



CONSEIL  
GÉOSCIENTIFIQUE  
CANADIEN

RAPPORT DU COMITÉ CONSULTATIF  
DU CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE  
CANADIEN DES TRAVAUX DE  
GÉOCHIMIE APPLIQUÉE À  
L'EXPLORATION MINÉRALE DE LA  
COMMISSION GÉOLOGIQUE  
DU CANADA

Publié pour le Conseil par la  
Commission géologique du Canada  
en tant que l'Étude 91-13

Comité consultatif  
J.A. Coope (Président), M.A. Bouchard, P. Davenport,  
I.L. Elliott, K. Fletcher, A.H. Green

This document was produced  
by scanning the original publication.

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



Énergie, Mines et  
Ressources Canada

Energy, Mines and  
Resources Canada

Canada

COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA  
ÉTUDE 91-13

**RAPPORT DU COMITÉ CONSULTATIF DU  
CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE CANADIEN DES  
TRAVAUX DE GÉOCHIMIE APPLIQUÉE À  
L'EXPLORATION MINÉRALE DE LA  
COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA**

Préparé par le  
CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE DU CANADA

Comité consultatif

J.A. Coope (Président)

M.A. Bouchard

P. Davenport

I.L. Elliott

K. Fletcher

A.H. Green

1992

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1992

En vente au Canada par l'entremise de nos  
agents libraires agréés et autres librairies

ou par la poste au

Groupe Communication Canada – Édition  
Ottawa, Canada K1A 0S9

et aussi aux:

Bureaux de la Commission géologique du Canada,

601, rue Booth,  
Ottawa, K1A 0E8

3303-33rd Street, N.W.,  
Calgary (Alberta) T2L 2A7

100 West Pender Street,  
Vancouver (C.-B.) V6B 1R8

Un exemplaire en consignment de la présente publication est également  
disponible dans les bibliothèques publiques à travers le Canada.

N° de catalogue M44-91/13  
ISBN 0-660-57480-2

Prix sujet à changement sans avis préalable

## TABLE DES MATIÈRES

1	<b>Partie I</b>
1	Préface
1	Conclusions
3	Recommandations
6	Observations de la Commission géologique du Canada
11	<b>Partie II</b>
11	Introduction
11	Réorganisation récente
13	Le Comité consultatif et son mandat
13	Travaux du Comité consultatif
15	Le programme de géochimie à la Commission géologique du Canada
15	Objectifs et travaux des sous-divisions à la Commission géologique du Canada qui produisent des données géochimiques
16	Sous-division de la géochimie d'exploration
18	La Sous-division de la minéralogie et de la chimie
19	La Sous-division des gisements minéraux
19	La Division de la science des terrains
20	Évolution des travaux géochimiques dans les sous-divisions de la
22	chimie d'exploration et de la géologie du Quaternaire
22	Les effets des changements dans l'administration de la Sous-division de la géochimie d'exploration et les solutions proposées aux problèmes identifiés
23	La géochimie de l'environnement
26	Sondage d'opinions sur les travaux en géochimie d'exploration à la Commission géologique du Canada
38	Examen des travaux de la CGC en géochimie d'exploration
38	Recherche et méthodologie
40	Création des projets
41	Formation en géochimie d'exploration
42	Programme national de reconnaissance géochimique
43	Archivage des échantillons
44	Affermage
45	Échantillons de référence
45	Diffusion de l'information
49	La Sous-division de la minéralogie et de la chimie
51	Ordinateurs et base de données
51	Situation actuelle
52	Discussion
53	Références

## Annexes

- 54 A. Plan opérationnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration
- 56 B. Atlas géochimique du Canada (recommandation pour une approche nationale)
- 63 C. Questionnaire

## Figures

- 12 1a. Organigramme - Division des ressources minérales
- 12 1b. Organigramme - Sous-division de la géochimie d'exploration
- 14 1c. Organigramme - Sous-divisions des gisements minéraux
- 15 1d. Organigramme - Division de la science des terrains
- 31 2. Fréquence d'utilisation des données géochimiques
- 33 3. Actualité des données géochimiques de la CGC
- 35 4. Fiabilité et qualité scientifiques des données géochimiques
- 37 5. Satisfaction aux besoins des clients
- 39 6. Productivité évaluée d'après la production d'information géochimique à la CGC
- 41 7. Utilisation et application des données géochimiques de la CGC
- 43 8. Travaux géochimiques appropriés à la CGC
- 44 9. Pertinence et importance des travaux géochimiques de la CGC
- 45 10. Évaluation du rendement de la CGC en géochimie
- 46 11. Contribution de la CGC aux innovations en géochimie
- 47 12. Perception des recherches faites à la CGC en géochimie d'exploration
- 49 13. Recommandation pour une intégration de l'information en géochimie à la CGC

## Tableaux

- 11 1. Gisements découverts au moyen de méthodes de prospection géochimique
- 26 2. Réponses au questionnaire
- 27 3. Zone géographique d'intérêt des répondants
- 27 4. But de l'activité géochimique
- 27 5. Intérêt et utilisation de la géochimie parmi la clientèle de la CGC
- 28 6. Personnel préposé au prélèvement d'échantillons
- 28 7. Sensibilisation aux travaux géochimiques de la CGC
- 29 8. Supports d'information les plus couramment utilisés en géochimie
- 29 9. Sources de données géochimiques de la CGC les plus fréquemment utilisées
- 29 10. Communication personnelle avec les géochimistes de la CGC
- 30 11. Fréquence d'utilisation des données géochimiques
- 32 12. Actualité des données géochimiques de la CGC
- 34 13. Fiabilité et qualité scientifiques des données géochimiques
- 36 14. Satisfaction des besoins des clients
- 38 15. Productivité évaluée d'après la production d'information géochimique à la CGC
- 40 16. Utilisation et application des données géochimiques de la CGC
- 42 17. Activités géochimiques appropriées à la CGC
- 46 18. Contribution de la CGC aux innovations en géochimie
- 46 19. Perception des recherches faites à la CGC en géochimie d'exploration
- 48 20. Question F-2. Nature et coût des levés géochimiques régionaux, par organismes (1983-1988)
- 49 21. Question F-4. Degré de collaboration entre les géochimistes de la CGC et leurs homologues provinciaux et territoriaux dans les levés régionaux ainsi que dans la recherche et développement sur les méthodes
- 49 22. Nombre d'articles publiés dans des journaux à comité de lecture durant la période de cinq ans se terminant en 1988

## PARTIE I

### PRÉFACE

Le programme de géochimie d'exploration au sein de la CGC a commencé en 1949 avec les travaux de R.W. Boyle dans le district minier de Yellowknife, dans les Territoires du Nord-Ouest. Le programme de recherche a rapidement acquis une réputation enviable et, avec les années, a atteint une stature internationale comme centre de recherche et de développement sur les méthodes de prospection géochimique.

Les travaux de géochimie à la CGC ont stimulé l'exploration minérale dans tout le pays, et les connaissances ainsi acquises ont apporté d'importantes contributions à la mise en valeur des ressources naturelles d'autres pays.

Suivent donc les Conclusions et les Recommandations préparées par le Comité consultatif chargé d'examiner les travaux de géochimie au sein de la CGC. Le Comité a été créé en juillet 1988 par le Conseil géoscientifique du Canada, à la demande de la CGC.

La partie II du rapport comprend un résumé des travaux du Comité et des constatations qui ont abouti aux conclusions et recommandations.

### CONCLUSIONS

- C1 Les scientifiques de la CGC ont apporté d'importantes contributions à la géochimie d'exploration au cours des 40 dernières années, et leurs travaux ont été reconnus à l'échelle mondiale.
- C2 L'application et l'adaptation efficaces des techniques d'exploration géochimique, dans une grande variété de conditions, le développement rapide des techniques d'analyse et de l'informatique et les améliorations apportées au transport sur le terrain, ont fait de la géochimie l'une des disciplines les plus efficaces et les plus utilisées au Canada en exploration minérale.
- C3 Plus de 40 mines et gisements de minéraux importants ont été découverts par l'application de méthodes de prospection géochimique au Canada depuis 1938.
- C4 Les levés géochimiques régionaux et les travaux de recherche en géochimie d'exploration effectués par la CGC ont, de façon significative, stimulé l'exploration minérale partout au Canada. Grâce aux connaissances acquises, la CGC a pu contribuer à la mise en valeur des ressources naturelles d'autres pays par l'entremise de l'ACDI et d'autres programmes d'aide à l'étranger.
- C5 Les données de la CGC en géochimie d'exploration minérale proviennent des divisions des ressources minérales et de la science des terrains.
- C6 En 1986 et 1987, la CGC a apporté une série de changements administratifs qui ont influé sur l'administration de la géochimie d'exploration comme activité scientifique. Le personnel scientifique et technique a connu, à différents degrés, une dégradation des relations de travail et de la communication, un fléchissement du moral et d'autres sources d'anxiété. La Sous-division de la géochimie d'exploration a perdu beaucoup de son élan et on semble percevoir un désintéressement à l'égard de la recherche en géochimie appliquée au sein de la CGC.
- C7 Suite à la réorganisation de 1986, le personnel et les ressources du Laboratoire de géochimie appliquée de l'ancienne Division de la géophysique et de la géochimie des ressources ont été regroupés dans la Section du développement des méthodes d'analyse de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie tout en se voyant ajouter la responsabilité d'appuyer toutes les divisions de la CGC. Chez certains membres du personnel, la satisfaction professionnelle et le rendement ont diminué.
- C8 La Section des applications mathématiques en géologie n'a rien perdu de son efficacité suite à sa réorganisation au sein de la Sous-division de la géochimie d'exploration. Le groupe est en train d'intégrer avec succès ses acquis avec ceux des scientifiques d'autres sous-divisions grâce à des aptitudes d'entraide bien développées.
- C9 Les géochimistes qui se sont joints à la Sous-division de la géochimie d'exploration, soit pendant les réorganisations ou immédiatement après, n'ont pas été perturbés de façon significative et travaillent avec efficacité, habituellement en coordination étroite avec des scientifiques d'autres sous-divisions.
- C10 Le Comité est d'avis qu'en dépit des réactions généralement favorables des clients à l'égard des travaux et des rendements fournis par le passé, les problèmes internes de gestion, d'organisation et de moral sont tels que les activités en géochimie d'exploration, à la CGC, en sont à une croisée des chemins critique.
- C11 Environ 52 % du budget de 3 300 000 dollars de la Sous-division de la géochimie d'exploration et 42 % du budget de 3 348 000 dollars de la Sous-division de la géologie du Quaternaire ont été attribués en vertu d'ententes sur l'exploitation minérale et d'autres programmes mettant en cause les provinces, au cours de l'année financière 1988-1989.
- C12 Les différences de conceptions scientifiques en ce qui regarde l'exploration géochimique régionale entre les sous-divisions de la géologie du Quaternaire et de la géochimie d'exploration se sont perpétuées jusqu'à ce jour et, sauf quelques exceptions, ont résulté en des attitudes de concurrence plus négatives que positives entre les scientifiques et les administrateurs des deux groupes. Ces différences ont, sans aucun doute, été

accentuées par la rivalité qui s'est jouée pour obtenir les fonds additionnels disponibles par l'entremise des ententes sur l'exploitation minérale.

- C13 Les indices cibles et les stratégies d'échantillonnage qui conviennent le mieux pour résoudre la question de la provenance des dépôts quaternaires diffèrent de façon significative, dans la majorité des situations, des stratégies d'échantillonnage et des associations minérales qui sont nécessaires pour procéder à une exploration minérale efficace dans les mêmes terrains. Par conséquent, essayer d'atteindre ces deux objectifs par l'application du même programme de reconnaissance en compromet l'efficacité.
- C14 Au sein de la Sous-division de la géochimie d'exploration (et, de façon plus générale, au sein de la Division des ressources minérales) le soutien technique est dangereusement bas et on a l'impression qu'il existe un plafonnement à l'avancement à cause des limites imposées actuellement au nombre de chercheurs scientifiques d'expérience.
- C15 Le haut pourcentage (63,2 %) de réponses que l'on a obtenu à la suite d'une enquête faite au moyen d'un questionnaire reflète l'inquiétude et l'intérêt que portent les organismes clients aux travaux de la CGC en géochimie.
- C16 Le but principal des travaux d'exploration géochimique, pour tous les groupes recensés, est la découverte de nouveaux gisements minéraux.
- C17 Les techniques géochimiques les plus communément utilisées par les clients de la CGC sont les méthodes lithogéochimiques, l'échantillonnage des sols, l'échantillonnage des minéraux lourds et du drift (y compris les tills) et l'échantillonnage régional des cours d'eau.
- C18 Quoique moins souvent utilisés, d'autres matériaux suscitent un réel intérêt chez certains groupes, mais ils exigent une collecte, une analyse et une interprétation des données plus élaborées. La CGC a un rôle bien évident qui consiste non seulement à interpréter les méthodes géochimiques courantes mais aussi à évaluer les nouvelles idées et les nouvelles techniques.
- C19 Il existe une méconnaissance significative des activités de la CGC en géochimie d'exploration au sein de la clientèle.
- C20 L'imprimé est de loin le support d'information le plus favorisé et le plus utilisé par la clientèle des données d'exploration géochimique. Les publications officielles, les journaux externes et les dossiers publics sont, dans l'ensemble, les sources d'information géochimique les plus souvent consultées à la CGC. L'information sur microfiches ou sur bandes magnétiques est rarement utilisée. Le Comité note une augmentation de la popularité et de l'utilisation de la disquette d'ordinateur pour le transfert de données.
- C21 Les communications les plus fréquentes entre la clientèle et les géochimistes de la CGC ont lieu au cours d'ateliers et de conférences ou encore par téléphone.
- C22 Les utilisateurs évaluent comme très bonnes la fiabilité et la qualité scientifique des données publiées par la CGC en géochimie d'exploration et les besoins des clients sont satisfaits dans une mesure qui varie d'acceptable à bonne.
- C23 Les données géochimiques semblent être publiées suffisamment à temps, mais une minorité très active de clients pense que cet aspect pourrait être amélioré.
- C24 Il existe un appui important dans les secteurs industriels et universitaires aux travaux qu'effectue la CGC en géochimie. Les levés d'exploration régionaux et le Programme national de reconnaissance géochimique sont fortement appuyés.
- C25 Les disciplines que l'on considère comme appropriées aux recherches que peut faire la CGC en géochimie comprennent la lithogéochimie et la recherche en gîtologie, la biogéochimie, le développement de méthodes analytiques ainsi que les techniques de gestion et d'interprétation des données. Les activités les moins favorisées sont celles qui n'ont aucun rapport avec l'exploration minérale.
- C26 La recherche géochimique sur les matériaux d'échantillonnage utilisés dans les levés régionaux, qui a pour but d'améliorer la méthodologie et les procédures d'interprétation, est considérée par les répondants de l'industrie et du gouvernement comme un domaine très approprié où pourrait se faire la recherche à la CGC. Ce résultat contraste nettement avec les réponses données il y a une dizaine d'années lors d'un sondage sur le Programme de reconnaissance de l'uranium.
- C27 De façon générale, les travaux de la CGC en géochimie répondent bien aux besoins de la clientèle. Dans les réponses au questionnaire, on n'a pas identifié de façon évidente de domaines d'activités déficients ou non appropriés compte tenu des pratiques géochimiques courantes des groupes recensés. Le Comité consultatif a cependant identifié la lithogéochimie, la géochimie gazeuse et l'électrogéochimie comme des domaines négligés par la CGC.
- C28 Les milieux universitaires et gouvernementaux ont exprimé un haut degré de satisfaction à l'égard des travaux de la CGC en géochimie des gisements minéraux quoique ceux de l'industrie se soient montrés moins satisfaits.
- C29 Les gouvernements provinciaux au Canada, collectivement, ont de grandes capacités en géochimie mais, pris individuellement, aucun n'arrive à égaler les ressources de la CGC en ce qui concerne le nombre et la diversité des géochimistes.
- C30 Dans la plupart des provinces et des territoires (6 sur 11), les géochimistes favorisent des levés géochimiques régionaux fédéraux-provinciaux. Quatre

provinces préfèrent que cela demeure une entreprise provinciale. Deux tiers des provinces et des territoires indiquent qu'il y a un degré significatif de collaboration avec les géochimistes de la CGC dans l'organisation de levés géochimiques régionaux.

- C31 Les plus grands avantages qu'offrirait la CGC aux universités et aux étudiants d'université seraient l'aide à la recherche documentaire, les possibilités d'emplois, le soutien logistique sur le terrain et la disponibilité de surveillants de projets de recherche.
- C32 Les relations entre les laboratoires commerciaux et la CGC sont surtout le fait de l'affermage intensif de services d'analyse et de l'aide au développement de techniques d'analyse. Le groupe des laboratoires ne croit pas que le développement de méthodes d'analyse à la CGC ait contribué à améliorer le niveau général de l'analyse géochimique au Canada.

Cependant, l'étude sur les publications faite par le Comité indique que plusieurs contributions importantes ont été apportées par des scientifiques de la CGC au développement et à la compréhension des procédures d'analyse géochimique.

- C33 Tout en tenant compte de la réaction de la clientèle, le Comité consultatif estime possible d'augmenter de façon significative l'ensemble des travaux en géochimie d'exploration effectués à la CGC, par une meilleure intégration du personnel et des ressources, en apportant des changements dans la gestion, l'organisation et les attitudes au sein des divisions et sous-divisions en cause.
- C34 Les scientifiques et la direction de la CGC sont presque unanimes à penser que l'étude des problèmes environnementaux par le moyen de la géochimie, à la CGC, est désirable. La plupart des répondants appuient cette démarche, mais on admet que ce domaine n'est que d'un intérêt et d'une importance modérés pour les groupes consultés.
- C35 Souvent, les stratégies d'analyse et d'échantillonnage couramment employées par la CGC au cours de levés régionaux de routine ne répondent pas aux besoins ni aux intérêts des scientifiques de l'environnement. Des modifications arbitraires aux procédures d'exploration minérale pour accommoder les scientifiques de l'environnement conduiront à des compromis qui mineront la qualité et l'utilité des données, tant dans les évaluations environnementales qu'en exploration minérale.
- C36 Les données de la CGC, en particulier les données géochimiques, constituent une ressource importante; pour que leur utilité soit maximale, elles doivent être facilement accessibles sous forme numérique, pour utilisation générale. Restreindre le flot de cette information pour d'autres raisons que d'assurer sa qualité et son intégrité peut nuire à son efficacité globale. La mise en place d'un système informatique destiné à faciliter l'utilisation de ces données est un investissement qui s'impose dans n'importe quel

programme géochimique. La CGC manque de stratégie cohérente en ce qui regarde l'entrée, le contrôle de la qualité, le stockage et la sortie des données géochimiques.

- C37 Le système d'information géographique SPANS, mis de l'avant par la Section des applications mathématiques en géologie, est une application valable qui peut être adaptée aux données spatiales. Le système a nettement contribué à accroître l'utilisation et à améliorer l'interprétation des données géochimiques régionales.
- C38 Une plus grande utilisation des systèmes d'information géographique nécessitera l'intégration de tous les systèmes de bases de données géoscientifiques de la CGC.

