de gestion des déchets radioactifs, de longue durée et sans danger pour le milieu géologique, que nous trouvions du pétrole et que nous exposions simultanément les conséquences et risques environnementaux de son extraction et de son transport, que nous trouvions des engrais et que nous contrôlions simultanément les effets de l'agriculture intensive sur les sols et les effets du ruissellement des terrains agricoles dans les rivières ... Cependant, si les travaux sont objectifs et si leurs fondements sont sérieux, la compréhension et le respect mutuels pour les deux points de vue devraient s'établir. Les géoscientifiques devraient, à n'importe quelle occasion, être aussi libres de travailler dans les deux camps que les juristes le sont dans leur profession. Les juristes ne sont pas étiquetés en fonction des crimes ou des causes dont ils sont les plaignants ou les défenseurs. Cela ne devrait pas non plus être le cas pour les géologues."

L'expérience des géoscientifiques dans l'exploration et l'exploitation ainsi que dans l'administration et la conservation des ressources terrestres est plus utile que celle de la plupart des autres disciplines. C'est à leurs concitoyens qu'ils doivent de s'exprimer avec objectivité et sans passion sur la multitude de questions de politique relatives à la Terre. Les milieux universitaires canadiens ont fourni de bons exemples de chefs de file qui ont mis publiquement en doute la sagesse traditionnelle avec laquelle les ressources terrestres sont gérées. Ils sont malheureusement rares.

Nous proposons que les géoscientifiques des universités reconnaissent le besoin croissant de commenter en public, en connaissance de cause, les questions relatives aux ressources, à l'environnement et à d'autres questions importantes auxquelles fait face le pays. Ils ne devraient pas reculer devant le débat avec d'autres collègues, à condition que le sujet soit traité avec objectivité. Ils doivent chercher, coûte que coûte, les occasions, tant pour eux-mêmes que pour leurs collègues, de donner leur opinion sur certains des grands problèmes du jour, du point de vue des sciences de la Terre.

Nous proposons que les administrateurs d'universités et les chefs de départements doivent reconnaître et récompenser les principales contributions à l'information de la même façon qu'ils sont actuellement acquis à l'enseignement, à la recherche et à certaines formes favorites de services au public.

## ÉTAT DES SCIENCES DE LA TERRE DANS LES UNIVERSITÉS

Bien que nous nous préoccupions de ce que les professeurs d'universités ne profitent pas pleinement de toutes les possibilités qui leur sont offertes de communiquer avec le grand public, il ne fait aucun doute que les sciences de la Terre retiennent beaucoup plus l'attention de celui-ci depuis les 10 à 15 dernières années. Les paysages lunaires, les documentaires de la BBC sur notre planète en mouvement, enfin les questions énergétiques n'ont pas manqué de frapper le subconscient de l'homme de la rue. La géologie et la géophysique, qui étaient précédemment cantonnées dans les journaux de l'Ouest, s'infiltrèrent maintenant à l'occasion dans des articles de journaux de l'Ontario et du Québec, et font maintenant partie des conversations quotidiennes dans l'Est, en particulier à Terre-Neuve. Nos comités en tournée désiraient ardemment découvrir comment cette sensibilisation accrue aux sciences de la Terre se reflétait dans l'ordre de priorité des sciences enseignées dans les universités où, pendant la majeure partie du siècle y compris pendant les années 50, la géologie était vraiment la lanterne rouge.

La reconnaissance, par des prix internationaux, des réalisations canadiennes en matière de recherche a été mentionnée brièvement au chapitre 5 dans lequel nous avons démontré que les géologues et géophysiciens se classent très honorablement par rapport à leurs collègues des autres disciplines scientifiques, dont la physique, les mathématiques et la chimie. Les universitaires et ceux qui travaillent étroitement avec eux au Canada et à l'étranger ont par la suite été interrogés. Voici certaines de leurs opinions sur l'état de la science qui les préoccupe.

### Une discipline scientifique vue par les professeurs

En général, le climat qui règne d'un océan à l'autre est modérément positif et optimiste en ce sens que l'importance croissante des sciences de la Terre sur les scènes nationale et internationale se fait lentement sentir sur nos campus. La plupart des professeurs rendent hommage à l'euphorie prolongée dans l'industrie et à l'augmentation résultante du nombre d'étudiants, au moment où les inscriptions dans les disciplines scientifiques sont généralement en baisse. D'autres, en particulier dans certains départements plus importants et orientés vers la recherche, déclarent que le respect que manifestent depuis peu de temps d'autres scientifiques s'explique par leur conviction que les sciences de la Terre ont maintenant dépassé le stade de la description pure et simple du domaine. Les géologues et géophysiciens

utilisent maintenant les mêmes outils complexes et les mêmes techniques de modélisation que les sciences connexes dans l'élaboration de concepts fascinants pour l'esprit et éventuellement utiles.

Les opinions personnelles au sein des départements variaient quelque peu lorsqu'il était question de l'état de la science, et il en était de même pour l'impression générale des départements entiers. Il n'est apparu aucune tendance régionale comme on aurait pu s'y attendre, par exemple, après l'euphorie économique prolongée dans l'Ouest canadien. Par contre, les opinions des groupes universitaires sur l'état de leurs disciplines scientifiques semblaient, à quelques exceptions près, dépendre presque entièrement des circonstances locales. Au moins trois des nombreux départements qui ont présenté sous des jours radieux les perspectives actuelles et futures de leurs professions avaient la bénédiction des administrateurs supérieurs qui chérissaient la géologie comme le joyau de leurs disciplines scientifiques. Le président d'une université a témoigné devant les membres d'un comité qu'il avait longtemps considéré les sciences de la Terre comme la discipline qui pourrait rendre le plus de services à sa province et peut-être même au pays tout entier. Une fois que le département prouvait qu'il s'efforçait d'atteindre son objectif, il obtenait son appui total. Un groupe régional, celui des petites universités de l'Atlantique, était enthousiasmé à l'idée que les sciences de la Terre étaient une étoile montante. Une personne interrogée parmi ce petit groupe a déclaré que "les améliorations matérielles s'accompagnent d'améliorations spirituelles. Les étudiants en géologie portent la tête bien plus haute qu'il y a dix ans, et font maintenant partie de l'élite professionnelle sur le campus".

La plupart des départements ont manifesté moins d'euphorie. Ils ont déclaré que, même si leur sort s'améliorait et même si leurs recherches étaient maintenant respectées et qu'on envoyait le nombre de leurs inscriptions sur les campus, l'ordre établi changeait lentement. Dans de nombreux cas, malgré un nombre sans précédent d'inscriptions d'étudiants des cycles inférieurs et supérieurs, et bien que leurs recherches aient drainé des subventions plus importantes que pour n'importe quel département de sciences, ils continuaient de fonctionner avec l'un des budgets les moins élevés du campus, tandis que les départements scientifiques moins actifs continuaient à recevoir des fonds élevés comme par le passé. Les demandes de locaux et de personnel supplémentaires afin de faire face à l'augmentation continue des inscriptions dans les disciplines majeures et dans les baccalauréats avec spécialisation se heurtaient à l'indifférence.

Certains groupes d'universitaires estimaient que la situation de leur discipline scientifique ne s'était pas améliorée, et qu'elle s'était peut-être même détériorée au cours de la dernière décennie. Parmi ces départements figurait un département de l'Ouest, quelques-unes des petites universités ontariennes, toutes les universités francophones et une université des provinces Maritimes. Il est difficile d'évaluer la réponse dans les universités francophones, étant donné que certains départements intéressés semblent avoir des administrateurs réceptifs, des fonds de recherche suffisants et de bonne réputation. Le climat actuel d'incertitude politique est peut-être un facteur qui entre en ligne de compte. Certains des autres départements font indéniablement face à des problèmes internes ou à l'indifférence des administrateurs supérieurs ou même à ces deux obstacles. Deux départements méritent une attention particulière: Saskatoon et Carleton. Tous deux relèvent d'universités bien établies, ils ont des antécédents respectables en matière de recherche et leurs étudiants diplômés sont extrêmement bien cotés par les employeurs

(voir le chapitre 3). On ne s'attendait pas, de la part de ces départements florissants, à des tableaux poussés au noir qui reflètent indubitablement un manque de réceptivité de la part des administrateurs supérieurs quant à leurs besoins.