## RECOMMANDATIONS

- R1 Le Comité consultatif recommande fortement que la CGC réaffirme le rôle important qu'elle joue dans le soutien d'un programme vigoureux et actif de recherche et développement sur les concepts, les technologies et les méthodes de géochimie d'exploration; ce programme est orienté vers l'expansion de la base de données canadiennes en géochimie, qui est mise au service de l'industrie de l'exploration minérale et qui aide le gouvernement dans ses études sur les ressources et l'environnement.
- R2 Le Comité consultatif recommande que les activités qui touchent spécifiquement le développement de concepts, de technologies et de méthodologies d'exploration minérale soient placées sous la responsabilité de la Division des ressources minérales de la CGC, et toutes les activités qui relèvent de la géochimie d'exploration, sous la responsabilité de la Sous-division de la géochimie d'exploration.
- R3 À l'avenir, les programmes géochimiques de la Sous-division de la géologie du Quaternaire de la Division de la science des terrains et de la Sous-division de la géochimie d'exploration de la Division des ressources minérales doivent être évalués de façon critique en fonction des priorités des sous-divisions et des divisions. Le personnel expérimenté dans la détermination de l'origine et de la genèse des dépôts du Quaternaire, et dans l'application de ces connaissances à l'exploration géochimique, doit être transféré à la Sous-division de la géochimie d'exploration.
- R4 La Sous-division de la géochimie d'exploration doit exploiter au maximum les possibilités offertes par les réorganisations de la CGC pour revitaliser l'ensemble du programme d'exploration géochimique dans le cadre général d'un programme national de cartographie à long terme; elle doit aussi, par un engagement intégré dans l'étude des problèmes de l'exploration, faire progresser la science et la technologie de l'exploration à l'appui de l'industrie des minéraux.

- R5 Les problèmes spécifiques de gestion dont il faudra s'occuper à court terme sont les proportions défavorables entre le personnel de soutien technique et les chercheurs scientifiques, de même que la perception d'un plafonnement à l'avancement dû aux limites imposées quant au nombre de chercheurs scientifiques d'expérience.
- R6 La CGC doit continuer à gérer activement et résolument des projets et des ressources, au lieu de se contenter de superviser passivement des études entreprises par les scientifiques. Les travaux de prospection géochimique sont influencés de façon significative par les initiatives et les intérêts particuliers des géoscientifiques, et le Comité insiste sur l'importance d'une gestion qui, tout en encourageant les initiatives venant du bas, donne une orientation déterminée à la recherche géochimique.
- R7 Le Comité recommande que la direction de la CGC encourage la recherche interdisciplinaire parmi les géoscientifiques, en les invitant à soumettre des projets de recherches conjoints ou en collaboration et en se partageant les fonds alloués à des programmes intégrés soigneusement élaborés.
- R8 En outre, la CGC devrait se garder d'investir une partie indue des rares ressources disponibles dans des domaines de la recherche fondamentale qui ne peuvent servir à court terme à la mise en valeur des ressources minérales du Canada. Ce type de recherches devrait se pratiquer dans les universités, quitte à ce que la CGC y apporte son soutien et participe à la surveillance des études.
- R9 Pour compenser la pénurie critique à la fois de géochimistes et de géologues spécialisés dans l'exploration et connaissant la géochimie d'exploration, la CGC doit promouvoir des programmes et des initiatives de diffusion et de présentation de données qui peuvent être immédiatement utilisées en tant qu'étude de cas et du matériel didactique servant à la formation en méthodologie géochimique.
- R10 La CGC doit continuer à encourager la présentation des résultats de la recherche géochimique à des réunions régionales en mettant l'accent soit sur un sujet, soit sur une région. Cela accroîtrait aussi les possibilités de contacts personnels subséquents dans le domaine.
- R11 Compte tenu des régions géographiques en cause et, dans bien des cas, des différences entre les stratégies d'échantillonnage et d'analyse destinées aux levés environnementaux et les procédures et programmes d'exploration géochimique qui sont déjà existants, le Comité ne recommande pas que la CGC devienne promoteur des travaux géochimiques rattachés aux questions environnementales, puisqu'elle se trouverait ainsi à priver de ressources considérables les programmes importants et bien établis, dont le but est de fournir des données pertinentes pour l'exploration minérale et l'évaluation des ressources.
- R12 Le Comité recommande que la CGC mette sur pied un groupe de travail comportant des représentants de la CGC, de l'Environnement et de Santé et Bien-être ainsi que d'autres agents du gouvernement et du secteur privé, et qui aurait pour tâches :
- d'évaluer la taille et le but des bases de données géochimiques courantes résultant des programmes de la CGC ainsi que d'autres programmes;
  - d'évaluer les bases de données géochimiques existantes pour les groupes de scientifiques qui s'occupent d'environnement;
  - d'étudier comment les protocoles d'échantillonnage et d'analyse en géochimie d'exploration pourraient être modifiés pour fournir des données utiles concernant l'environnement sans compromettre d'aucune façon la qualité et la quantité des résultats et les ressources requises pour maintenir et continuellement améliorer la contribution de la CGC à l'industrie de l'exploration minérale par des travaux de recherche et de cartographie géochimiques.
- R13 Le Comité propose, en se fondant sur ses observations de la recherche géochimique dans le monde, que le groupe de travail étudie et recommande une approche à deux volets concernant la cartographie géochimique au Canada, de façon à y inclure un levé national à très faible densité et multidisciplinaire qui pourrait fournir une vue rapide et à facettes multiples du paysage géochimique. Ce levé national offrirait une base de données géochimiques régionales fondamentales dont on pourrait se servir, par la suite, pour procéder à des levés orientés plus particulièrement vers l'environnement et les ressources minérales.
- R14 Le Comité fait observer que tout programme environnemental établi par le gouvernement fédéral est destiné à devenir très visible politiquement et publiquement, et son efficacité sera fonction d'un engagement à long terme, de l'augmentation du budget alloué à l'équipement et aux installations et d'un personnel hautement qualifié et dévoué à la cause d'un programme global.
- R15 La CGC doit continuer à appuyer dans la même mesure son programme établi de recherches et de développement de méthodologies en géochimie d'exploration, mais devrait donner de l'expansion aux programmes en lithogéochimie, en géochimie gazeuse et en électrochimie, ou en créer s'il n'existe pas, afin de répondre aux besoins de ses clients et étudier de façon plus globale les méthodes applicables dans les régions portant une épaisse couverture de matériaux de transport.
- R16 Le Comité est fortement en faveur de la poursuite du Programme national de reconnaissance géochimique et recommande vivement que des fonds de base A soient consacrés à la recherche sur les aspects de la base de données du PNRG qui pourraient mener à une meilleure compréhension des phénomènes

- géochimiques superficiels et au développement de meilleures méthodologies, afin d'assurer l'efficacité de l'exploration minérale et des levés régionaux.
- R17 Le Comité recommande qu'une aide soit consentie au maintien des archives d'échantillons géochimiques accumulés au cours des travaux de reconnaissance géochimique, et que ces archives soient considérées comme des ressources nationales précieuses.
- R18 Le Comité recommande de continuer à affermer les analyses de routine qui consistent à déterminer la teneur en éléments traces des matériaux géochimiques, tout en maintenant un contrôle de la qualité propre à assurer l'uniformité et la fiabilité à long terme de la base de données qui en résulte. Les affermages doivent être bien contrôlés par Approvisionnement et Services afin de minimiser l'insatisfaction des laboratoires commerciaux d'analyses géochimiques.
- R19 La CGC doit faire tout son possible pour accélérer l'envoi des échantillons de référence aux sociétés canadiennes qui s'occupent d'analyses.
- R20 Le Comité recommande que la direction de la CGC continue à évaluer l'efficacité de ses relations publiques et cherche des moyens économiques de renseigner davantage le grand public en général et l'industrie des minéraux en particulier sur ses réalisations en géochimie.
- R21 La productivité individuelle affiche apparemment une grande disparité si on la mesure au nombre de publications ou d'articles produits par année. La moyenne annuelle, par exemple, d'études publiées par les spécialistes de la géochimie d'exploration dans les journaux scientifiques est inférieure à deux. Le Comité recommande que la fréquence et l'actualité des publications deviennent des critères importants pour décider du financement de la recherche effectuée par les scientifiques de la CGC.
- R22 Le Comité recommande que le Laboratoire de chimie analytique soit responsable de la préparation des échantillons avant l'analyse chimique et que la Section du développement des méthodes d'analyse étende ses responsabilités au développement de techniques de préparation des échantillons nouvelles et améliorées, applicables aux problèmes d'analyse liés spécifiquement à l'exploration.
- R23 On doit améliorer le contrôle de la qualité en adjoignant aux procédures établies du Laboratoire de chimie analytique une plus grande utilisation des échantillons de référence et l'inclusion de doubles prélevés sur le terrain, choisis et apportés par des géologues et des géochimistes de la CGC.
- R24 Le Comité consultatif donne son appui à la recommandation 4.3.2.2.3 du Comité Naldrett, que l'on établisse les coûts de l'analyse interne de façon réaliste et qu'ils soient imputés aux budgets individuels des projets.
- Il faut aussi étudier avec soin la possibilité d'établir un système interne pour le recouvrement d'une partie des coûts de développement dans le secteur de l'analyse.
- R25 Pour éviter toute attente irréaliste de la part des géologues qui font de la recherche, et accorder suffisamment de temps au processus de développement, un comité interne de liaison en analyse, en conjonction avec le Comité des priorités en analyse, doit évaluer les engagements probables requis pour mener à terme toute entreprise de développement.
- R26 Il est essentiel que les budgets de fonctionnement de la CGC comportent un montant réaliste pour couvrir les coûts d'entretien de l'équipement du laboratoire d'analyse, et, chaque fois que c'est possible et indiqué, des contrats d'entretien doivent être établis avec les fabricants d'instruments.
- R27 Afin de maintenir à un niveau élevé la qualité des analyses et le développement des méthodes, et d'accroître encore la productivité, la CGC doit tirer partie de tous les progrès réalisés dans la technologie de l'analyse et maintenir ses laboratoires à la fine pointe de la technologie. Un financement inadéquat, au début des années 80, a entraîné une sérieuse détérioration des normes d'analyse et, pour éviter que cela ne se reproduise, il faut établir un budget d'équipement réaliste.
- R28 Les travaux d'analyse de routine à la Section du développement des méthodes d'analyse doivent être réduits à leur plus simple expression, par un transfert plus rapide des nouvelles procédures ou des procédures établies au Laboratoire de chimie analytique ou aux laboratoires commerciaux.
- R29 Le Comité n'est pas convaincu que des études géochimiques portant sur les processus et nécessitant un laboratoire isotopique et des locaux dépoussiérés soient suffisamment prioritaires dans la recherche sur les gisements minéraux à la CGC pour justifier la dépense qu'entraînerait la rénovation ou la construction de laboratoires. Les scientifiques de la CGC qui ont à exécuter des analyses d'eau et des analyses isotopiques importantes doivent établir une coordination étroite et prendre les dispositions nécessaires avec des laboratoires bien établis et de bonne réputation qui sont en mesure d'analyser avec rapidité et précision les échantillons soumis par la CGC.
- R30 La CGC doit s'orienter rapidement et résolument, mais avec prudence, vers la diffusion de ses données géochimiques sur support électronique.
- R31 Le Comité fait observer que les géochimistes de la CGC doivent chercher à tirer tous les avantages possibles de la révolution informatique pour faciliter la communication au sein de la CGC et avec les clients utilisateurs.

- R32 Quoique l'adaptation du système d'information géographique SPANS ait été un succès dans la présentation des données géochimiques, la CGC doit, en temps opportun, procéder à l'évaluation d'autres systèmes d'information géographique afin d'assurer une présentation et une interprétation efficaces des données géochimiques et en même temps faciliter l'utilisation des SIG par les clients de la CGC.
- R33 Pour la manipulation des données géochimiques de la CGC, le Comité recommande l'établissement d'une structure informatique avec stockage central et capacité d'intégration de l'information.
- R34 La CGC doit amorcer dès à présent un processus de planification, afin que les collections disponibles de données géophysiques, géologiques, géochimiques et autres soient intégrées à des ensembles de données géographiques.

## **OBSERVATIONS PORTANT SUR LE RAPPORT SUR LA GÉOCHIMIE APPLIQUÉE À L'EXPLORATION MINÉRALE RÉALISÉ PAR LE COMITÉ CONSULTATIF DU CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE CANADIEN POUR LE COMPTE DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA**

### **Introduction**

La rapport du Comité consultatif sur les travaux en géochimie d'exploration minérale à la CGC s'inscrit dans un processus d'évaluation officiel au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Le rapport a été demandé par le sous-ministre adjoint de la Commission géologique du Canada en juillet 1988. Le but est de contribuer à satisfaire aux exigences ministérielles en évaluation de programme et d'aider le Secteur à assumer ses responsabilités à titre d'organisme de recherche qui dessert des clients répartis entre l'industrie des minéraux, d'autres organismes fédéraux et provinciaux et la communauté géoscientifique des universités et d'ailleurs.

Au moment où cette étude a été demandée au Conseil, il y avait un certain nombre de questions concernant les travaux en géochimie d'exploration à la CGC qui exigeaient d'être examinés par le moyen d'une revue indépendante faite par des pairs. En partie, quelques-unes de ces questions découlaient des résultats d'une étude antérieure du Conseil de recherches en géologie à la CGC (CGC, Étude 85-6, partie II). Trois questions préoccupaient particulièrement la direction de la CGC. Les voici, non nécessairement par ordre d'importance :

1. Selon l'opinion du client, y a-t-il un équilibre approprié entre les levés géochimiques et la recherche géochimique (par ex. la géochimie des procédés) à la CGC?

2. Est-ce que l'organisation et la répartition des travaux en géochimie d'exploration sont adéquats au sein de la CGC?
3. Le Programme national de reconnaissance géochimique est-il vu généralement de façon positive par les clients ou pourrait-on apporter des changements dans la structure et dans l'exécution du programme qui amélioreraient son utilité pour la communauté de l'industrie des minéraux?

Le rapport du Comité consultatif répond à ces trois questions et à plusieurs autres, naturellement. Quant au sujet de l'équilibre (question 1), le rapport, de façon générale, est positif, quoiqu'il fasse certaines recommandations qui servent à accroître l'élément recherche mais pas nécessairement au détriment des activités de levés. A la question 2, le Comité fait des recommandations concernant le transfert des travaux géochimiques reliés à la prospection du drift, de la Division de la science des terrains à la Division des ressources minérales. Ces recommandations sont généralement litigieuses au sein de la CGC et leur application doit être soigneusement évaluée par la direction de la CGC. Au sujet du PNRG (Programme national de reconnaissance géochimique), le Comité l'appuie fortement mais recommande de lui adjoindre comme composante un levé à faible densité d'échantillonnage. Ce levé à faible densité fait l'objet de beaucoup de discussions dans la communauté des géochimistes en ce moment et en réponse à cette recommandation, la CGC s'y engagera avec circonspection jusqu'à ce que son utilité ait été démontrée en terrain canadien. On planifie le lancement d'un projet pilote pour évaluer le besoin d'effectuer un levé à faible densité.

Une quatrième question importante a commencé à pointer au moment où le Comité faisait son étude. Il s'agit de la géochimie de l'environnement et de la proportion des efforts, dans ce domaine relativement nouveau, que l'on pourrait consacrer concurremment aux travaux plus connus de la géochimie orientée vers l'exploration. Au début, le Comité était généralement d'avis que la CGC devait procéder avec précaution dans ce domaine à cause du danger qu'il y avait de diluer, par des transferts au profit de la géochimie de l'environnement, les ressources disponibles pour la géochimie d'exploration. Les vues de la CGC en ce domaine sont ambiguës; elle présume qu'à cause de la haute visibilité politique et sociale des questions environnementales, les travaux en géologie de l'environnement prendront une place importante en géochimie à la CGC dans l'avenir. Au cours des deux années durant lesquelles le Comité a poursuivi ses enquêtes, la CGC a commencé de s'occuper sérieusement de géochimie de l'environnement sur un certain nombre de fronts, y compris par la participation à des projets internationaux avec d'autres organismes nationaux.

La partie suivante présente la discussion des 34 recommandations du Comité. La CGC est essentiellement d'accord avec la majeure partie de ces recommandations et, en fait, peut déjà les avoir mises en oeuvre ou avoir commencé à le faire.

## **Discussion des recommandations**

### *Recommandation 1 :*

La CGC est parfaitement consciente du rôle que la géochimie a joué dans l'exploration minérale au Canada et des contributions significatives que le personnel a apportées à cette discipline depuis 40 ans. De plus, la CGC a l'intention de maintenir sa position à l'avant-garde de la recherche géochimique au Canada et de continuer à contribuer à l'expansion de la base nationale de données géochimiques.

### *Recommandations 2 et 3 :*

Pour la CGC, il s'agit là des deux recommandations les plus litigieuses du rapport. Au coeur du problème se trouve la très vieille structure administrative à la CGC qui a séparé les travaux géochimiques associés aux eaux, aux sols, aux sédiments fluviaux et aux sédiments lacustres (Sous-division de la géochimie d'exploration, Division des ressources minérales) de la géochimie de la prospection du drift associée à la géologie du Quaternaire et aux activités d'échantillonnage des tills (Division de la science des terrains). Pour des raisons historiques aussi bien que techniques, il y a beaucoup de logique dans cette répartition, en particulier à cause de la nécessité qui existe de fermement relier les interprétations de la géologie des formations en surface et la compétence de la Division de la science des terrains aux aspects géochimiques des travaux de prospection du drift. D'autres facteurs viennent compliquer cette question, y compris l'élaboration, à la CGC, d'une base de données géochimiques intégrée qui peut accepter, dans un format compatible, les données géochimiques produites dans les deux divisions. Le Comité observe également que la nouvelle structure de programme maintenant en place à la CGC facilite la mise sur pied de projets interdivisionnaires et interdisciplinaires. Cela peut être une solution de rechange au transfert pur et simple de personnel et de compétence de la Division de la science des terrains à la Division des ressources minérales comme le Comité le recommande. Pour le moment, un groupe de travail réunissant du personnel des deux divisions étudiera ces sujets et les questions connexes, mais toute décision sur des changements administratifs en réponse aux recommandations du Comité sera retardée.

### *Recommandation 4 :*

La CGC est entièrement d'accord et a déjà mis sur pied EXTECH, qui est un projet multidisciplinaire intégré dont le but est d'améliorer les concepts et les technologies applicables à la recherche de gisements de sulfures massifs d'origine volcanique. La géochimie d'exploration et la prospection du drift en sont les éléments clés. De fait, le chef de projet est un spécialiste de la géochimie d'exploration. Les premiers résultats de ce projet sont très prometteurs et l'on espère qu'il servira de prototype à d'autres entreprises en science et en technologie de l'exploration.