Trois professeurs qui se sont familiarisés, par leurs activités, avec une vaste gamme d'activités relatives aux sciences de la Terre dans les universités et en dehors de celles-ci ont rédigé le commentaire suivant:

- (1) "La géologie et la géophysique au Canada se portent bien et de nombreuses disciplines secondaires inspirent un grand respect d'un bout à l'autre du monde. Notre point fort est sans doute le travail en équipe; des projets conjoints suscitent la participation de personnes provenant de plusieurs universités, du gouvernement et de l'industrie. Nous faisons aussi beaucoup de progrès dans nos associations, car nous collaborons à des activités éducatives et à des activités de représentation. Nous manquons en fait de grands virtuoses, de grands esprits de synthèse, de renommée mondiale. Les rares virtuoses que nous avons maintenant à notre disposition sont si bien connus aux quatre coins du pays que l'on met en valeur leur rareté."
- (2) "Nous nous défendons bien dans de nombreux domaines et nous avons acquis un grand respect à l'échelle internationale dans des domaines tels que la géologie du Précambrien, la géologie des gisements minéraux et certains aspects de la datation isotopique. Notre état de santé est satisfaisant, nous sommes même rigoureux, mais nous pourrions faire mieux encore. Le niveau et la qualité moyennes de l'activité du corps professoral sont aussi bons qu'en Grande-Bretagne et aux États-Unis, mais les encouragements finals nous font défaut. Cela est dû en partie à l'insuffisance de fonds, mais aussi au manque de collaboration."
- (3) Le troisième professeur a coté les performances du Canada en fonction des dix disciplines secondaires dans lesquelles il estimait avoir certaines connaissances:

"Le Canada a fait une contribution remarquable en se plaçant premier ou deuxième dans la géochimie et dans la géophysique associées à l'exploration ainsi que dans la géologie des gisements minéraux... Ces performances remarquables en géophysique et en géochimie associées à l'exploration sont plus attribuables à la créativité de certaines sociétés qu'à celle de l'industrie ou du gouvernement ... en ce qui concerne les gisements minéraux, les performances du Canada viennent en partie de la tradition de ce domaine dans les départements des universités canadiennes et du fait que tout a été tenté pour l'empêcher de se détériorer dans les années 60 et au début des années 70 comme cela s'est produit dans tant d'autres régions du monde."

#### L'éventail des opinions des scientifiques du gouvernement

Les réponses des scientifiques du gouvernement étaient mitigées, mais optimistes dans l'ensemble, ce qui laisse entendre que nos universités se sont bien classées à l'échelle internationale et occupent sans doute la première place, ou peu s'en faut, en ce qui concerne la formation et la recherche dans certaines disciplines. La plupart de leurs commentaires portaient sur l'enseignement et la recherche et ils ont été amplement cités dans les chapitres précédents. Un scientifique supérieur du gouvernement fédéral a fait le commentaire pessimiste suivant: "Les sciences de la Terre dans les universités canadiennes sont généralement en piètre

état, car il semble n'exister pratiquement aucune coordination, que ce soit avec d'autres universités ou avec les commissions fédérales ou provinciales. Même dans une université donnée, on a l'impression qu'on aborde les sciences de la Terre comme on grignote auprès d'un buffet." La déclaration suivante reflète davantage les évaluations fédérales: "Si l'on en juge d'après les capacités des étudiants qui viennent nous voir, d'après celles des récents diplômés que nous rencontrons et d'après la demande continue de l'étranger en vue de bénéficier d'une formation dans les sciences de la Terre associées à l'exploration des ressources, les universités canadiennes s'acquittent bien de leurs fonctions, et même de façon plus efficace que la moyenne mondiale. Cela s'applique particulièrement à la géophysique et à la géochimie relatives à l'exploration".

Il est intéressant de comparer ce dernier point de vue avec la déclaration suivante d'un organisme provincial: "Aucun de nos départements ni même aucune de nos spécialisations ne se sont taillé de réputation vraiment internationale. Par exemple, un département de géologie aurait dû se faire une réputation en géologie associée à l'exploration comparable à celle de la *Royal School of Mines*. De même, nous devrions être les chefs de file mondiaux de la géophysique associée à l'exploration." En général, les organismes provinciaux étaient plus pessimistes quant à l'état de la géologie et de la géophysique que n'importe quel autre groupe: deux d'entre eux ont même déclaré qu'ils n'avaient remarqué aucun changement au cours de la dernière décennie. Cependant, un organisme qui avait formulé des critiques détaillées à l'égard des sciences telles qu'elles sont enseignées dans les universités a conclu sur une note d'optimisme: "La réputation internationale des sciences de la Terre au Canada semble se relever; quant à dire si cette situation est due à une meilleure connaissance de ce domaine ou à l'attention qu'ont suscitée à son égard quelques personnages de marque comme M. Tuzo Wilson, nous n'en sommes pas certains ... nous estimons que la géologie économique au Canada, au sein et à l'extérieur des universités, jouit d'une bonne réputation sur la scène internationale..."

## NOTRE IMAGE DE MARQUE

Aux chefs de file de par le monde, dans au moins, une discipline secondaire des sciences de la Terre nous avons demandé non seulement d'exprimer leurs opinions sur la recherche dans leurs domaines respectifs (chapitre 5), mais aussi d'évaluer la situation des sciences de la Terre au Canada. Certains ont décliné cette invitation, mais bon nombre d'entre eux ont fourni des commentaires profonds. Nous nous sommes efforcés de reproduire quelques commentaires représentatifs en les maintenant dans leur contexte. Les auteurs de ces commentaires ne sont nommés que s'ils ont mentionné expressément qu'ils ne désiraient pas garder l'anonymat. Nous avons d'abord reproduit les extraits qui dénotent des faiblesses dans le système et nous avons conclu par les commentaires élogieux représentatifs de la plupart des réponses.

### Critiques constructives

- "De façon générale, j'estime que les efforts et les travaux d'équipe canadiens en matière d'exploration sont, en moyenne, d'une qualité bien supérieure aux efforts américains, mais comme je l'ai déjà dit, beaucoup de travaux américains sont vraisemblablement bien plus poussés... Je suis frappé par la grande différence d'attitude qui caractérise les institutions universitaires qui se consacrent aux sciences de la Terre, en Europe et aux États-Unis. Malgré de sévères

restrictions budgétaires, les établissements américains sont, comme ils l'ont toujours été, en grande effervescence: les idées fusent, elles sont mises à l'épreuve, elles sont rejetées ou bien développées. Les milieux universitaires américains entretiennent toujours de bons contacts entre eux tout en rivalisant féroce. Les établissements européens sont posés, soucieux de la hiérarchie et quelque peu constipés, tandis que les établissements canadiens adoptent une attitude intermédiaire, mais tendent à adopter l'attitude européenne. Les établissements américains sont plus disposés à mettre à l'épreuve de nouveaux concepts sans les démolir à priori. De toute évidence, le contribuable et ses représentants sont plus disposés à financer ces travaux... Le Canada se placerait sans doute dans une perspective constructive s'il considérait le prix de toute cette merveilleuse effervescence intellectuelle... À mon avis, l'enseignement au Canada est plus systématique et les normes y sont plus élevées, ce qui ne peut que contribuer au bénéfice de la profession. Bien plus que les universités américaines, les universités canadiennes se réclament des concepts fondamentaux d'Ortega y Gasset, car elles se classent parmi les établissements dont l'objectif est de transmettre des connaissances."

- Un géologue pétrolier de renommée internationale

- "Bien que le Canada conserve une place de choix au niveau mondial dans ce domaine (gisements minéraux) et dans certaines disciplines de la sismologie théorique associée à la recherche de pétrole, le niveau des sciences de la Terre en général semble être satisfaisant plutôt qu'exceptionnel. De nombreux départements d'universités sont apparemment assez bien équipés, mais le ferment intellectuel semble faire défaut. C'est peut-être là le résultat inévitable de la structure de financement, car le financement faible, mais constant encourage la satisfaction et l'esprit de clocher. Il serait dommage qu'il en soit ainsi, et que les seules façons d'encourager les travaux de grande qualité soient de recourir au gaspillage des ressources humaines et à la cruauté. Pensons à la compétition effrénée qui semble caractériser le système américain."

- Un professeur américain en sciences de la mer

- "En général, les sciences de la Terre au Canada sont en position de force, ce qui est naturel, bien sûr, étant donné l'importance des ressources de base pour l'économie nationale. Le malheur est que les universités se sont trop efforcées d'appliquer directement la géologie à l'industrie; bien que la situation évolue à mesure que le personnel âgé prend sa retraite, trop de membres du personnel passent leur temps libre à la consultation et accordent trop peu de temps aux cours sur le terrain à l'intention des étudiants et à la recherche. Cela est peut-être en partie attribuable au fait que l'industrie accorde des fonds insuffisants à ses propres centres de recherche, et que ses recherches dépendent trop de l'embauche d'inventaires à temps partiel. À propos de la Grande-Bretagne je me plaindrais exactement du contraire."