### *Recommandation 5 :*

La direction de la CGC partage les inquiétudes du Comité en ce qui concerne le rapport chercheurs scientifiques/personnel de soutien technique et les possibilités d'avancement des

chercheurs scientifiques. Malheureusement, ces deux problèmes prendront un certain temps à se résorber. En ce qui regarde le rapport chercheurs scientifiques/personnel de soutien, il est important de comprendre que le nombre d'années-personnes alloué à la Division des ressources minérales a diminué de 15 % au cours des 3 dernières années, ce qui signifie peu de possibilités d'embauche de nouveau personnel. Il faut noter cependant que tout le nouveau personnel embauché par la Sous-division de la géochimie d'exploration depuis les visites des membres du Comité se retrouve dans la catégorie technique et celle des professionnels débutants.

Le système de contingentement qui restreint les promotions des chercheurs scientifiques s'applique dans l'ensemble de la Fonction publique et n'est pas sujet à modification unilatérale par la CGC ni par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Le système est cependant en révision et des améliorations pourraient être annoncées.

### *Recommandation 6 :*

La CGC continuera à exercer une gestion active et résolue des projets scientifiques.

### *Recommandation 7 :*

Deux grands projets intégrés dans lesquels on emploie des spécialistes de la géochimie d'exploration ont été entrepris depuis les visites des membres du Comité. Il s'agit du projet EXTECH déjà mentionné et d'une initiative en géochimie environnementale. Les deux projets ont produit des premiers résultats encourageants et donneront probablement naissance à d'autres efforts de recherche interdisciplinaire.

### *Recommandation 8 :*

La direction de la CGC convient qu'une «quantité indue» de ressources ne doit pas être détournée de la recherche fondamentale. Toutefois, le Comité n'a pu établir clairement quelle serait la quantité «appropriée», ni quelle partie de la recherche en géochimie d'exploration qui se fait actuellement pourrait être qualifiée de recherche fondamentale.

### *Recommandation 9 :*

La CGC a déjà pris des mesures pour rendre sa compétence en géochimie d'exploration plus accessible à ses clients. Le personnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration a participé à des ateliers de travail en 1990 et présenté un cours d'une journée à la réunion de 1991 de l'Association des prospecteurs et développeurs. Le personnel de la Division de la science des terrains a aussi participé à deux de ces ateliers. Un autre atelier en biogéochimie d'exploration est prévu pour 1992.

### *Recommandation 10 :*

Les résultats de la recherche et des levés géochimiques sont régulièrement présentés en exposition libre dans chaque province et territoire où ces travaux sont exécutés. La haute direction de la CGC attache une très grande importance à cette forme de communication avec les clients.

#### *Recommandation 11 :*

Cette recommandation, comme elle est formulée, semblerait en contradiction avec les deux autres qui suivent. La direction, toutefois, croit fermement que la CGC a un rôle important à jouer dans l'apport de quelques-unes des connaissances essentielles à la solution des problèmes environnementaux du Canada. Il est évident que la compétence et les données géochimiques joueront un rôle primordial et, à cette fin, un projet en géochimie de l'environnement a été entrepris sous la responsabilité de la Sous-division de la géochimie d'exploration. La CGC, cependant, fera tous les efforts possibles pour concilier les exigences quelquefois contradictoires entre la géochimie d'exploration et la géochimie de l'environnement, sans compromettre ni l'une ni l'autre.

#### *Recommandation 12 :*

Quoiqu'un groupe de travail officiel n'ait pas été formé, des discussions nombreuses et répétées ont eu lieu avec des agents des ministères de la Santé et de l'Environnement, à la fois aux niveaux fédéral et provincial, pour informer ces organismes de l'existence et de l'envergure de la base de données géochimiques et explorer des secteurs possibles de coopération. Plusieurs études en collaboration ont déjà été entreprises. De plus, d'autres études en géochimie de l'environnement, en collaboration avec d'autres organismes nationaux, sont en discussion (par exemple avec la British Geological Survey et la Commission géologique de Prague).

#### *Recommandation 13 :*

La CGC est au courant des progrès internationaux dans les levés géochimiques à très faible densité et va évaluer la possibilité d'utiliser cette approche au Canada. S'il arrivait, cependant, que ces levés fussent jugés possibles et désirables, il est peu probable que la CGC puisse appuyer financièrement un programme national dans un proche avenir. Un scénario plus plausible serait la mise sur pied d'un ou de quelques projets pilotes, peut-être en collaboration avec les organismes provinciaux.

#### *Recommandation 14 :*

L'énoncé n'est pas tant une recommandation qu'une observation. De toute façon, il est sûr que toute augmentation significative des activités en géochimie de l'environnement, au-delà de ce qui se fait actuellement, exigera à la fois du financement neuf et plus de compétence.

#### *Recommandation 15 :*

La CGC maintiendra ses travaux de recherche en géochimie, en biogéochimie et en lithogéochimie et, quand ce sera possible, leur donnera de l'expansion. Dans la période courante de restriction, il est peu probable qu'elle puisse se lancer dans des programmes importants de recherche interne dans de «nouvelles» sous-disciplines comme l'électrogéochimie et la géochimie gazeuse étant donné que chacune exigerait, non seulement de nouveaux fonds

d'exploitation, mais aussi du personnel nouveau, à la fois chez les chercheurs et le soutien. La CGC, cependant, tirera avantage des possibilités de collaboration comme le démontre sa participation actuelle aux travaux d'un consortium industriel qui évalue des méthodes électrogéochimiques.

#### *Recommandations 16 et 17 :*

La CGC s'est engagée à maintenir et, si possible, à renforcer le Programme national de reconnaissance géochimique. A court et moyen terme, les nouveaux levés seront financés presque exclusivement par des sources externes comme les ententes sur l'exploitation minière, tandis que les fonds alloués aux composantes du PNRG à même le budget de base A seront investis en priorité dans l'élaboration de bases de données numériques (déjà entreprise), la conservation et la réanalyse des échantillons archivés, la recherche en méthodologie et l'interprétation. La CGC maintiendra son appui en faveur des archives du Programme national de reconnaissance géochimique.

#### *Recommandation 18 :*

Les analyses de routine qui visent à déterminer la teneur en éléments traces sont déjà presque entièrement affermées à des laboratoires commerciaux. On utilise des procédures sévères de contrôle de la qualité pour contrôler à la fois la précision et la fiabilité des analyses faites pour le PNRG. Nous sommes assurés que les résultats sont uniformes depuis les 20 ans que dure ce programme. Les procédures de contrôle de la qualité n'ont pas toujours été aussi systématiques pour certains autres groupes de données, mais des mesures sont prises actuellement pour combler les lacunes. En ce qui regarde les procédures d'affermage, il faut comprendre que les objectifs énumérés dans le rapport (p.--) sont revus avec Approvisionnement et Services de façon continue et que des critères d'évaluation détaillés sont établis pour chaque contrat.

#### *Recommandation 19 :*

Cette recommandation est en voie d'application. Ainsi, la CGC a commencé à mettre en vente, par l'entremise de CANMET, en 1990 des échantillons de référence de sédiments fluviaux et lacustres. Des normes relatives à l'échantillonnage des sols et des tills sont présentement adoptées et elles seront diffusées d'ici deux ans.

#### *Recommandation 20 :*

La CGC cherche à faire connaître ses travaux géochimiques parmi ses clients i) en organisant un Colloque biennal sur les minéraux qui comporte une composante géochimique assez importante, ii) en parrainant une série d'ateliers et de cours succincts en géochimie et iii) en participant de façon plus active aux réunions nationales et régionales et aux expositions libres. De plus, la CGC a récemment commencé à faire de la publicité par l'entremise d'une brochure sur la disponibilité des données numériques du PNRG.

*Recommandation 21 :*

La fréquence et l'actualité des publications sont déjà des critères importants pour l'approbation des projets et les décisions de financement. Cependant, nous n'acceptons pas le fondement sur lequel la recommandation repose, c'est-à-dire qu'en moyenne, les géochimistes de la CGC produisent moins d'articles dans les publications scientifiques que ce que l'on considère être la norme dans les facultés universitaires. D'abord, dans le cas de plusieurs projets de la CGC, les diverses publications de la CGC semblent plus appropriées que les journaux scientifiques, de sorte que toute évaluation de productivité doit tenir compte des textes parus dans ces médias. Ensuite la compilation faite par le Comité englobe apparemment des personnes qui ne faisaient pas partie de la catégorie des chercheurs scientifiques et qui ne doivent pas être comparées à des membres de facultés universitaires. En fait, les 13 chercheurs scientifiques qui faisaient de la géochimie d'exploration avaient une productivité moyenne annuelle de 3,75 publications, dont 2,3 dans des journaux scientifiques pour la période de 1984 à 1988.

*Recommandation 22 :*

La première partie de cette recommandation est difficile à accepter pour trois raisons. Premièrement, ce serait placer une surcharge déraisonnable sur les épaules du surveillant du Laboratoire de chimie analytique. Deuxièmement, l'activité la plus importante de l'Unité de préparation des échantillons consiste dans la séparation des minéraux pour études isotopiques et géochronologiques. Enfin, la principale responsabilité de la gestion du Laboratoire de chimie analytique et de l'Unité de préparation des échantillons est confiée à une même personne, soit le chef de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. En ce qui regarde le développement de techniques de préparation des échantillons, il est bien possible que la Section du développement des méthodes d'analyse se voit confier cette responsabilité, mais la priorité à donner à ces techniques doit être évaluée en fonction des autres demandes de développement de méthodes.

*Recommandation 23 :*

Les matériaux de référence normalisés sont déjà utilisés de façon régulière dans toutes les méthodes mises en oeuvre au Laboratoire de chimie analytique, et on ne voit pas trop quels avantages on pourrait tirer d'une utilisation plus étendue. Cinq pour cent des échantillons qui passent par le laboratoire sont des doubles anonymes introduits par le surveillant du laboratoire. De plus, les clients du laboratoire sont invités à insérer leurs propres doubles et à vérifier les échantillons, mais cette pratique n'est pas obligatoire.

*Recommandation 24 :*

La CGC va réexaminer la question du recouvrement interne des coûts des services d'analyse.

*Recommandation 25 :*

Comme le Comité l'affirme (p. --), l'établissement des priorités est la responsabilité de la direction. Les chercheurs en géologie doivent discuter de leurs besoins en analyse avec le personnel des laboratoires avant de présenter une demande. Les demandes sont filtrées par les chefs des laboratoires, pour que l'on puisse s'assurer que le travail est réalisable dans un délai raisonnable et qu'il n'imposera pas une charge irréaliste aux laboratoires.

*Recommandation 26 :*

La CGC admet que l'entretien d'un matériel de laboratoire coûteux est un sujet de préoccupation critique, et de fait le budget de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie comporte une partie réservée aux réparations. Des contrats de maintenance existent pour un certain nombre d'instruments, mais dans plusieurs cas il est plus rentable de s'en tenir à l'«auto-assurance».

*Recommandation 27 :*

La CGC réalise l'importance de maintenir un budget d'équipement afin d'assurer l'accès à une technologie d'analyse qui est à la fine pointe du progrès, et elle reconnaît la précarité de la position dans laquelle elle s'est retrouvée au début et au milieu des années 80. Toutefois, l'introduction, en 1989, du PARBE (Plan d'achat et de remplacement de biens d'équipement) à la suite de négociations avec le Conseil du Trésor a permis à la CGC d'améliorer considérablement ses équipements. Malheureusement, l'augmentation du budget d'immobilisations s'est faite au prix d'une diminution des années-personnes et n'a pas été accompagnée d'une augmentation du budget de fonctionnement. Ce dernier cause beaucoup de souci parce que l'équipement de pointe, s'il augmente la productivité, coûte cher à entretenir.

*Recommandation 28 :*

En principe, les vraies analyses de routine que l'on peut faire exécuter dans les laboratoires commerciaux sont la plupart du temps affermées (voir aussi la recommandation 18). Les méthodes qui sont devenues «d'emploi courant» au Laboratoire de développement de méthodes sont transférées au Laboratoire de chimie analytique. Cependant, il s'agit là d'un processus en évolution puisque le Laboratoire de chimie analytique n'a pas nécessairement le personnel et l'équipement sur les lieux pour mettre immédiatement en oeuvre une nouvelle procédure.

*Recommandation 29 :*

La CGC ne peut souscrire à la conclusion du Comité, que des installations de détermination des isotopes stables ne sont pas suffisamment prioritaires dans la recherche sur les minéraux pour justifier la dépense en cause. La CGC considère les recherches isotopiques comme peut-être parmi les plus prometteuses et les plus excitantes des méthodes modernes

de recherche sur les minéraux. En outre, l'étude des isotopes stables va jouer un rôle important en géoscience de l'environnement. Quant aux locaux dépoussiérés, quoiqu'une décision définitive n'ait pas encore été prise, il est fort possible qu'ils deviennent une nécessité, non seulement pour la recherche sur les minéraux mais aussi dans le cas où la CGC aurait un plus grand nombre d'analyses d'eau à exécuter pour la géochimie d'exploration comme pour la géochimie de l'environnement. Ces installations pourraient être comprises dans la réfection majeure de l'édifice du 601 de la rue Booth que l'on entreprendra dans quelques années.

*Recommandations 30 et 31 :*

La CGC s'oriente rapidement vers un accès plus facile aux données numériques. En ce qui regarde les données géochimiques, par exemple, toute la base de données du PNRG est maintenant offerte aux clients sur disquettes. Le réseau de la CGC, qui est en voie d'établissement, facilitera grandement la communication électronique au sein de la CGC.

*Recommandation 32 :*

La CGC reconnaît l'importance de se tenir au courant des progrès réalisés dans le domaine des systèmes d'information géographique. Il faut admettre cependant que les investissements considérables en matériel et en logiciels

informatiques, de même qu'en temps de formation et de perfectionnement déjà consacré au système d'information géographique SPANS par la Sous-division de la géochimie d'exploration signifient que toute décision de changer de systèmes ne peut pas être prise à la légère.

*Recommandation 33 :*

La Sous-division de la géochimie d'exploration travaille actuellement à mettre au point un système global provisoirement appelé «Base canadienne de données géochimiques» (BCDG). Le système pourrait, en principe, incorporer non seulement les données du Programme national de reconnaissance géochimique mais aussi d'autres ensembles de données géochimiques.

*Recommandation 34 :*

Beaucoup de discussions et de réflexions ont été consacrées à l'intégration des diverses données géoscientifiques qui existent au sein de la CGC. Comme scénario probable d'une première étape, on pourrait relier les diverses bases de données éparses (géologiques, géophysiques, géochimiques) par le moyen du réseau de la CGC et offrir aux clients une «porte» unique d'accès aux données numériques. Que ces divers ensembles de données soient pré-ordonnés sur une base géographique pose une question intéressante que l'on pourra étudier plus en détail.

## PARTIE II

### INTRODUCTION

Une application et une adaptation utiles des techniques d'exploration géochimique dans une grande variété de conditions, le développement rapide des techniques d'analyse et de l'informatique et les améliorations apportées aux transports sur le terrain ont fait de la géochimie, au Canada, l'une des disciplines les plus efficaces et les plus utilisées dans l'exploration minière. Cette efficacité ressort de la liste des découvertes de minéraux énumérées au tableau 1, modifié d'après Brummer, Gleeson et Hansuld<sup>1</sup>.

La CGC a contribué à ce succès, à la fois directement et indirectement, par ses travaux de recherche sur les méthodes d'exploration géochimique et leur application dans une grande variété de milieux naturels au Canada.

Les travaux de recherche en géochimie d'exploration, à la CGC, ont commencé en 1949 lorsque R.W. Boyle a procédé à l'étude d'auroles primaires autour de gisements aurifères dans la région de Yellowknife. Ces études ont été suivies, en 1950, de levés géochimiques des eaux des ruisseaux et des sources, des sédiments fluviaux et des sols au Yukon et dans les Maritimes. Des laboratoires d'analyse géochimique ont été établis à Ottawa vers la fin des années 50.

Au cours des années 60 et 70, les activités de recherche en géochimie d'exploration et les levés géochimiques ont connu un essor à la mesure de la diversité et malgré le caractère inhospitalier des régions du Canada où elles ont eu lieu. Pendant plus de 40 ans, les scientifiques de la CGC ont apporté des contributions significatives à la géochimie d'exploration et ont acquis une réputation mondiale. Leurs découvertes, y compris les données des levés régionaux, ont stimulé de façon importante l'exploration minière au pays, et la compétence ainsi développée a contribué à la mise en valeur des ressources naturelles dans d'autres pays par l'entremise de l'ACDI et d'autres programmes d'aide à l'étranger.

La géochimie d'exploration a connu sa principale phase de croissance entre 1972 et 1986, lorsque les spécialistes de la géochimie d'exploration ont été transférés à la Division de la géophysique et de la géochimie des ressources (DGGR) et lorsque les travaux ont été accrus et étendus au Programme de reconnaissance de l'uranium et le Programme national de reconnaissance géochimique. Durant cette période, ce n'est pas toute la recherche géochimique qui s'est faite à la DGGR. Le personnel de la Division de la science des terrains avait commencé, en 1963, des recherches sur l'or dans les tills glaciaires de la région de Kirkland Lake et au début des années 70, le Groupe des minéraux traces en milieu sédimentaire se lançait dans l'échantillonnage des eaux et sédiments fluviaux et dans des études plus poussées des tills. Ailleurs à la CGC, de nouvelles technologies d'analyse et des progrès scientifiques ont stimulé l'application de la

géochimie à plusieurs types de recherches en sciences de la terre autres que l'exploration minière. C'est ainsi qu'une utilisation plus poussée a été faite de la lithogéochimie appliquée à l'étude des problèmes de la genèse des gisements minéraux, et que des travaux ont été faits sur les isotopes et en géochimie organique à l'appui de la recherche du pétrole et du gaz et d'autres applications.