- H.G. Reading, professeur, Oxford

- "...Prendre tout commentaire dans le même état d'esprit qu'ils sont formulés, en tant qu'admirateur, en général, de la géologie au Canada, et non pas en tant que détracteur... Il existe beaucoup de contacts entre les universités et l'industrie canadiennes... Cependant, ils s'établissent, à mon avis, à un niveau plutôt simpliste: on demande aux universités de donner leur avis au jour le jour ou sur des questions techniques détaillées au lieu de s'attaquer aux problèmes fondamentaux de la genèse des minéraux... De nombreux universitaires canadiens occupent pendant l'été des emplois lucratifs dans les sociétés minières. Quelle quantité de savoir-faire en retirent les universités? Quel appui

l'industrie accorde-t-elle à la recherche à long terme dans les universités? L'industrie minière canadienne est fière, à juste titre, de ses traditions de prospection et de la légende qui veut que les universitaires n'aient jamais trouvé une seule mine. C'est peut-être plus vrai que la plupart d'entre nous ne veulent bien l'admettre, mais ce n'est pas la meilleure approche pour les années 80 et au delà..."

- Un spécialiste scandinave des sciences de la Terre

- "Les travaux des milieux canadiens des sciences de la Terre me donnent une impression globale de force imposante, en particulier dans les domaines de la pétrologie, de la géologie économique et de la géophysique associée à l'exploration. Peut-être la seule critique globale que je formulerais, c'est qu'il n'existe pas assez d'études multidisciplinaires orchestrées de façon à résoudre certains des problèmes tectoniques d'envergure. Je pense qu'il en est ainsi parce que les géologues et géophysiciens de valeur employés dans vos organismes gouvernementaux se débattent avec l'administration scientifique... Vous manquez donc de géologues et de géophysiciens supérieurs confirmés qui pourraient organiser des études multidisciplinaires globales et en avoir une bonne perception."

- R.G. Coleman, U.S. Geological Survey

- "Tout d'abord, je ne constate aucune différence remarquable dans les sciences de la Terre au Canada et aux États-Unis. La situation dans les deux pays apparaît tellement semblable et tout à fait homogène. De l'intérieur, les opinions peuvent être très différentes à ce sujet. Cependant, de l'extérieur, la situation est identique.

Par conséquent, si les sciences de la Terre aux États-Unis se placent au premier rang sur la scène mondiale, il devrait en être de même au Canada. J'estime que cette hypothèse est plus ou moins vraie. Le seul dommage est que vous êtes si proches les uns des autres qu'il vous est difficile de vous forger une identité propre.

... Parmi les diverses disciplines, j'ai le sentiment que le Canada est très fort en géophysique et en géologie associées à l'exploration. J'ai récemment été très impressionné par les travaux accomplis dans les recherches sur les ressources minérales au Canada... S'il existe un domaine qu'il faudrait encourager au Canada, ce serait l'aspect plus fondamental de la science. Il se peut que j'aie tort, mais j'ai l'impression que les sciences de la Terre appliquées sont plus avancées que la science pure au Canada."

- M. Seiya Uyeda, Institut de recherche sur les tremblements de terre, Tokyo

#### Quelques louanges

- "Le Canada a toujours formé et employé de bons scientifiques dans la "géologie sur le terrain" et dans les domaines appliqués à la géologie. Je ne dis pas que le Canada n'a pas connu la tendance à la multiplication des analyses et des études en laboratoires, car c'est indéniable. Je dis au contraire qu'à mon avis, la géologie au Canada se caractérise par un meilleur équilibre qu'aux États-Unis entre les travaux sur le terrain et en laboratoires et entre la science fondamentale et la science appliquée. Le Canada a donc conservé un équilibre stable que les États-Unis, me semble-t-il, essaient maintenant de regagner."

- Un biostratigraphe et globaliste américain

- "La géologie régionale est le fer de lance de la géologie canadienne ... On s'aperçoit que la moitié nord de l'histoire de l'Amérique de Nord est l'histoire du Canada. Toute la percée de la géologie septentrionale survenue après la Seconde Guerre mondiale a été fantastique d'un point de vue global, et c'est surtout au Canada que nous le devons. L'essor donné à la géophysique par M. Tuzo Wilson a été extrêmement important dans l'ensemble. La recherche de gisements minéraux au moyen de techniques géochimiques et géophysiques d'origine canadienne est de première qualité."

- Arthur Boucot, Université d'État de l'Oregon

- "J'estime que le Canada a beaucoup plus d'influence en géophysique que l'on pourrait s'y attendre de la population. M. Tuzo Wilson est actuellement le chef de file de la géophysique à l'échelle internationale et M. Jack Jacobs occupe la chaire de géophysique la plus prestigieuse dans le Commonwealth. Le Canada est le chef de file mondial de la géophysique relative aux mines. C'est tout juste s'il existe un domaine de la géophysique où le Canada n'est pas bien représenté, et la qualité de la contribution canadienne a été uniformément supérieure. Les manuels rédigés par des Canadiens sont devenus des classiques de la géophysique... En bref, la géophysique au Canada est de premier rang."

- J.C. Savage, U.S. Geological Survey

- "En ce qui concerne l'ensemble des sciences de la Terre ... le Canada se place parmi les meilleurs pour son engagement et pour la perception qu'a le public de ces domaines. Dans un pays qui a subi une glaciation aussi complète, ou du moins partielle, et même très récemment, il est peut-être inévitable que la plupart des travaux dans le domaine de sciences de la Terre aient été consacrés à la géomorphologie de la période glaciaire, à la géologie du Quaternaire, et aux implications pédogéniques, hydrologiques et aux implications techniques connexes. En ce qui concerne la compréhension de l'utilisation et de la mauvaise utilisation des milieux glaciaires et périglaciaires, de leurs problèmes et de leurs possibilités, les géologues et géophysiciens canadiens se classent parmi les chefs de file mondiaux et se comparent sur le plan individuel plus avantageusement que les scientifiques semblables de la Scandinavie et de l'Union soviétique."

- A.R. Orme, Doyen des sciences sociales, U.C.L.A., É.-U.

- "Voici, à mon avis, les chefs de file actuels dans les sciences de la Terre: Les États-Unis, le Canada, l'Afrique du Sud, le Royaume-Uni, la France et l'Australie. Il ne fait aucun doute que la plupart des nouvelles idées importantes en géologie ont germé ces dernières années en Amérique du Nord. Au Canada, les sciences de la Terre semblent, vues de l'extérieur, particulièrement bien organisées ... il semble y avoir plus de communications entre les géologues et géophysiciens des diverses disciplines secondaires au Canada qu'il n'y en a dans la plupart des autres pays."

- Eugen Stumpf, professeur, Université des mines, Autriche.

- "J'ai la plus grande admiration pour les géologues et pour les publications du Canada, et j'ai toujours pensé que vous étiez parmi les chefs de file dans ce domaine non seulement en Amérique du Nord, mais dans le monde entier. Cela s'applique spécialement à mon propre domaine d'intérêt, la tectonique, mais aussi à d'autres domaines ... En bref, j'ai l'impression que mes collègues canadiens pensaient à peu près

dans les mêmes termes que nous-mêmes aux États-Unis, et qu'ils nous devançaient même à beaucoup d'égards, et c'est pourquoi nous avons beaucoup à apprendre d'eux."

- Philip B. King, U.S. Geological Survey

- "En ce qui concerne l'influence des sciences de la Terre au Canada à l'échelle internationale, je puis en toute franchise affirmer que le Canada se place au premier rang. Les travaux scientifiques effectués tant dans les universités qu'à la Commission géologique semblent de qualité excellente. La géologie du Précambrien, la datation par des mesures radiométriques, la paléontologie du Paléozoïque et du Mésozoïque ainsi que la biostratigraphie ont trouvé dans le Canada le chef de file de leurs domaines respectifs ... De l'extérieur, les milieux canadiens des sciences de la Terre semblent très bien portants et très producteurs. Le danger de l'esprit de clocher, qui menace toujours les pays à population de taille intermédiaire, semble avoir été évité avec succès."