### Réorganisation récente

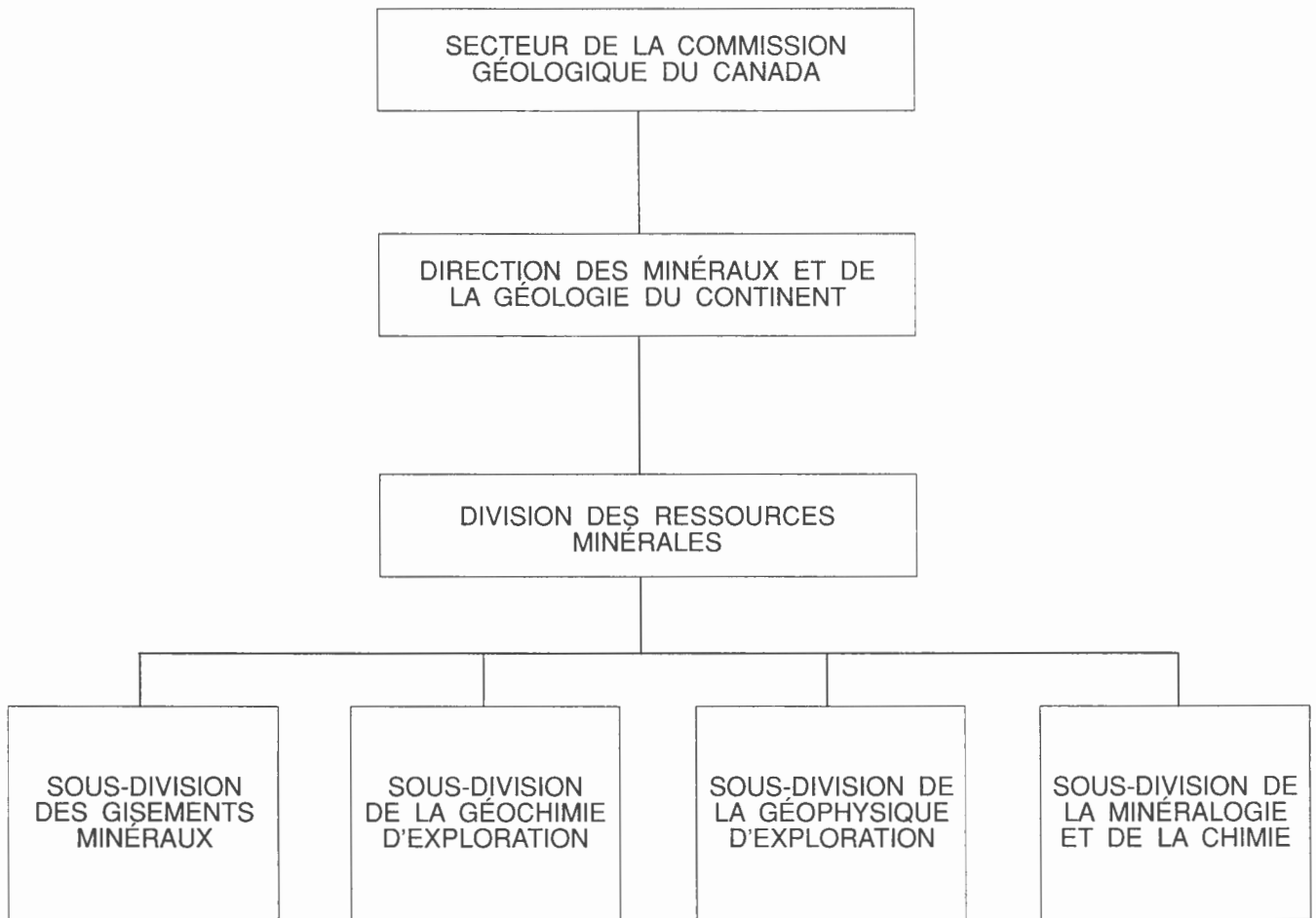
A partir de 1986, la CGC a apporté une série de changements d'ordre administratif qui ont influé sur l'administration de la géochimie d'exploration comme activité scientifique. Un changement motivé par des raisons d'ordre technique, en avril 1986, a eu pour résultat de défaire la Division de la géophysique des ressources et de la géochimie (DGGR) suite au regroupement de la CGC et de la Direction de la physique du Globe d'ÉMR. Les spécialistes de la géochimie d'exploration de la Sous-division de la géochimie des ressources de la DGGR ont été regroupés dans la Sous-division de la géochimie d'exploration de la Division des ressources minérales (DRM). En même temps, l'Unité des laboratoires d'analyse de la Sous-division de la géochimie des ressources devenait la Section du développement des méthodes d'analyse au sein de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie de la DRM. Ce changement a été suivi, une année plus tard, d'une autre réorganisation : la CGC a été élevée au rang de Secteur au sein d'ÉMR et la Division des ressources minérales a été incluse dans la Direction des minéraux et de la géologie du continent (fig. 1 et 2).

**Tableau 1.** Gisements découverts au moyen de méthodes de prospection géochimique.

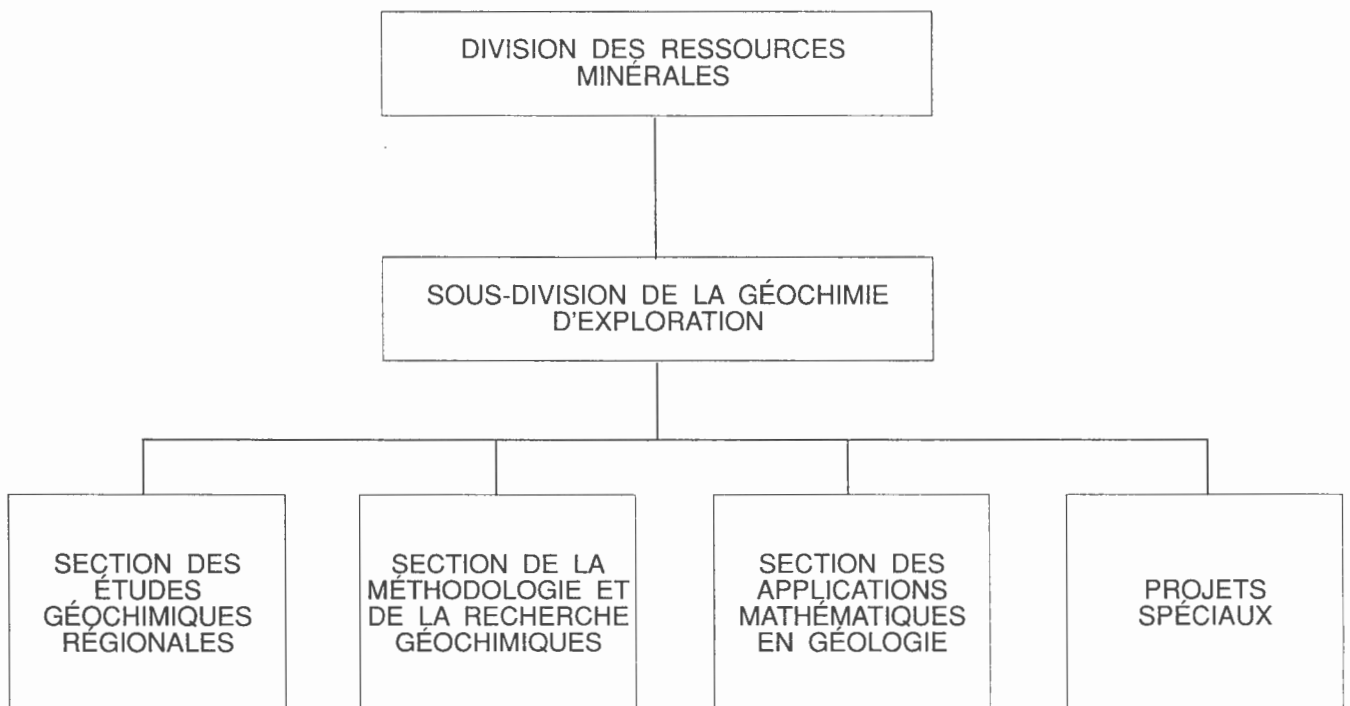
	1938-1968	1969-1989
Orogène appalachien	Magnet Cove Barim Corp. (Pb-Zn-Cu-Ag) Mount Pleasant (W Mo-Sn) Murray Brook (Cu-Zn-Pb) Restigouche (Pb-Zn-Cu-Ag) Newfoundland Zinc (Zn)	East Kemptville (Sn) Woodstock (Cu) Tally Pond (Cu-Zn) Nugget Pond (Au)
Bouclier précambrien	Louvern East (Zn) Delbridge (Cu-Zn) Millenbach (Cu-Zn)	Corbett (Cu-Zn) Belt Creek (Au) LAC Minerals Hemlo, Zone «C» (Au) Aqarius (Au) Key Lake (U) Collins Bay, Zone «B» (U) Waddy Lake, Gisement EP (Au) Winstone Lake (Zn)
Orogène de la Cordillère	Craigmont (Cu-Fe) Stikine Copper (Cu) Sam Goosly (Au-Ag-Cu) Bell Copper (Cu) Morrison (Cu-Mo) Berg (Cu-Mo) Huckleberry (Cu Mo) O.K. (Cu-Mo) Island Copper (Cu Mo) Husky (Ag)	Chapelle (Au-Ag) Casino Silver (Cu-Mo) Lawyers (Au Ag) Howards Pass (Pb-Zn) Midway (Pb-Zn-Ag) Brandywine (Au) Kutcho Creek (Cu Zn Ag Au) Kutcho Creek (Cu-Zn-Ag Au) Rea Gold (Au-Ag-Cu-Pb-Zn) Mount Skukum (Au-Ag) Bear Totem (Au Ag) Mount ? (Au-Cu)

Modifié d'après Brummer, J.J. et al., 1986, «A Historical Perspective of Exploration Geochemistry in Canada - The First 30 Years», R.G. Garrett éd. *Journal of Geochemical Exploration*, Elsevier Science Publishers, Vol. 28, No. 1/3, Juin 1987, pp. 1-39

<sup>1</sup> Brummer, J.J. et col., 1986, «A Historical Perspective of Exploration Geochemistry in Canada - The First 30 Years». R.G. Garrett, éd., *Journal of Geochemical Exploration*, Elsevier Science Publishers, Vol. 28, No. 1/3, Juin 1987, pp. 1-39.



**Figure 1a.** Organigramme - Division des ressources minérales.



**Figure 1b.** Organigramme - Sous-division de la géochimie d'exploration.

L'impact de ces réorganisations a été complexe mais un certain nombre de programmes en vigueur en 1986 ont été maintenus. Les principaux changements qui ont touché le groupe de la géochimie d'exploration comprennent a) des modifications dans la structure de gestion et dans le personnel cadre au niveau de la division et de la direction, b) le transfert des travaux d'analyse en géochimie d'exploration, faisant partie antérieurement du Groupe de la géochimie d'exploration, à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie, c) et l'inclusion de la Section des applications mathématiques en géologie au sein de la Sous-division de la géochimie d'exploration.

Comme conséquence de la réorganisation, le personnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration a subi, à différents degrés, une dégradation des relations de travail et de la communication, un fléchissement du moral et d'autres sources d'anxiété. En 1988, la CGC a pensé que le temps était venu qu'un Comité consultatif du Conseil géoscientifique canadien procède à la revue des activités géochimiques à la CGC et formule, pour l'avenir, des recommandations appropriées.

### *Le Comité consultatif et son mandat*

La suite à donner à la recommandation de 1985 du Comité Naldrett<sup>2</sup>, qu'un comité consultatif soit formé pour se pencher sur les travaux de la Division de la géophysique et de la géochimie des ressources a nécessairement été retardée par les réorganisations dont il a été question. Vers la fin de 1987, la CGC a demandé au Conseil géoscientifique canadien de mener des évaluations séparées, faites par des pairs, des activités géophysiques et géochimiques à la CGC. Un comité de géophysique, sous la présidence de M. H.O. Siegel, a d'abord été formé et un comité de géochimie de six membres<sup>3</sup>, sous la présidence de M. J. Alan Coope, et représentant la compétence en géochimie, en géologie du Quaternaire et en géologie des gisements minéraux du monde universitaire, des gouvernements provinciaux et de l'industrie a été créé en mai 1988 et a tenu ses premières réunions à Ottawa en juillet 1988.

Le mandat spécifique du Comité consultatif formé pour revoir les travaux de géochimie à la CGC a été élaboré en fonction des orientations suivantes :

1. Déterminer et documenter le bien-fondé et les niveaux actuels de la recherche, du développement de méthodes et des levés en géochimie à la CGC.

2. Évaluer leur impact et leur pertinence en ce qui regarde les utilisateurs des secteurs industriel, universitaire et gouvernemental, et aussi en ce qui concerne les responsabilités des directions du ministère.
3. Évaluer l'actualité, la pertinence, la qualité quant au genre et la quantité des publications qui présentent les résultats de la recherche, du développement de méthodes et des levés géochimiques régionaux.
4. Évaluer l'étendue, la valeur, l'organisation et la qualité de l'équipement de recherche, du personnel de soutien, des services informatiques et d'analyse, des procédures d'affermage disponibles à l'appui des recherches, levés et activités connexes en géochimie.
5. Examiner les méthodes et procédures utilisées en ce qui regarde les projets de géochimie et les levés régionaux lorsqu'il s'agit de les identifier, les entreprendre, leur assigner des priorités et les gérer.
6. Faire des observations sur l'organisation actuelle des travaux géochimiques à la CGC.
7. Identifier de nouvelles initiatives et de nouveaux champs d'action pour la recherche, le développement de méthodes et les levés en géochimie.
8. Présenter des recommandations écrites, selon les besoins, au sous-ministre adjoint, Secteur de la CGC, sur les façons d'améliorer la qualité et l'efficacité de la recherche et des levés géochimiques et la diffusion des résultats. Le Comité consultatif du Conseil géoscientifique canadien doit présenter les résultats de son enquête et les recommandations appropriées par écrit au sous-ministre adjoint de la CGC. Le rapport du Comité doit être rendu public, mais le mécanisme concernant la publication et le format seront déterminés par entente mutuelle entre le sous-ministre adjoint, la CGC et le Conseil géoscientifique canadien.
9. A moins d'une entente différente entre le sous-ministre adjoint et le président du Comité consultatif du Conseil géoscientifique canadien, le rapport du Comité doit être soumis à la CGC dans l'année qui suit le début officiel de l'étude.

### *Travaux du Comité consultatif*

Suite aux obligations que lui impose son mandat, le Comité consultatif a entrepris les travaux suivants :

1. Par des entrevues avec le personnel de la CGC :

<sup>2</sup> Naldrett, A.J. et col., 1986, «The Geosciences in Canada, 1985, Part 2; Report of the Canadian Geoscience Council Committee on Mineral Deposits Research at the Geological Survey of Canada», Conseil géoscientifique canadien, Commission géologique du Canada, Étude 85-6, Partie 2, pp. 1-44.

<sup>3</sup> J.A. Coope, Newmont Exploration Limited, Denver, président M.A. Bouchart, Département de géologie, Université de Montréal, Québec

P.H. Davenport, ministère des Mines et de l'Énergie de Terre-Neuve, St. John's

I.L. Elliott, Cominco Exploration, Vancouver

W.K. Fletcher, Département des sciences géologiques, Université de Colombie-Britannique, Vancouver

A.H. Green, Falconbridge Limited, Windsor, Nouvelle-Écosse

- (a) revoir la répartition des travaux en géochimie d'exploration au sein des diverses divisions et sous-divisions de la CGC;
  - (b) revoir les procédures utilisées dans le développement et la mise en oeuvre des travaux de recherche et des levés en géochimie d'exploration;
  - (c) revoir l'effet des changements d'ordre technique et administratif apportés à la CGC en 1986 et 1987.
2. Par des entrevues choisies avec le personnel des ministères de l'Environnement et de Santé et Bien-être, revoir leur interaction avec le personnel géochimiste à la CGC et la valeur et l'utilité des données de la géochimie d'exploration de la CGC pour les programmes de ces ministères.
  3. Par des visites aux bureaux de la Commission géologique de Finlande et au USGS, et par une entrevue additionnelle avec un géochimiste de la British Geological Survey, comparer l'organisation et l'exécution des travaux géochimiques reliés à l'exploration minérale, à l'environnement et à d'autres sujets d'intérêt.

4. Par la distribution de questionnaires à des géoscientifiques choisis dans les milieux industriels, gouvernementaux et universitaires, examiner si la CGC répond aux besoins de ses divers clients dans ces milieux, et comment ces milieux perçoivent l'utilité et l'efficacité des activités géochimiques à la CGC.

Des 163 questionnaires distribués à ces groupes, 103 ont été retournés, ce qui donne un pourcentage de réponse de 63,2. Ce haut niveau de réponse reflète l'intérêt et les préoccupations des clients en ce qui regarde les travaux géochimiques à la CGC et fournit au Comité une juste idée de ce que pensent, de la géochimie à la CGC, les clients de l'extérieur de l'administration fédérale.

A l'intérieur des limites de temps imposées, ces activités, y compris les réponses rapides qu'a apportées la CGC aux demandes d'informations historiques et de données d'appui, ont permis au Comité de saisir de façon adéquate les faits et les opinions, et ainsi de formuler des conclusions et des recommandations comme l'exigeait son mandat.

Le Comité est d'avis qu'en dépit d'une réaction généralement favorable à l'égard des travaux et des rendements fournis par le passé, les problèmes internes de gestion, d'organisation et de moral sont tels que les travaux

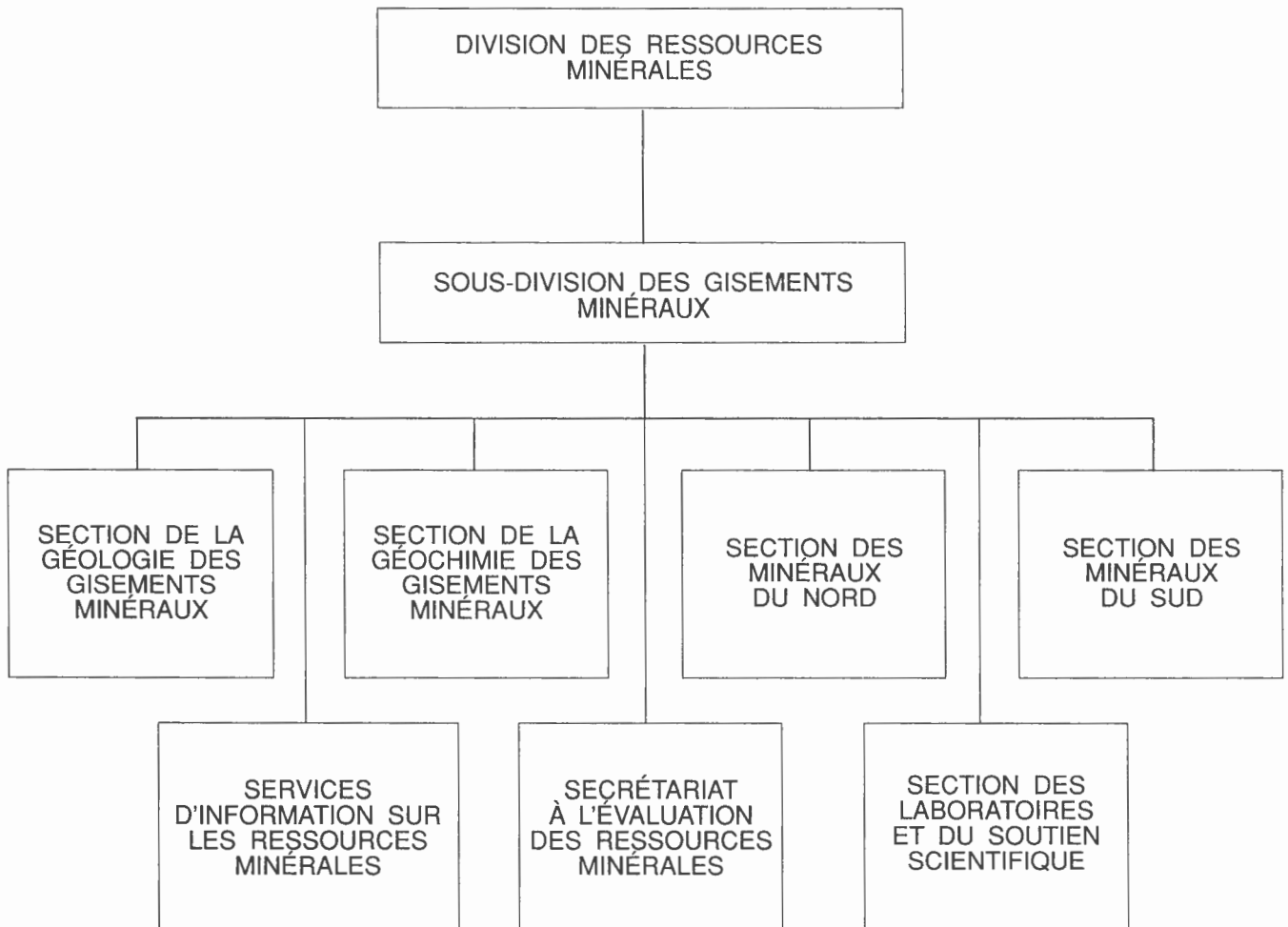


Figure 1c. Organigramme - Sous-divisions des gisements minéraux.

en géochimie d'exploration à la CGC se trouvent à une croisée de chemins critique. Les difficultés et les problèmes ont été identifiés, et le présent rapport formule, pour étude, un certain nombre de recommandations.

## LE PROGRAMME DE GÉOCHIMIE À LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

La production de données géochimiques provient en majeure partie des sources suivantes à la CGC :

1. La Division des ressources minérales : (fig. 1a, 1b, 1c)
  - (a) la Sous-division de la géochimie d'exploration
  - (b) la Sous-division des gisements minéraux
  - (c) la Sous-division de la minéralogie et de la chimie
2. La Division de la science des terrains : (fig. 1a)
  - (a) la Sous-division de la géologie du Quaternaire
3. L'Institut de géologie sédimentaire et pétrolière
  - (a) la Sous-division de géologie pétrolière (géochimie organique)

Comme le Comité l'a fait observer dans l'introduction à ce rapport, la disponibilité de techniques d'analyse améliorées et les progrès dans l'interprétation scientifique ont stimulé l'accroissement de l'utilisation des données géochimiques dans la majorité des disciplines géoscientifiques existantes au sein de la CGC. Toutefois, vu que l'objet principal du mandat du Comité est d'évaluer les activités géochimiques appliquées à l'exploration minérale, l'attention a été portée d'abord et avant tout sur les travaux géochimiques des divisions des ressources minérales et de la science des terrains (1 et 2 mentionnées ci-dessus).

### *Objectifs et travaux des sous-divisions à la Commission géologique du Canada qui produisent des données géochimiques*

À la Division des ressources minérales, la **Sous-division de la géochimie d'exploration** fait de la recherche sur les processus géochimiques et sur le développement, l'application et l'évaluation des méthodes d'exploration géochimique, afin d'aider l'industrie qui se consacre à l'exploration minérale et de faciliter les programmes gouvernementaux d'évaluation des ressources et de cartographie géologique. La Sous-division fournit des

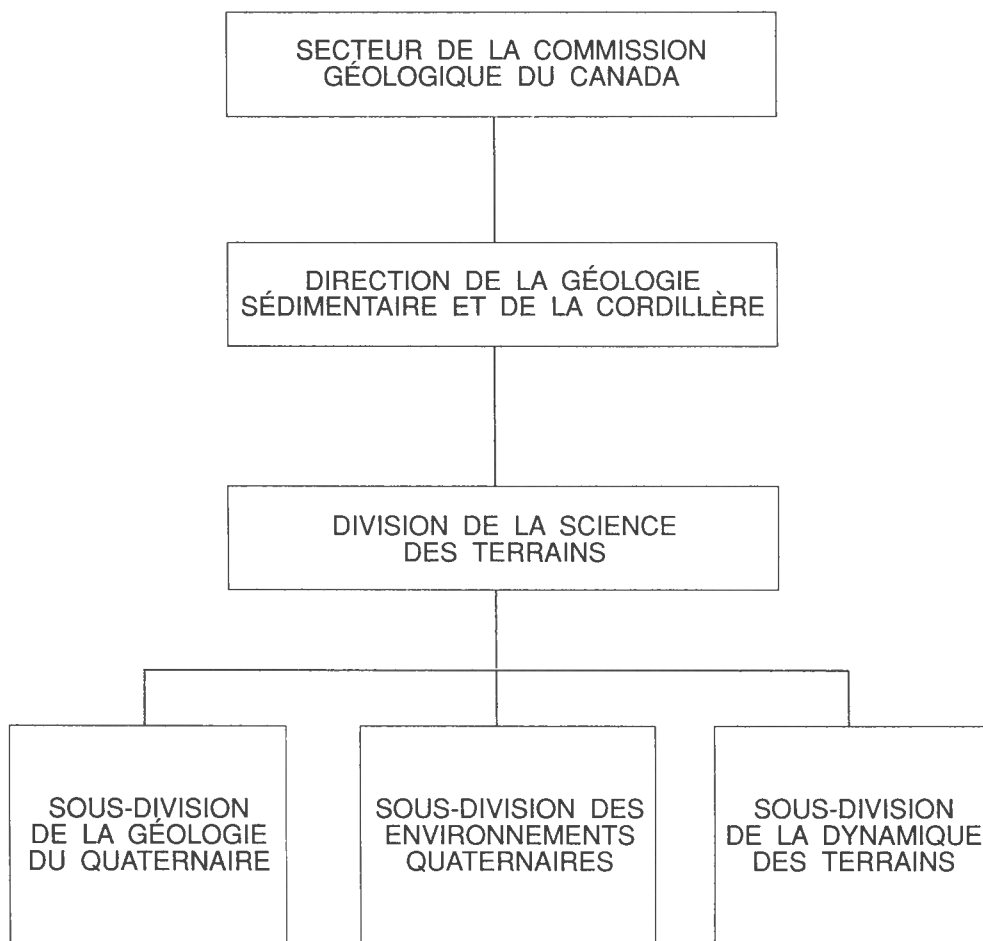


Figure 1d. Organigramme - Division de la science des terrains.

données géochimiques qui intéressent directement l'étude des problèmes de santé et d'environnement de même que la planification de l'utilisation des terres. Par l'entremise de la Section des applications mathématiques en géologie, elle développe et applique des méthodes mathématiques et statistiques requises pour faire l'intégration et l'interprétation des données géochimiques et autres données géoscientifiques.

Avant la réorganisation de 1986, l'organisme antérieur à la Sous-division de la géochimie d'exploration (la Sous-division de la géochimie des ressources de la DGGR) comportait une unité de laboratoires qui s'occupaient du développement de méthodes d'analyse et d'analyses de routine. Au moment de la réorganisation, le groupe de l'analyse a été incorporé à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. La Sous-division de la géochimie d'exploration est aussi un client majeur de la Section du développement des méthodes d'analyse au sein de cette sous-division.

La **Sous-division de la minéralogie et de la chimie** fournit des services analytiques et minéralogiques à l'appui des travaux de recherche de la Division et du Secteur et développe des techniques d'analyse pour répondre aux besoins de ses clients et pour éventuellement les transmettre à des laboratoires commerciaux. La Sous-division a aussi la responsabilité de conserver les collections nationales de même que des collections de roches, de minéraux et de météorites, et celle de fournir de l'information minéralogique, ce qui comprend la vente au public de collections de roches et de minéraux de référence.

La **Sous-division des gisements minéraux** effectue des recherches sur la genèse des gisements minéraux, interprète les rapports qui existent entre les gisements minéraux et les caractéristiques géologiques des principales régions géologiques du Canada, et tient une base d'information nationale sur la nature, la répartition et les caractéristiques géologiques des ressources minérales canadiennes autres que les hydrocarbures. En intégrant les résultats de ces travaux (y compris une quantité croissante de données géochimiques), on développe des directives et des modèles à l'intention de l'industrie canadienne de l'exploration minérale. Ils servent aussi au développement de politiques gouvernementales qui touchent la gestion des ressources et la planification de l'utilisation des terres.

La Sous-division des gisements minéraux est aussi un client important de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. Ce service comporte à la fois des travaux d'analyse réguliers et spéciaux orientés, dans une large mesure, vers l'étude de la répartition des métaux dans les roches, minéraux et autres matériaux géologiques et la solution de problèmes concernant la genèse des gisements minéraux.

La **Sous-division de la géologie du Quaternaire** a pour objectifs primordiaux de tenir un inventaire national des formations en surface et des reliefs pour établir la stratigraphie et l'histoire environnementale des dépôts du Quaternaire, et de fournir des données de base sur la composition et la provenance du drift et sur les processus géologiques qui s'exercent sur la masse continentale.

### ***Sous-division de la géochimie d'exploration (fig. 1b)***

Les activités de la Sous-division de la géochimie d'exploration se subdivisent en trois catégories :

- (i) méthodologie et recherche géochimiques
- (ii) intégration et analyse des données
- (iii) études géochimiques régionales

Le Plan opérationnel (Appendice A) de la Sous-division pour l'année financière 1988-1989 offre quelques détails sur la répartition géographique des divers travaux. Sauf pour les salaires des géochimistes et chimistes surveillants et le coût de quelques réanalyses d'échantillons, toutes les dépenses reliées aux Études géochimiques régionales (1,7 million en 1988-1989) sont financées par le programme des ententes sur l'exploitation minérale. Les travaux sous les rubriques Méthodologie et recherche géochimiques et Analyse et intégration des données sont financées à même le budget de base A (1,6 million de dollars de 1988-1989). Les salaires représentent 66 % des fonds de base A comparativement à seulement 13 % pour les ententes sur l'exploitation minérale, ce qui reflète l'exclusion des salaires et le coût proportionnellement plus élevé des services d'échantillonnage et d'analyse à contrat.

Le principal objectif de la **Section de la méthodologie et de la recherche géochimique** est de développer des méthodes géochimiques qui ont une application pratique en exploration minérale et qui intéressent d'autres industries qui ont besoin de données géochimiques. Actuellement, la majeure partie de la recherche est orientée vers l'or, l'argent et les métaux du groupe du platine. La Section compte six chercheurs spécialisés dans diverses méthodes de géochimie d'exploration deux scientifiques responsables de la gestion des données et du personnel de soutien technique. Les travaux courants se font en géochimie des tills, étude des minéraux lourds, étude des isotopes, biogéochimie, hydrogéochimie, lithogéochimie et portant sur l'application de systèmes informatisés d'analyse des données.

Le programme de géochimie des tills a été lancé en 1986 et s'inscrit dans le cadre des recherches faites à la Sous-division de la géochimie d'exploration sur les méthodes d'exploration, dont les résultats ont d'abord été appliqués pendant le programme EGMA, puis utilisés sur une grande échelle par l'industrie dans la recherche des métaux communs, de l'uranium et de l'or au cours des 12 à 15 dernières années. La recherche est intégrée aux travaux des chercheurs de la Sous-division de la géologie du Quaternaire et comporte l'étude de la stratigraphie glaciaire, la lithogéochimie de la roche en place, la géochimie des fractions granulométriques et la détermination de la teneur des tills en minéraux lourds.

Les études biogéochimiques intermittentes qui ont caractérisé le programme de la CGC depuis le début des années 60 ont donné lieu, en 1985, aux études actuelles à long terme sur les régions situées en forêt boréale et qui sont maintenant mondialement reconnues et suivies de près. Le laboratoire de biogéochimie a été rétabli à Ottawa pour apporter supplément et complément aux études sur le terrain.

En hydrogéochimie, on a passé trois ans à développer des instruments et des appareils d'échantillonnage et à soumettre des demandes de brevets, sans avoir fait de levés ni avoir publié de données.

En plus de la lithogéochimie comprise dans le programme d'étude des tills, un géochimiste de la sous-division travaille en étroite collaboration avec des scientifiques de la Sous-division des gisements minéraux à la recherche de porphyres de cuivre aurifères dans la Cordillère, et des études isotopiques de la genèse des métaux précieux se poursuivant en Abitibi et en Scandinavie.

L'intégration et l'analyse des données sont la responsabilité de la Section des *applications mathématiques en géologie*, qui travaille en collaboration avec des scientifiques des sections de la géochimie régionale et de la méthodologie et de la recherche géochimiques qui s'occupent de transfert de technologie. Les cinq chercheurs scientifiques de la Section des applications mathématiques sont responsables (i) du développement et de méthodes probabilistes et leur application à l'évaluation des ressources minérales à des fins de planification de l'utilisation des terres; (ii) du développement et de l'application de nouvelles méthodes d'intégration et d'interprétation des divers ensembles de données géoscientifiques, y compris les données LANDSAT et autres données de télédétection; (iii) du développement de méthodes statistiques pour les données de la géochimie d'exploration et autres données géoscientifiques connexes; et (iv) de l'apport de travaux statistiques et de services aux projets entrepris à la CGC.

Quoique comprises dans la Sous-division de la géochimie d'exploration, il est assez évident que la Section des applications mathématiques dessert l'ensemble de la CGC de même que d'autres secteurs de l'administration fédérale. Toutefois, des liens administratifs plus étroits de même que l'applicabilité évidente de l'analyse statistique et de l'analyse des images à l'interprétation des données géochimiques contribuent à une intégration plus serrée avec la géochimie d'exploration au sein de la sous-division. On s'en rend facilement compte si l'on considère l'adaptation du SPANS (système d'analyse spatiale) et du EASIPACE (système d'analyse d'images) aux études d'intégration de données spatiales sur des données provenant de Nouvelle-Écosse, du Nouveau-Brunswick et de la Saskatchewan. De plus, de nouvelles techniques statistiques et des programmes informatiques correspondants ont été développés pour l'analyse de données tronquées et censurées au hasard typiques de résultats d'analyses géochimiques multiélémentaires avec limites de détection.

Les recherches de transfert technologique, effectuées surtout par des chercheurs extérieurs au Groupe des applications mathématiques, comprennent le système de données informatisées récemment mis au point (IDEAS), le développement des procédures de restitution au laser pour le dressage des cartes géochimiques et les applications à des systèmes experts.

Les objectifs de la **Section des études géochimiques régionales** consistent à effectuer des levés de reconnaissance géochimique et des études connexes de suivi ou d'orientation

afin de (i) fournir une base de données géochimiques régionales et (ii) développer et améliorer la méthodologie et les procédures d'interprétation et d'intégration des données. Les données des levés régionaux servent à l'industrie pour l'exploration minérale, et aux gouvernements pour l'évaluation des ressources. Les données peuvent aussi servir à la cartographie géologique dans les régions qui ont fait l'objet de levés et à fournir de l'information pertinente pour les travaux de recherche sur des questions d'environnement ou de santé publique.

Afin d'atteindre ces objectifs, la Section se livre aux travaux suivants :

- (a) elle effectue des levés géochimiques régionaux des bassins hydrographiques;
- (b) elle réanalyse des échantillons archivés;
- (c) elle entreprend des études de suivi, d'orientation et d'interprétation associées aux levés régionaux;

travaux qui sont en grande partie financés par des ententes sur l'exploitation minérale conclues avec les provinces.

La majeure partie des ressources de la Section sont utilisées pour terminer les levés des bassins hydrographiques et diffuser les résultats dans le cadre du Programme national de reconnaissance géochimique (PNRG). Environ deux millions de kilomètres carrés de la masse continentale canadienne (dont la superficie totale est de 9,92 millions de kilomètres carrés) avaient été couverts par le PNRG à la fin de 1988. Sept cent mille kilomètres carrés ont été couverts en vertu du programme quinquennal des ententes sur l'exploitation minérale qui a commencé en 1984. Les principales composantes de ces levés sont affirmées et c'est le rôle de la Section de fournir les compétences géochimiques et administratives et de surveiller tous les travaux exécutés à contrat afin d'assurer un contrôle de la qualité durant toutes les phases des levés. La plupart des levés entrepris portent sur plusieurs éléments et utilisent une densité d'échantillonnage relativement faible (1 échantillon pour 13 kilomètres carrés); ils se font par hélicoptères et consistent en l'échantillonnage de sédiments fluviaux et lacustres et d'eau, exécuté conformément au PNRG. Au cours des dernières années, des changements et des additions ont été apportés à la méthodologie, notamment une augmentation de la densité (1 échantillon pour 2 kilomètres carrés) dans le cas des levés effectués dans certaines régions présentant un fort potentiel économique; des levés intercalaires à haute densité dans des régions déjà couvertes, pour encourager des suivis de la part de l'industrie; l'addition de métaux (Au, Sb, W, Ba et Sn) à la suite d'éléments déjà analysés; et des améliorations dans la gestion des données et leur présentation.

Ce qui suit est un résumé des activités de la Section au cours des 5 premières années d'existence du programme des ententes sur l'exploitation minérale.

- Accordé 28 contrats d'échantillonnage
- Coordonné 25 programmes sur le terrain
- Formé 19 équipes d'échantillonnage
- Vérifié 60 000 entrées d'échantillons d'eau et de sédiments

- Surveillé l'analyse de 98 000 échantillons (env. 2,3 millions de déterminations)
- Produit 48 nouveaux dossiers publics de données (env. 1 010 cartes géochimiques)

Environ 560 000 acres de concessions minières ont été jalonnées suite à la publication des résultats en 1986 et 1987, en majeure partie par des prospecteurs individuels ou de petites sociétés minières.

Les échantillons recueillis excédentaires lors du PNRG ont été catalogués et archivés. Environ 180 000 échantillons sont maintenant stockés et, au cours d'une récente période de 4 ans, plus de 17 000 de ces échantillons ont été récupérés pour être soumis à une réanalyse, d'abord pour l'or, mais aussi pour 33 autres éléments, par activation neutronique.

D'autres études plus spécifiques sont entreprises pour élucider des problèmes particuliers relatifs aux levés régionaux. Ces travaux qui peuvent se présenter sous forme d'études d'orientation, de suivi, d'interprétation, d'analyse ou de présentation de données sont d'une grande valeur lorsqu'il s'agit d'évaluer les levés régionaux et les stratégies d'exploration. Parmi ces études on compte l'évaluation (i) des sédiments lacustres comme matériaux d'échantillonnage des métaux du groupe du platine et de l'or, (ii) l'utilisation de divers matériaux d'échantillonnage de sédiments fluviaux au Nouveau-Brunswick et (iii) les techniques d'analyse par plasma induit et par activation neutronique indirecte pour la production du «noyau» des données du PNRG, (iv) la gestion des données et (v) les techniques de présentation des données.