- R. Trumphy, professeur, Zurich (Suisse)

## RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Les milieux universitaires canadiens des sciences de la Terre se sont taillé une fort belle réputation dans le monde entier grâce à leurs activités de recherche, à leurs programmes de formation des étudiants, à l'intégration avec d'autres éléments des milieux des sciences de la Terre et grâce aussi à certaines de leurs activités dans le domaine public, en général, celles qui sont menées sous l'égide des sociétés savantes. Si les sciences de la Terre font les manchettes maintenant plus qu'à toute autre période du XX<sup>e</sup> siècle, il s'agit toutefois plus d'un accident de l'économie des ressources que d'un reflet des réalisations des géologues et géophysiciens. En effet, ces spécialistes canadiens des sciences de la Terre qui ne manquent pas d'adresse pour communiquer entre eux n'ont pas réussi à faire comprendre l'importance de leurs travaux à un auditoire plus large, et ce reproche s'adresse surtout aux universitaires qui sont chargés, en premier lieu, de vulgariser la science dans notre société.

La plupart de ceux qui ont loué l'ensemble des activités canadiennes de recherches ont mis en relief les aspects plus pragmatiques: la synthèse régionale, les études sur les gisements minéraux, et les nombreuses disciplines secondaires de la géologie et de la géophysique qui se rapportent directement ou indirectement à l'exploration et aux préoccupations environnementales. Dans la plupart des cas, les approches des équipes aux problèmes ont été louées, même si quelques dissidences se sont manifestées à ce sujet. Cependant, des scientifiques de renom, tant au Canada qu'à l'étranger, ont limité leurs éloges, car, à leur avis, bien que les Canadiens soient très compétents dans de nombreux aspects des sciences de la Terre, ils ont trop rarement atteint

la perfection. Compte tenu des honneurs que les géologues et géophysiciens canadiens ont reçus à l'étranger par rapport à la plupart des sciences connexes, cette déclaration, si vraie soit-elle, doit s'appliquer également à toutes les sciences au Canada. Les évaluateurs ont constaté que la compétition n'était pas assez vigoureuse et que les fonds destinés à financer des projets hardis et innovateurs donnés étaient insuffisants.

Même si l'on tombe d'accord sur le fait que la perfection soit trop rare, il faut conclure que les départements de géologie et de géophysique des universités rendent de bons services aux pays. Les diplômés de ces départements sont devenus les chefs de file de nos industries florissantes associées aux ressources. Maintenant qu'ils restent dans leurs pays respectifs pour leurs études post-universitaires, les scientifiques de l'étranger écrivent pour dire combien nos étudiants éveillés et bien préparés leur manquent. Les universitaires et leurs étudiants diplômés ont travaillé de façon indépendante et ensemble avec des scientifiques du gouvernement et de l'industrie à des études sur le terrain et à des synthèses régionales, ce qui nous a donné de bonnes cartes et des interprétations fiables des régions et de l'ensemble du pays. Dans ces domaines, le Canada devance de beaucoup les autres pays qui pourraient le gagner de vitesse en ce qui concerne les progrès théoriques. Les nouveaux concepts peuvent être assimilés par ceux qui travaillent à proximité des milieux scientifiques innovateurs, mais une base solide de données ne peut être obtenue que par expériences visuelles et tactiles, par des mises à l'essai et par des efforts de compréhension. Les universitaires canadiens ont rendu de bons services à leurs sciences respectives et à leurs pays, grâce à leurs contributions à la base de données géoscientifiques.

Malheureusement, les géologues et les géophysiciens n'ont pas profité du coup de pouce que leur ont donné, ces dernières années, une révolution scientifique et des pénuries de ressources pour supprimer les obstacles à la communication avec d'autres scientifiques et avec une vaste partie du public. Leurs contacts sous formes d'expositions, de groupes d'histoire naturelle, d'ouvrage de vulgarisation et par l'intermédiaire des media demeurent minimes. Ils ne recherchent pas par tous les moyens les occasions de livrer leurs commentaires sur des problèmes d'intérêt public. Quand ils le font et que leurs éclaircissements finissent par faire le jour sur les problèmes, les hauts fonctionnaires des gouvernements, les hommes politiques et les administrateurs supérieurs des universités auraient peut-être l'occasion de mieux comprendre qu'il est temps de modifier l'ordre traditionnel de priorité des subventions et des budgets destinés à la science. Il est alors possible que certaines des sommes astronomiques apparemment requises pour produire la perfection apparaissent comme par enchantement. Il faut rendre hommage aux efforts de ceux qui rendent cela possible (ou au moins les tolérer), car ceux qui récolteront les récompenses ne seront probablement pas les mêmes!