### ***La Sous-division de la minéralogie et de la chimie (fig. 1a)***

La Sous-division de la minéralogie et de la chimie comprend l'unité de préparation des échantillons et de séparation minérale, le Laboratoire de chimie analytique et la Section du développement des méthodes d'analyse. La Sous-division a d'autres responsabilités qui comprennent les laboratoires de minéralogie de la CGC, la conservation des collections de roches, y compris les collections nationales et les collections de météorites et la préparation et la vente de collections de roches et de minéraux et de livrets d'excursion. La Sous-division compte en tout 47 années-personnes qui se répartissent comme suit : Laboratoires de minéralogie - 10; Laboratoires de préparation des échantillons - 5; Conservation des collections - 4; Collections de roches et de minéraux - 5; Laboratoire de chimie analytique - 15; et le développement de méthodes d'analyse - 8. Conformément à son mandat, le Comité a porté son attention sur l'unité de préparation des échantillons et de séparation des minéraux, le Laboratoire de chimie analytique et la Section du développement des méthodes d'analyse.

A titre de centre de services auxiliaires, le *Laboratoire de chimie analytique* fournit des analyses de plus de 40 différents éléments aux scientifiques de toutes les divisions de la CGC. Le service le plus populaire est une offre d'analyse «globale» pour 19 éléments, mais beaucoup d'efforts sont consacrés à des échantillons spéciaux qui exigent des procédures d'analyses particulières. En 1987-1988, la

Division des ressources minérales a soumis presque 80 % de tous les échantillons analysés. Le Laboratoire de chimie analytique n'est pas responsable de l'analyse de routine des échantillons d'exploration géochimique comme les échantillons de sols ou de sédiments ou les échantillons lithogéochimiques prélevés dans le cadre des ententes sur l'exploitation minière. Ces travaux, tout comme certaines analyses de routine, sont confiés en grande partie à des laboratoires commerciaux.

Les installations et le rendement du Laboratoire de chimie analytique ont été critiqués dans le rapport Naldrett (1986). Toutefois, suite à l'acquisition d'un spectromètre à plasma induit (ICP) en 1984 et d'un XRF automatisé en 1986, le laboratoire est maintenant mieux équipé pour satisfaire les besoins de ses clients. Plus récemment, l'unité a pu fournir des analyses spéciales en utilisant le spectromètre ICP-MS qu'elle partage avec la Section du développement des méthodes d'analyse. En dépit d'une faible baisse du personnel durant la même période, il y a eu augmentation substantielle du nombre des échantillons traités annuellement, soit de 5 205 en 1984-1985 à 12 795 en 1987-1988. Le laboratoire a établi sa propre procédure de contrôle de la qualité par l'introduction de blancs et environ 5 % de dédoublement au hasard des matériaux d'échantillonnage.

En 1987, les 50<sup>e</sup> et 90<sup>e</sup> percentiles du délai de livraison des analyses ont été de 90 et de 166 jours respectivement. Le délai moyen de 90 jours est long mais peut-être pas déraisonnable dans le cas d'analyses d'échantillons à matrices hautement variables et difficiles (c'est-à-dire hautement minéralisées). Toutefois, un nombre significatif de demandes prennent beaucoup plus de temps. Dans beaucoup de cas, les principaux facteurs qui allongent le délai d'exécution sont les pointes inattendues dans la réception d'échantillons provenant des géologues de la CGC et les demandes imprévues d'analyses spécifiques qui exigent des procédures spéciales.

Au moment de la réorganisation de 1986, la majeure partie du personnel et des ressources du Laboratoire de chimie analytique de la Sous-division de la géochimie des ressources de la DGGR ont été regroupés dans la Section du développement des méthodes d'analyse et transférés à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. Leur mandat s'est trouvé augmenté comme suit :

- développement de méthodes d'analyse pour des projets de la CGC et à l'intention de l'industrie de l'exploration minière;
- développement de méthodes pour d'autres matrices;
- étude de nouvelles technologies pour application en géo-analyse;
- amélioration des technologies existantes et obtention de brevets;
- transfert à l'industrie de méthodes développées à l'interne;
- évaluation des méthodes utilisées dans l'industrie.

L'unité est bien équipée d'instruments d'analyse modernes, dont un spectromètre de masse à plasma induit Sciex, un spectromètre séquentiel ICP-ES Yvon-Jobin et plusieurs spectromètres d'absorption atomique. En dépit d'un petit personnel de huit, les progrès en géochimie analytique sont bien menés sur plusieurs fronts et les résultats sont publiés. Dans ce contexte, la plupart des groupes qui constituent la clientèle de la CGC considèrent tous le développement de méthodes de chimie analytique à la CGC comme une activité importante et donnent généralement à ce qui en sort une haute cote de pertinence. En plus du développement de méthodes d'analyse, l'unité entreprend un nombre substantiel de déterminations de routine qui ne font pas partie du répertoire du Laboratoire de chimie analytique.

La préparation des échantillons, y compris le concassage et la pulvérisation des roches pour analyse chimique, est la responsabilité de l'Unité de préparation des échantillons et de séparation minérale. Les responsabilités de cette unité relativement petite (5 années-personnes), mais qui relève du chef de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie, n'occasionnent que très peu de contact avec le Laboratoire de chimie analytique et la Section du développement des méthodes d'analyse. Ces rapports font l'objet d'observations ci-dessous mentionnées où il est question de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie.

### *La Sous-division des gisements minéraux (fig. 1c)*

La recherche de gisements minéraux dépend fortement de la géochimie; on s'intéresse à cette application non seulement à la Section de la géochimie des gisements minéraux mais aussi dans la plupart des autres sections au sein de la Sous-division. Les recherches géochimiques (lithogéochimiques, isotopiques, inclusions fluides, etc.) sont utilisées principalement pour essayer de mieux comprendre les gisements minéraux et leurs milieux de formation, mais en espérant aussi que les résultats conduiront à la définition d'une méthodologie globale de géochimie d'exploration appliquée aux systèmes minéralisés et, de façon moins directe, et avec moins de certitude, à des techniques plus régionales, dépendantes de la compréhension du milieu géologique.

Les programmes, au cours des dernières années, ont été orientés vers l'étude des minéralisations aurifères et des métaux du groupe du platine (MGP) dans la Cordillère et le Bouclier canadien et ils ont révélé des rapports potentiellement significatifs entre le soufre et le sélénium et les MGP d'une part, et le soufre, les oxydes alcalins et l'or d'autre part dans certaines régions spécifiques. D'autres applications ont été faites dans l'étude des gisements d'étain et de tungstène des Appalaches et l'étude des bassins sédimentaires le long de la frontière entre le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest. Des études conjointes avec le personnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration sont en cours dans le district de Sulphurets en Colombie-Britannique tandis que d'autres études ont nécessité le développement de méthodes d'analyse conjointement avec les chimistes de la Section du développement des méthodes d'analyse. Un exemple, entre

autres, de cette intégration a été le développement de techniques d'analyse pour l'étude des échantillons provenant du Projet des minéraux des fonds marins entrepris au large de la côte de la Colombie-Britannique.

Il est assez évident, d'après les entrevues faites par le Comité, que plusieurs projets au sein de la Sous-division des gisements minéraux ont profité et ont été stimulés par l'interaction étroite et intégrée de géochimistes d'expérience à la fois de l'intérieur et de l'extérieur de la Sous-division. Il est clair qu'il faut encourager et poursuivre cette intégration. L'application pratique, en géochimie d'exploration, des caractéristiques géochimiques définies par la recherche sur les gisements minéraux est toujours un défi important dont la direction de la CGC devrait faire un de ses principaux objectifs.

### *La Division de la science des terrains (fig. 1d)*

L'application des méthodes géochimiques à l'étude des problèmes de la géologie du Quaternaire remonte au début des années 60. L'historique de cette application dans les travaux de la Division de la science des terrains se trouve ailleurs dans ce rapport.

Avant 1986, la majeure partie de la recherche en géochimie à la Division de la science des terrains se faisait par l'entremise du Groupe des bassins sédimentaires et des minéraux traces (GBSMT). Suite à la dissolution de ce groupe, l'échantillonnage des tills à faible densité, méthodologie mise au point par le GBSMT, a été régulièrement inclus dans les programmes de cartographie de la Sous-division de la géologie du Quaternaire financés par les budget de base A des ententes sur l'exploitation minérale.

La Sous-division de la géologie du Quaternaire est fortement impliquée dans les programmes réalisés en vertu d'ententes sur l'exploitation minérale dans les Maritimes, en Ontario, au Manitoba et dans les Territoires du Nord-Ouest, qui représentent un engagement budgétaire de 1,35 million de dollars en 1988-1989. Ces projets ont été entrepris dans des régions présentant un fort potentiel minéral mais aussi une épaisse couverture de drift. Cent mille dollars additionnels sont attribués au Programme géoscientifique du Québec. Ces chiffres se comparent au budget de 2,04 millions de dollars alloué aux programmes de base A.

La qualité des données géochimiques produites au cours des premières années des ententes sur l'exploitation minérale a souffert de spécifications inadéquates en ce qui concerne la préparation des échantillons et les analyses à contrat négociées avec les laboratoires commerciaux. Plus tard, une procédure a été établie pour éliminer ces problèmes; elle fait appel à une coordination et à une collaboration plus étroites de la part du personnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration. Des échantillons de référence ont été obtenus de la Sous-division de la géochimie d'exploration, et il y a eu plus d'interaction entre les géochimistes de cette Sous-division sur des problèmes spécifiques de géochimie.

La technique d'échantillonnage des tills à faible densité qui a été développée par la DST (650 échantillons par faille de carte à l'échelle de 1/250 000) est largement utilisée dans

les programmes de levés réalisés en vertu des ententes sur l'exploitation minérale, où elle constitue le standard pour compléter la cartographie superficielle de même que pour définir les unités de tills et la séquence des événements du Pléistocène. En dépit de la très faible densité de quelques-uns des programmes d'échantillonnage de la DST, les données indiquant des anomalies prononcées ont toujours fait l'objet d'un suivi de la part de compagnies privées, et l'information sur la stratigraphie du Quaternaire a toujours eu de la valeur, pour l'industrie, dans la planification des programmes d'exploration géochimique et dans l'interprétation des données qui en résultent.

Le degré d'utilisation des données géochimiques dans les programmes de cartographie du Quaternaire financés à même le budget de base A est moins évident au jugement du Comité, parce que la compétence géochimique disponible pour plusieurs projets entrepris dans les régions de l'est et du centre nord est limitée. Environ 13 % (5 a.-p.) du budget de base A de 1,75 million de dollars (28 a.-p.) alloué à la Sous-division de la géologie du Quaternaire en 1987-1988 a été consacré à des études concernant les pluies acides dans le sud-est de l'Ontario, à la recherche en exploration minérale, surtout sur le comportement géochimique de l'or et des MGP dans les tills et les sols, et à des études sur la minéralogie d'échantillons d'argile provenant de la dorsale Juan de Fuca.

## **ÉVOLUTION DES TRAVAUX GÉOCHIMIQUES DANS LES SOUS-DIVISIONS DE LA CHIMIE D'EXPLORATION ET DE LA GÉOLOGIE DU QUATERNAIRE**

Une revue historique générale de l'évolution des travaux de géochimie d'exploration à la CGC peut fournir de l'information de base sur la répartition actuelle des travaux au sein des divisions des ressources minérales et de la science des terrains et servir à expliquer quelques-unes des difficultés actuelles.

Avant 1962, les travaux de recherche et développement en géochimie effectués à l'appui de l'exploration minérale à la CGC étaient entièrement le fait de scientifiques qui oeuvraient dans la Division de la géophysique des ressources et de la géochimie et dans les divisions antérieures. Tel que noté auparavant, ces activités de géochimie d'exploration ont comporté notamment des études effectuées dans les années 50 sur des sédiments fluviaux, des sols, des échantillons d'eau de ruisseaux et de sources au Yukon et dans les Maritimes. Dans certaines parties du Bouclier canadien, le faible développement des réseaux hydrographiques et la présence d'une couverture étendue de matériaux morainiques ont imposé un rythme lent au développement des techniques d'exploration. Les géochimistes de la CGC ont entrepris en 1962 des travaux de recherche biogéochimique dans des milieux glaciaires, à peu près au même moment où les géologues de la Division de la science des terrains ont commencé des études minéralogiques classiques et l'étude des clastes en aval des glaces, au camp aurifère de Kirkland Lake, et ont identifié des particules d'or dans des tills peu

profonds. Ces résultats et ceux des études d'orientation faites par les géochimistes sur les tills sus-jacents au gisement Louvem en 1969, ont justifié la mise en oeuvre du programme EGMA, qui consistait à forer à travers les morts-terrains pour procéder à l'échantillonnage des tills dans les épaisses successions de matériaux glaciaires, dans la région de l'Abitibi en 1971. Ce programme a aussi permis le financement du premier levé régional de sédiments des fonds lacustres (36 000 kilomètres carrés) durant la même période dans la région de Timmins-Kirkland Lake-Rouyn-Val d'Or.

En 1973, la Section de sédimentologie et des minéraux traces de la Division de la science des terrains a entrepris l'étude de la répartition des métaux dans les eskers et les tills et, en collaboration avec l'Université Queen's, la dispersion des métaux dans les sédiments lacustres et les eaux de lac dans les régions qui ont subi la glaciation. Le groupe de la sédimentologie et des minéraux traces a acquis une réputation mondiale, particulièrement pour avoir démontré les avantages et l'utilisation de la répartition selon la granulométrie pour les études sur l'échantillonnage des tills.

L'échantillonnage des sédiments lacustres d'avant-plage a fait l'objet de recherche à la CGC en 1972, dans les Territoires du Nord-Ouest, et on l'a appliqué à des levés de reconnaissance à grande échelle (93 000 kilomètres carrés et densité de 1 pour 26 kilomètres carrés) dans la région des lacs de l'Ours et des Esclaves. Toutefois, l'échantillonnage des sédiments profonds ou du centre des lacs, d'abord mis au point et utilisé dans le sud de l'Abitibi en 1971, et évalué de nouveau à Terre-Neuve en 1972, est par la suite devenu la technique préférée retenue pour le Programme national de reconnaissance géochimique qui a commencé par des levés régionaux à Terre-Neuve en 1973 et en Saskatchewan en 1974.

Le Programme fédéral-provincial de reconnaissance de l'uranium (PRU) a été créé en 1975 pour fournir à l'industrie des données de haute qualité en exploration de reconnaissance. Elles indiqueraient où se trouvent les plus grandes probabilités de découvrir de nouveaux gisements d'uranium et apporteraient au gouvernement fédéral des données nationales systématiques qui serviraient de base à l'évaluation des ressources en uranium. L'échantillonnage des sédiments fluviaux et lacustres, selon une densité de 1 pour 13 kilomètres carrés, a constitué l'élément géochimique de ce programme. Suite à l'appui et à un fort encouragement de la part de plusieurs provinces, ces levés se sont poursuivis prenant la forme d'un Programme national de reconnaissance géochimique, ressuscité après l'abandon, par le gouvernement fédéral, du PRU en 1979.

Les opinions scientifiques divergentes causées par la préférence donnée à l'échantillonnage des tills dans le Groupe de la sédimentologie et des minéraux traces contre l'échantillonnage des bassins de drainage (sédiments lacustres et, là où c'est applicable, échantillonnage des sédiments fluviaux), pour l'exploration des régions qui ont été soumises à la glaciation, préféré par les spécialistes de la géochimie d'exploration sont devenues la base de contestations scientifiques et de rivalité entre la Division de la science des terrains et la Division de la géophysique et de

la géochimie des ressources vers le milieu des années 70. Le problème s'est accentué avec l'attribution, par le gouvernement fédéral, de fonds spéciaux au Programme de reconnaissance de l'uranium entrepris par la DGGR.

De façon générale, le PRU a été reçu de façon favorable. Un questionnaire de 1977 a obtenu un pourcentage de réponse de 73% de la part des industriels, ce qui indiquait que le programme était considéré comme une entreprise appropriée de la part des gouvernements fédéral et provinciaux<sup>4</sup>. Toutefois, il y avait une forte opposition (50 % des répondants) à ce que la CGC fasse le suivi des données de reconnaissance recueillies pendant l'exécution du programme parce que cela constituerait une incursion non désirée du gouvernement dans le domaine de l'exploration minérale et le placerait en concurrence directe avec l'industrie. Quoique des travaux limités de suivi aient été entrepris, certains observateurs ont perçu le PRU comme un programme normal d'acquisition de données sans composante de recherche. Cela a conduit à des discussions d'ordre philosophique au sein de la CGC, voulant que le PRU était une entreprise non appropriée à la CGC.

Le Programme de reconnaissance de l'uranium et le Programme national de reconnaissance géochimique ont été bien reçus par le secteur privé et l'information qui a été publiée a stimulé l'accroissement de l'activité d'exploration minérale. Cette expérience, ainsi que d'autres facteurs, ont décidé les gouvernements provinciaux (qui contrôlent les droits minéraux, dans leur compétence respective, au Canada) à négocier des ententes quinquennales conjointes sur l'exploitation minérale avec le gouvernement fédéral pour augmenter la couverture en évaluation des ressources. Ces programmes, lancés en 1984 et qui ont continué, de façon progressive, jusqu'à l'année financière 1988-1989, sont devenus une activité dominante dans plusieurs divisions de la CGC. L'engagement de la Sous-division de la géochimie d'exploration dans les ententes sur l'exploitation minérale, par l'entremise de la Section des études géochimiques régionales, représentait environ 52 % du budget de la Sous-division qui était de 3,3 millions de dollars en 1988-1989.

L'impression continuellement grandissante, dans l'industrie et au sein des gouvernements, du besoin d'une meilleure compréhension de la stratigraphie du Quaternaire pour l'exploration minérale a donné la chance à la Division de la science des terrains de participer aux programmes des ententes sur l'exploitation minérale et, en 1988-1989, 41,5 % du budget de la Sous-division de la géologie du Quaternaire (3,48 millions de dollars) ont été consacrés aux travaux réalisés dans le cadre des ententes sur l'exploitation minérale.

Conformément à son expérience acquise, la participation de la Sous-division de la géologie du Quaternaire aux ententes sur l'exploitation minérale a consisté surtout à déterminer la répartition, l'historique et la provenance des drifts glaciaires et à démontrer l'utilisation de la géochimie appliquée à ces matériaux dans la recherche de minéraux.

Pour sa part, la Sous-division de la géochimie d'exploration a effectué des levés géochimiques de bassins de drainage afin de développer et améliorer la méthodologie et constituer une base de données géochimiques nationale de haute qualité qui pourra appuyer et encourager l'industrie privée dans l'exploration minérale.

Le Comité a constaté que les différences d'idéologie scientifique qui opposaient les sous-divisions de la géologie du Quaternaire et de la géochimie d'exploration existaient toujours à l'époque des ententes sur l'exploitation minérale et, à quelques exceptions près, ont donné lieu à une concurrence négative plutôt qu'à des attitudes de collaboration positive, à la fois chez les scientifiques et les gestionnaires des deux groupes. Sans aucun doute, ces différences ont été aiguës par la concurrence qui se faisait pour obtenir des fonds additionnels disponibles en vertu du programme des ententes sur l'exploitation minérale.

Il est évident que c'est le mandat de la Division des ressources minérales de développer des concepts et des technologies en appui à l'industrie canadienne qui s'occupe de la recherche de nouvelles ressources; le Comité croit que ce serait dans l'intérêt de tous les clients de la CGC que les activités qui se rattachent spécifiquement au développement de concepts, de technologies et de méthodologies en exploration minérale soient la responsabilité de la Division des ressources minérales. En ce qui regarde les méthodes géochimiques d'exploration, la responsabilité incomberait à la Sous-division de la géochimie d'exploration.

Il est reconnu qu'en géologie du Quaternaire, les mesures et les recherches contribuent de façon importante à définir la provenance d'une variété de faciès glaciaires et on peut, en toute confiance, prédire que les contributions de la chimie en cartographie des terrains augmenteront avec le temps. Il est aussi reconnu que l'érosion glaciaire d'un gisement minéral donne une signature distinctive et immédiatement identifiable dans les faciès glaciaires qui en résultent, ce qui aide à l'évaluation et à la clarification des idées que l'on se fait sur la provenance de ces faciès et sur les processus en cause dans leur formation. Dans ce contexte, la géochimie des tills devient un outil accessoire important et un suppléant à la minéralogie. Les signatures cibles, cependant, et les stratégies d'échantillonnage les mieux appropriées à la solution de la provenance des matériaux dans la succession quaternaire diffèrent de façon significative, dans la plupart des cas, des stratégies d'échantillonnage et des associations de métaux auxquelles on a recours afin de procéder à la recherche efficace des minéraux dans les mêmes terrains. Donc, pour atteindre les deux objectifs dans un même programme de reconnaissance, il faut nécessairement faire un compromis sur l'efficacité.

En conséquence, réaffirmer qu'en exploration le développement de concepts, de méthodes et de techniques géochimiques constitue le mandat de la Sous-division de la géochimie d'exploration ne diminue en rien l'importance économique de l'étude de la géologie du Quaternaire. Cela a

<sup>4</sup> Weir et col., 1979, «A Report Concerning the Geological Survey of Canada», CGC, Étude 79-6, pp. 14-18.

été démontré à plusieurs reprises et le Comité reconnaît l'importance de comprendre la géologie du Quaternaire et ses rapports avec la recherche du pétrole, la construction de pipelines et autres ouvrages commerciaux, de même que sa valeur comme aide à l'interprétation des données d'exploration minérale et à l'identification des dangers naturels et des problèmes environnementaux et des solutions à apporter.

Par conséquent, le Comité recommande, qu'à l'avenir, les programmes géochimiques des sous-divisions de la géologie du Quaternaire et de la géochimie d'exploration soient évalués de façon critique en terme d'objectifs de la Division et de la Sous-division, et que le personnel qui a acquis de l'expérience dans la détermination de la provenance et de la genèse des dépôts du Quaternaire soit transféré à la Sous-division de la géochimie d'exploration. Ce personnel doit être intégré dans un groupe reconnu, au sein de la Sous-division de la géochimie d'exploration, qui s'occupe d'étudier les matériaux morainiques et la géochimie des milieux superficiels.

En présentant ces recommandations touchant les activités en géochimie d'exploration à la CGC, le Comité ne veut en aucune façon qu'elles soient interprétées comme une évaluation négative de l'importance et de la qualité des travaux qui se font à la Division de la science des terrains.

## **LES EFFETS DES CHANGEMENTS DANS L'ADMINISTRATION DE LA SOUS-DIVISION DE LA GÉOCHIMIE D'EXPLORATION ET LES SOLUTIONS PROPOSÉES AUX PROBLÈMES IDENTIFIÉS**

Avant les réorganisations de 1986 et 1987 à la CGC, le directeur de la Division de la géophysique et de la géochimie des ressources (DGGR) relevait directement du directeur général qui était le gestionnaire supérieur, dans la structure de gestion à la CGC. Suite à la réorganisation, les sous-divisions orientées vers l'exploration minérale se sont trouvées séparées du niveau de gestion supérieur par un niveau additionnel d'administration et de prise de décisions.

A la suite de nombreuses entrevues, il est devenu évident pour le Comité que les réorganisations ont eu des impacts variables sur le personnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration.

Les changements, en particulier ceux de 1986, motivés pour des raisons techniques, et la désaccentuation implicite apportée à la recherche appliquée en méthodologie de l'exploration minérale au sein de la CGC, ont été introduits sans être annoncés et ont été assez traumatisants pour quelques uns des plus vieux employés de la DGGR. Le transfert du contrôle administratif des laboratoires de géochimie d'exploration à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie, et une diminution des ressources financières se sont ajoutés au désappointement et à la perte d'identité ressentis par ce personnel qui avait antérieurement travaillé de près, au niveau des projets, avec les chimistes des

laboratoires, au développement de méthodes d'analyse et avaient pu compter sur du financement plus important. De plus, et en partie à cause de la nouvelle structure administrative, l'efficacité de la communication avec la gestion au sein de la Division a baissé.

Une proposition de la gestion de former une sous-division multidisciplinaire de développement en technologie d'exploration au sein de la Division des ressources minérales, qui aurait regrouper géochimistes, géophysiciens et personnel de laboratoire, présentée avant la restructuration de 1987, mais après la réorganisation de 1986, a été rejetée.

Deux géochimistes, dont les intérêts scientifiques portaient sur l'étude des processus et les études détaillées, ont accepté une invitation à se joindre à la Sous-division des gisements minéraux pour entreprendre de la recherche lithogéochimique sur la genèse des gisements minéraux et étudier les fluides de minerais au large des côtes.

Les spécialistes de la géochimie d'exploration qui se sont joints à la Sous-division, soit au cours des réorganisations ou immédiatement après, n'ont pas été touchés de façon significative et travaillent efficacement, habituellement en coordination étroite avec les scientifiques des autres sous-divisions.

L'inclusion de la Section des applications mathématiques en géologie, au moment de la réorganisation, est généralement considérée comme une décision de convenance. Quoiqu'une partie des travaux de ce groupe, petit mais de réputation internationale, ne se rattache pas directement à la géochimie d'exploration, la compétence réunie en analyse à variables multiples, en analyse d'images et en intégration d'ensembles de données d'exploration est d'une importance critique dans le développement de procédures d'interprétation géochimiques et géoscientifiques. L'efficacité de la Section de mathématique n'a pas été touchée par la réorganisation et le groupe a réussi à intégrer sa compétence à celle de scientifiques d'autres sous-divisions par l'entremise de contacts interpersonnels bien développés.

L'unité des laboratoires analytiques de la Division de la géochimie des ressources, de la DGGR, a été rétablie comme la Section du développement des méthodes d'analyse à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. Ces chimistes desservent maintenant l'ensemble de la CGC et ont moins de contact avec les cadres supérieurs qu'auparavant. Pour certains, la satisfaction professionnelle et l'interaction productive ont diminué. La Section s'occupe principalement de développer de nouvelles techniques d'analyse pour répondre à des besoins spécifiques que peuvent avoir les chercheurs scientifiques. La plus grande partie des travaux de R et D se fait en collaboration avec la Sous-division de la géochimie d'exploration, et, une fois qu'elles ont été mises au point, les techniques d'analyse sont transférées au secteur commercial où elles servent aux analyses régulières des échantillons de la CGC. Une autre tâche importante consiste à surveiller les travaux réguliers d'analyse exécutés par le secteur privé sur des échantillons géochimiques provenant du programme d'ententes sur l'exploitation minérale.

Il paraît, selon ce résumé, que la Sous-division de la géochimie d'exploration, en plus de perdre un certain contrôle et des ressources, a aussi perdu beaucoup de son entrain professionnel et de son moral à la suite de la réorganisation au sein de la CGC. La perception d'une désaccentuation de la recherche appliquée à l'exploration à la CGC, les hésitations qu'ont les scientifiques chevronnés à accepter le changement, la perte de communication et de leadership scientifique et l'inaptitude de la gestion à développer la flexibilité et les initiatives nécessaires pour exercer de l'influence dans la nouvelle organisation de la CGC ont conduit à une désorientation et à un désengagement prononcés à la Sous-division de la géochimie d'exploration.

Parce que les méthodes géochimiques sont efficaces et bien établies dans l'exploration minérale au Canada, le Comité consultatif recommande (a) que la CGC réaffirme le rôle important qu'elle a à jouer en maintenant un programme vigoureux et actif de recherche et développement sur les concepts, les technologies et les méthodes de géochimie d'exploration par l'entremise de la Sous-division de la géochimie d'exploration, et (b) de plus, que la Sous-division de la géochimie d'exploration tire tous les avantages des possibilités qu'offre l'organisation de la CGC pour revitaliser l'ensemble du programme de géochimie dans le cadre d'un programme national à long terme de cartographie et, par une participation intégrée à l'étude des problèmes d'exploration, qu'elle fasse progresser la science et la technologie de l'exploration en appui à l'industrie des minéraux. La situation présente un défi excitant en matière de créativité dans les domaines de la gestion du personnel et du leadership scientifique.

En outre, il est clair qu'à la Sous-division (et, de façon générale, au sein de la Division des ressources minérales) il existe (a) un niveau dangereusement bas de soutien technique qui se reflète dans le déséquilibre entre le nombre de chercheurs scientifiques et le nombre de scientifiques débutants et de techniciens auxiliaires et (b) la perception que qu'il y a peu de chances d'avancement à cause des limites existantes sur le nombre de chercheurs scientifiques d'expérience. En plus des recommandations déjà faites, le Comité demande avec insistance à la gestion de s'occuper de ces problèmes de personnel en trouvant les moyens de reconnaître les compétences, de réassurer les gens et d'apporter de l'aide technique additionnelle.

## LA GÉOCHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

Parmi les nombreuses présentations faites au Comité, l'un des thèmes communs a été de recommander que la CGC ré-oriente une partie de ses ressources vers les domaines des sciences de la terre qui traitent de l'environnement. Il est maintenant plus généralement admis que les bases de données géoscientifiques, et en particulier les bases de données géochimiques, renferment une richesse d'information fondamentales pour la compréhension de l'environnement. Le Comité partage cet opinion.

Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources s'est préoccupé de questions d'environnement depuis plusieurs années et, en 1973, a établi un Bureau des affaires environnementales pour coordonner ses efforts avec ceux d'autres organismes fédéraux et provinciaux et de l'industrie des minéraux.

Des procédures de prévention de la pollution à suivre durant la recherche et la mise en valeur des ressources minérales ont été incorporées dans des programmes de gestion des déchets. On a entrepris des recherches sur des sources d'énergie de remplacement potentiellement moins polluantes et aussi sur des technologies améliorées d'extraction et de traitement des métaux ce qui, dans les deux cas, a conduit à des utilisations plus efficaces des ressources. On a aussi élaboré des directives pour la protection de l'environnement.

Dans un avenir prévisible, ÉMR va intensifier ses activités pour mettre sur pied un programme national de «développement durable».

Traditionnellement, à ÉMR, la CGC n'a jamais eu de mandat pour s'occuper d'études environnementales, et, jusqu'à ce jour, n'a eu que peu à faire avec des questions de cet ordre en dépit du fait qu'une quantité considérable d'information pertinente est recueillie régulièrement au cours de l'exécution des programmes de la CGC et est ajoutée à la base de données géoscientifiques.

Cependant, en mai 1988, le ministre de l'Énergie, des Mines et des Ressources a réaffirmé l'engagement du ministère envers l'environnement et cet engagement s'est matérialisé dans la planification stratégique de la CGC préparée en décembre 1988. Le plan reconnaît l'établissement d'un programme de géologie environnementale axé sur les problèmes nationaux et locaux comme une nouvelle initiative désirable à réaliser au cours de l'année financière 1989-1990. L'approche que l'on favorise en matières environnementales consiste en des programmes multidisciplinaires axés sur les problèmes.

Un récent rapport examinant le rôle prospectif de la Commission géologique du Canada (Lindseth et al., 1989) appuie aussi cet engagement. Le Comité de révision du Conseil géoscientifique canadien souligne l'interdépendance croissante et évidente des processus géologiques et des dangers naturels et provoqués, y compris la pollution des océans et des eaux souterraines, en appui à la recommandation de créer une Division de la santé et de l'environnement à la CGC.

En même temps, la Division de la science des terrains a proposé de faire des recherches afin de répondre aux objectifs de l'entreprise intitulée : «Programme international de la géosphère-biosphère : Étude du changement à l'échelle planétaire» dirigée par la Société royale du Canada. Toutefois, cette nouvelle avenue de recherche, quoique exigeant une consciencieuse évaluation des questions environnementales, n'apportera pas de changements substantiels dans les programmes de travail de la DST.

C'est en gardant en vue ces questions de base que la contribution géochimique de la CGC aux programmes environnementaux doit être examinée et évaluée.

Il y a consensus presque unanime parmi les chercheurs scientifiques et la gestion que l'engagement de la CGC dans l'étude des problèmes environnementaux est une chose désirable. C'est une conséquence de la conscience globale actuelle et du besoin de données géochimiques fondamentales concernant l'identification des problèmes et la mesure des changements environnementaux. Une compréhension critique des processus géochimiques complexes qui se produisent dans les milieux terrestres ne peut être apportée que par les géochimistes qui se consacrent à l'étude des données géochimiques régionales provenant d'une variété de milieux d'origine naturelle. Il n'y a pas, toutefois, de consensus sur le niveau ou la forme que doit prendre l'intervention géochimique. Les suggestions s'échelonnent d'une modeste augmentation dans les mesures des paramètres chimiques faites sur les échantillons recueillis au cours des programmes réguliers jusqu'à des programmes actifs de recherche en géochimie appliquée à l'environnement. L'échelle des activités recommandées varie d'études intensives des sites à des couvertures étendues de levés géochimiques à faibles densités. Toutes ces activités entreprises par d'autres commissions géologiques à l'étranger, et en particulier en Finlande et au Royaume-Uni, se sont avérées utiles aux études environnementales et épidémiologiques.

Si la CGC décide d'entreprendre de la recherche environnementale, les scientifiques sont d'avis que des programmes intégrés, axés sur les processus, pourraient être développés qui permettraient au groupe de la géochimie (par exemple) de s'intéresser à «...une étude sur les processus de transport en milieux glaciés qui inclurait l'étape de dispersion primaire par l'action des glaces, l'altération des minéraux dispersés, le transport des produits altérés par l'action des eaux ou de la gravité, le rôle des biotes dans les phénomènes de transports, le rôle de la végétation arborescente, l'importance du cycle organique...» Ces travaux s'inséreraient bien dans une Division de la santé et de l'environnement au sein de la CGC, comme l'a proposé le rapport Lindseth.

Les universitaires et les agents du gouvernement qui ont répondu au questionnaire distribué par ce Comité ont manifesté un intérêt certain pour que la CGC s'occupe d'études environnementales. La majorité des représentants de l'industrie et des laboratoires appuie aussi cette activité, quoique les quatre groupes considèrent le domaine comme d'importance et de pertinence modérées comparativement aux mandats traditionnels de la CGC (tableau 17, fig. 8, 9).

Le présent niveau de collaboration entre la CGC et les autres organismes fédéraux qui s'occupent d'environnement semble être ponctuel, selon le besoin, et fondé sur des contacts personnels. Il n'y a pas de liaison formelle avec le ministère de l'Environnement, ni avec les Forêts sauf dans le cas des programmes spéciaux de lutte contre les pluies acides et le dépérissement des érables. Cependant, des agents du ministère de l'Environnement, que le Comité a rencontrés

lors d'entrevues, affirment qu'ils verraient d'un bon oeil l'établissement de programmes en collaboration avec la CGC, vu que le ministère de l'Environnement n'a pas de personnel à formation géoscientifique. Le ministère de l'Environnement se préoccupe surtout des eaux souterraines et des eaux de surface, et son personnel tente régulièrement de mettre en corrélation ses données avec les données publiées sur la géologie des formations en surface et de la roche en place comme moyen de suppléer aux données géochimiques sur l'environnement terrestre. L'enquête a révélé que les stratégies courantes d'échantillonnage et d'analyse utilisées par la CGC pour effectuer les levés géochimiques régionaux réguliers ne peuvent pas être utilisées telles quelles par les scientifiques de l'environnement, en partie (1) parce qu'ils ont besoin de levés exécutés à plus forte densité, en partie (2) parce qu'ils ont besoin de données concernant des éléments dont on ne tient pas toujours compte dans des programmes de recherche de minéraux (par ex. Al, Se et Hg), en partie (3) parce qu'ils s'intéressent aux «métaux immédiatement accessibles» plutôt qu'à des quantités que l'on ne peut identifier que par des procédés rigoureux d'extraction chimique, et en partie (4) parce que quelques unes des procédures normalisées d'analyse environnementale spécifiées par règlement ne sont pas des techniques préférées pour des levés de recherche de minéraux. La gestion de la CGC doit aussi savoir que les régions géographiques qui intéressent le ministère de l'Environnement ce sont communément les régions urbaines et périphériques, où peuvent se trouver quelques installations industrielles qui exploitent les minéraux mais qui ne sont pas économiquement attrayantes lorsqu'il est question de découverte de minéraux métalliques et de mise en valeur.

Les scientifiques de la Direction de la protection de la santé du ministère de la Santé et du Bien-être, qui a pour responsabilité première les puits domestiques, connaissent bien les programmes géochimiques de la CGC. En particulier, ils s'intéressent aux données géochimiques des morts-terrains et aux relations qu'elles ont avec la qualité des eaux souterraines. Encore une fois, il n'y a pas de liaison formelle mais plutôt un désir et un besoin de plus d'interaction et de communication avec les géochimistes de la CGC, même si on peut prévoir que les besoins spécifiques et les exigences de Santé et Bien-être différeront de ceux des levés géochimiques d'exploration minérale de façon analogue à ce que l'on a décrit dans le cas du ministère de l'Environnement.

Une décision de la CGC de promouvoir la géochimie de l'environnement exigera (a) l'emploi d'un personnel scientifique expérimenté en hydrologie et en hydrogéochimie des eaux souterraines, domaines de recherches qui ont été soustraits à la CGC et transférés à l'Environnement il y a de nombreuses années, et (b) l'acquisition de matériel de recherche sur le terrain et d'installations de laboratoires qui pourront fournir échantillons pertinents et analyses appropriées aux études environnementales. Ce qui est plus sérieux, cependant, c'est qu'il est à prévoir que la redistribution nécessaire des ressources financières et scientifiques au sein de la CGC va inévitablement conduire à une dilution des compétences, de l'énergie et des fonds qui étaient consacrés aux applications établies et importantes de

la géochimie aux minéraux. Non seulement cette désaccentuation influera sur la conception et le contenu des programmes de géochimie d'exploration mais, très vraisemblablement, influera sur les programmes actuels de développement de méthodes d'analyse et probablement les anéantira.

En conséquence, parce que les régions géographiques en cause et les exigences des levés environnementaux en matière d'échantillonnage et d'analyse souvent entreront en conflit avec les programmes et procédures de levés existants, le Comité ne recommande pas que la CGC devienne un chef de file en recherches géochimiques connexes à l'environnement. Cela détournera des ressources considérables de missions établies et importantes qui consistent à fournir de l'information pertinente à la recherche de minéraux et à l'évaluation des ressources.

Tout en étant ferme dans ses recommandations concernant le rôle pilote de la CGC en levés environnementaux détaillés, le Comité consultatif, en se fondant sur l'étude qu'il a faite de la recherche géochimique à l'échelle mondiale, reconnaît que des levés géochimiques régionaux, bien planifiés, de sédiments lacustres, de tills et d'autres milieux peuvent fournir des données fondamentales valables sur les ressources minérales, la géologie des formations en surface et l'environnement comme l'illustrent les deux exemples suivants :

- (i) Les scientifiques de la CGC, dans une étude des caractéristiques géochimiques et lithologiques des dépôts glaciaires sus-jacents aux roches cristallines du Précambrien, d'Ottawa à la baie Georgienne, ont révélé les liens de composition entre la roche en place, les drifts glaciaires et les écosystèmes modernes représentés par les lacs glaciaires. Cela démontre que les caractéristiques chimiques des lacs et leur sensibilité probable aux pluies acides peuvent être prédites par une étude de la géologie glaciaire et de la roche en place. Les auteurs font bien sentir que la contribution d'origine anthropique aux éléments traces par les pluies acides (ou autrement) ne peut être évaluée sans comparaison avec les mêmes variations géochimiques locales, entièrement naturelles, lesquelles à leur tour reflètent communément et fréquemment un potentiel de minéralisation.
- (ii) D'autres pays, en particulier la Norvège, la Suède et la Finlande, le Royaume-Uni et l'Allemagne de l'Ouest ont, collectivement ou individuellement exécuté des programmes régionaux d'échantillonnage mettant en cause une variété de milieux et à des densités variant d'un échantillon par kilomètre carré à un pour 300 kilomètres carrés. Les résultats de ces levés ont été publiés sous formes d'*atlas géochimiques* illustrant les formes naturelles et la répartition d'une variété d'éléments. Quoique les mérites et l'utilité de ces bases de données régionales aient été l'objet de controverses à plusieurs reprises, elles sont maintenant considérées comme des entreprises hardies, innovatrices et extrêmement enrichissantes. Non seulement les programmes ont été significatifs en ce qui regarde la

géologie et la répartition des gisements minéraux, mais ils ont stimulé le développement technique et engendré des avantages économiques par le transfert de technologie. De plus, les données présentées sous forme d'atlas sont maintenant considérées comme possédant une valeur inestimable pour d'autres disciplines, en particulier, comme bases de données pour de la recherche en géochimie, en épidémiologie et autres études environnementales, en agriculture et en foresterie.

Il est donc recommandé que la CGC crée un groupe de travail réunissant des agents de la CGC, de l'Environnement, de Santé et Bien-être ainsi que d'autres agents appropriés du gouvernement et du secteur privé qui aura pour tâche (a) d'évaluer l'étendue et les buts des bases de données géochimiques existantes et qui sont le produit des programmes de la CGC (b) de définir la valeur de ces bases de données géochimiques existantes pour des groupes de scientifiques de l'environnement et (c) d'examiner comment les protocoles existants d'échantillonnage et d'analyse en géochimie d'exploration peuvent être modifiés afin de fournir des données utiles concernant l'environnement sans compromettre *d'aucune façon* la qualité et la quantité du produit et des ressources nécessaires pour maintenir et accroître la contribution de la CGC à l'industrie d'exploration minérale par la cartographie et la recherche géochimique.

Le Programme national de reconnaissance géochimique (PNRG) exécuté avec densité de prélèvements d'un échantillon pour 2 kilomètres carrés à un pour 13,5 kilomètres carrés, de toute évidence fournit des données significatives du point de vue environnemental en plus de répondre à son rôle primaire d'accroître les bases de données sur la géologie et les ressources minérales. Depuis 1975, le PNRG a permis de couvrir environ 20 % des 9 976 000 kilomètres carrés de la superficie canadienne. Même en s'en tenant aux intentions originales de ne couvrir que les régions à potentiel minéral probable ou possible, aux niveaux actuels de financement, on prévoit qu'il faudra de 40 à 50 ans à la CGC pour terminer les travaux.

En se fondant sur l'expérience scandinave, le Comité recommande au groupe de travail proposé qu'une approche à deux volets à la cartographie géochimique du Canada (décrite avec plus de détails dans le manuscrit de M. Davenport, inclus à l'appendice B) soit établie de façon à comprendre, outre l'actuel PNRG, un levé à ultra-faible densité, en milieux multiples et à l'échelle nationale (1 échantillon pour 300-500 kilomètres carrés). Comme M. Davenport le soutient, des levés à ultra-faible densité (a) permettraient d'obtenir une vue globale relativement rapide et à plusieurs facettes du paysage géochimique que l'on pourrait appliquer à des questions plus fondamentales en géologie, en ressources minérales et en environnement, (b) créerait un cadre géochimique auquel on pourrait rattacher les données de levés plus détaillés (PNRG) et, en même temps, (c) fournirait la base régionale de données chimiques pour des suivis en études environnementales appliquées qui exigeraient des procédures d'échantillonnage et d'analyse non susceptibles d'application directe en évaluation des ressources minérales.

## SONDAGE D'OPINIONS SUR LES TRAVAUX EN GÉOCHIMIE D'EXPLORATION À LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

Pour recueillir de l'information fiable et ainsi remplir son mandat, le Comité a fait un sondage afin de déterminer dans quelle mesure le groupe de géochimie à la CGC répond aux besoins de ses diverses classes de clients et comment ces groupes de clients perçoivent le travail et le rendement des scientifiques à la CGC.

Un questionnaire a été envoyé à un groupe choisi de personnes compétentes et expérimentées en géochimie qui oeuvrent (a) dans l'industrie minière et l'exploration minérale, (b) comme conseillers de l'industrie de l'exploration minérale, (c) dans les universités, (d) au sein des gouvernements provinciaux et (e) dans des laboratoires commerciaux qui offrent des services d'analyse géochimique.

Le questionnaire (voir l'appendice C) est divisé en quatre sections. (1) La première section (partie A) demande de l'information, comme le nom du répondant et son affiliation. Les réponses à cette section sont conservées de façon strictement confidentielle par le Comité. (2) La deuxième section (partie B) vise à obtenir de l'information de base sur les répondants, de même que sur l'intérêt suscité par une gamme de travaux géochimiques et l'utilisation qui en est faite. (3) La troisième section du questionnaire (partie C) cherche à mesurer la connaissance qu'ont les répondants des activités des divers groupes de géochimie à la CGC et de ce qu'ils ont à offrir, et à déterminer si ces travaux desservent bien les besoins des clients. (4) Dans la quatrième section du questionnaire (partie D), les répondants devaient donner leur opinion sur (i) ce qu'ils considèrent comme des travaux appropriés à la CGC et pertinents par rapport à leurs propres travaux, (ii) les autres sources d'informations géochimiques qui sont disponibles ou qui devraient l'être, et (iii), question difficile pour la plupart des répondants, le rendement des divers groupes à la CGC qui s'occupent de géochimie.

De plus, les parties E, F et G qui s'adressent respectivement aux répondants des universités, des gouvernements et des laboratoires, posent des questions qui sont spécifiquement axées sur l'interaction avec la CGC comme le financement d'études conjointes régionales et l'affermage des analyses. Le Comité n'a pas poussé le sondage du côté de l'environnement puisque, en ce moment, l'engagement de la CGC dans ce domaine est minimal. De même, les questionnaires n'ont pas été envoyés aux utilisateurs de données géochimiques de l'industrie pétrolière.

Au total, 163 questionnaires ont été envoyés et 103 ont été retournés, ce qui donne un taux de réponse de 63,2 % (tableau 2). Quoique le nombre absolu de répondants répartis dans les groupes des universités, des gouvernements et des

laboratoires est petit, (tableau 2), il ne faut pas oublier qu'il représente une forte proportion de la population «géochimiquement active» dans ces groupes au Canada. Le taux de réponse relativement faible des laboratoires vient du fait que, si beaucoup de laboratoires font des travaux de géochimie, peu offrent la gamme complète des services que l'on peut obtenir des laboratoires établis à l'échelle nationale.

L'énorme quantité d'informations fournies par le questionnaire a nécessairement été condensée et simplifiée aux fins de ce rapport.

Quelques-unes des questions comprises dans le questionnaire sur la géochimie d'exploration, en particulier celles qui se rapportent aux résultats des travaux, sont semblables à celles qui se trouvaient dans le questionnaire conçu en fonction du rapport de la CGC intitulé : «An Examination of the Output of the Geological Survey of Canada» publié comme Étude 82-6, partie 1. (Coope et col., 1982). Même si des renvois sont faits à cette publication, le Comité encourage fortement la direction de la CGC à faire ses propres comparaisons des résultats des deux enquêtes et des conclusions et recommandations des deux comités consultatifs.

Dans les observations qui vont suivre, l'absence de réponse de la part d'une personne, à une partie du questionnaire, a été interprétée comme l'expression d'une opinion inexistante.

Nous pensons que tous les aspects significatifs des rapports entre les travaux géochimiques de la CGC d'une part, et d'autre part l'industrie, les gouvernements et les universités, qui utilisent les résultats de ces travaux, ont été traités par le questionnaire, et le haut taux de réponse à ce sondage est une indication des préoccupations et des intérêts des groupes clients.

### Profil de la clientèle des données géochimiques de la CGC (questions B-3, B-7)

Les réponses à cette partie du questionnaire sont venues de partout au pays, de clients appartenant aux quatre groupes. Les travaux des répondants se concentrent surtout dans les régions du Bouclier, de la Cordillère et des Appalaches, ce qui est un reflet de la démographie, des responsabilités et des travaux d'exploration minérale (tableau 3).

Tableau 2. Réponses au questionnaire.

	ENVOYÉ	RETOURNÉ	%
<u>Industrie de l'exploration</u>			
Gros producteurs	32	28	87
Petits producteurs	16	10	62
Sociétés d'exploration	21	15	71
Sociétés d'experts-conseils	15	7	46
Universités	15	10	66
Gouvernements	21	18	85
Laboratoires	43	15	34
	163	103	63.2

Tous les groupes qui ont fait l'objet du sondage ont déclaré que le but principal des travaux géochimiques était la découverte de nouveaux gisements minéraux (tableau 4). Vient ensuite la recherche sur les minéraux, très souvent mentionnée par les répondants des milieux universitaires et gouvernementaux. De plus, les organismes gouvernementaux ont dirigé une part importante de leurs efforts en géochimie vers la cartographie géologique et le développement de nouvelles méthodes géochimiques. Le développement de méthodes représente aussi une grande partie des travaux géochimiques dans les universités et, et sans surprise évidemment, dans les laboratoires. Parmi les répondants, seuls les groupes gouvernementaux ont déclaré utiliser les techniques géochimiques, à quelque degré que ce soit, dans des études en science des terrains.

**Tableau 3.** Zone géographique d'intérêt des répondants.

	Industrie	Universités	Gouvernements	Laboratoires
	n=60 %	n=10 %	n=18 %	n=15 %
Cordillère occidentale	67	50	39	80
Bassin sédimentaire de l'ouest	10	0	50	60
Îles de l'Arctique	5	20	33	47
Bouclier précambrien	77	60	78	80
Basses terres de l'Est	11	0	28	47
Appalaches	31	30	61	53
Offshore canadien	0	0	5	40
À l'extérieur du Canada	42	60	0	67

**Tableau 4.** But de l'activité géochimique.

	Industrie	Universités	Gouvernements	Laboratoires
	n=60 %	n=10 %	n=18 %	n=15 %
Recherche de minéraux	100	70	67	60
Développement de méthodes	18	70	50	47
Études environnementales	11	20	38	37
Études en science des terrains	5	0	34	14
Recherche en géologie	38	80	72	37
Cartographie et recherche en géologie	28	20	55	37

**Tableau 5.** Intérêt et utilisation de la géochimie parmi la clientèle de la CGC.

	Industrie		Universités		Gouvernements		Laboratoires	
	n=60		n=10		n=18		n=15	
	Int.	Ut.	Int.	Ut.	Int.	Ut.	Int.	Ut.
Échantillonnage fluvial régional	11	67	60	10	38	38	7	60
Échantillonnage lacustre régional	23	48	50	20	22	38	13	53
Échantillonnage des sols	8	89	30	50	11	50	7	66
Échantillonnage de roches entières	13	75	20	70	0	67	0	80
Éléments traces dans les roches	7	89	20	80	0	50	0	75
Hydrogéochimie	13	11	20	30	0	38	20	46
Géochimie gazeuse	13	5	30	0	22	11	0	7
Biogéochimie	28	18	50	20	34	28	13	53
Minéraux lourds	13	67	40	30	11	38	0	53
Échantillons de drifts (tills compris)	20	55	50	20	5	55	0	66
Isotopes stables	20	7	10	20	5	22	0	7
Inclusions fluides	25	15	30	10	5	11	0	7
Géochimie organique	8	5	10	10	28	0	0	13
Géochimie de l'environnement	11	8	0	30	34	5	7	40

Des efforts modérés seulement sont consacrés à l'application de la géochimie aux études environnementales, et les pluies acides n'ont été mentionnées, de façon spécifique, que par un seul répondant du groupe gouvernemental. Cela s'explique du fait que les principaux groupes clients de la CGC, actuellement, ne comprennent pas de masse importante dont les intérêts porteraient sur les études environnementales. Les scientifiques qui oeuvrent dans le secteur de l'environnement, en grande majorité, ne connaissent pas les activités et les banques de données géochimiques de la CGC. On peut s'attendre à ce que cela change à mesure qu'augmentera la communication entre des groupes comme ceux de Santé et Bien-être, du ministère de l'Environnement, etc.

On peut conclure qu'un groupe de clients approprié a été ciblé et a répondu au questionnaire.

### Intérêt et utilisation de l'information géochimique (questions B-4, B-5, B-6)

Le tableau suivant (tableau 5) indique l'intérêt suscité par les diverses applications de la géochimie et l'utilisation qui en est faite parmi les répondants, en pourcentage des réponses reçues. En lithogéochimie, les éléments majeurs autant que les éléments traces suscitent un intérêt marqué et sont très utilisés. Le Comité a observé l'absence d'un effort important dans ce domaine à la CGC, sauf lorsqu'il s'agit de modélisation des gisements.

L'industrie et les laboratoires ont déclaré des niveaux d'activité élevés en échantillonnage régional tant fluvial que lacustre, en échantillonnage des sols, en échantillonnage du drift glaciaire et en échantillonnage des minéraux lourds. Ce résultat s'explique par l'étroite symbiose dans laquelle travaillent l'industrie de l'exploration et les laboratoires commerciaux.

La biogéochimie et l'hydrogéochimie font l'objet d'un niveau d'activité moyen dans la plupart des groupes de clients et constituent une source importante d'échantillons pour les laboratoires. Sauf chez le groupe des laboratoires, l'intérêt pour la biochimie est plus fort que la technique présentement utilisée.

Les niveaux d'intérêt et d'utilisation sont nettement plus faibles dans le cas de certaines disciplines de la géochimie, notamment en géochimie gazeuse et organique, en géochimie des isotopes stables et en géochimie des inclusions fluides. Dans ces deux derniers cas, le niveau d'intérêt dépasse nettement le niveau d'utilisation au sein de l'industrie.

La répartition des activités parmi les répondants de l'industrie est conforme aux réponses données à une autre question (D-2) au sujet de la pertinence des diverses catégories de travaux, ce qui renforce la crédibilité des réponses reçues. La plupart des répondants de l'industrie utilisent entre 3 et 7 différentes techniques dans le cadre de leurs travaux d'exploration. Quelques-uns en utilisent moins de trois ou plus de huit. Cela indique un usage répandu et sélectif de ce que l'on pourrait appeler les «matériaux d'échantillonnage normalisés» comme les sols, les sédiments fluviaux, les roches et les minéraux lourds, mais aussi le fait que l'on ne connaît pas ou que l'on refuse d'utiliser d'autres matériaux d'échantillonnage qui exigent des méthodes de prélèvement, d'analyse ou d'interprétation plus élaborées.

Toutes les universités et sept des dix organismes gouvernementaux ont des laboratoires géochimiques, tandis qu'un cinquième des répondants de l'industrie en ont. Environ la moitié des organismes gouvernementaux emploient des géochimistes professionnels, contre à peine 20 % dans l'industrie et les universités, et 10 % dans les laboratoires (tableau 6). Dans tous les cas, ces professionnels ne prélèvent en fait eux-mêmes qu'un petit nombre d'échantillons, mais par ailleurs ils sont responsables du travail des géologues et du personnel temporaire qualifié qui prélèvent la majorité des échantillons géochimiques. Au gouvernement, plus de la moitié des échantillons sont prélevés par des entrepreneurs, vu le volume considérable de levés géochimiques régionaux qui sont actuellement réalisés conjointement par les gouvernements fédéral et provinciaux dans le cadre des ententes sur l'exploitation minière.

### Communication et utilisation des données géochimiques de la CGC

Les résultats des travaux géochimiques des divers groupes de la CGC sont communiqués aux utilisateurs sous forme d'articles et de cartes qui paraissent à la fois

dans les publications de la CGC et dans les revues externes. La communication informelle et verbale est un autre outil de diffusion important pour faire connaître aux clients le large éventail d'études géochimiques effectuées à la CGC. On a énuméré dans le questionnaire les principales sources d'information géochimique de la CGC, et on a demandé aux répondants s'ils étaient au courant de leur existence.

On se rend compte que les travaux géochimiques de la CGC sont très mal connus parmi la clientèle (tableau 7).

Alors que seulement 9 % des répondants de l'industrie ne connaissent pas l'étendue des activités géochimiques de la CGC, la proportion est beaucoup plus grande chez les autres clients, allant jusqu'à 80 % dans le cas des laboratoires. Le pourcentage de répondants qui ne connaissent pas la nature des travaux géochimiques menés par les sous-divisions de la CGC est beaucoup plus important encore, et ce dans tous les groupes de répondants, atteignant 80 et 93 % dans les universités et les laboratoires respectivement.

Les travaux en géochimie organique qui se font à l'Institut de géologie sédimentaire et pétrolière de Calgary sont pratiquement inconnus des répondants. Il faut dire que ce laboratoire dessert principalement les activités que poursuit la CGC en géologie pétrolière et que l'industrie pétrolière ne faisait pas partie du sondage.

Un répondant a admis que le simple fait de remplir le questionnaire lui avait fait beaucoup mieux connaître les travaux de la CGC. Un autre a déploré «ne pas connaître les employés de la CGC qui exécutent des études en géochimie, ni leurs fonctions particulières, ni les études dont ils s'occupent».

Étonnamment, le bulletin d'information mensuel de la CGC est reçu par un très faible nombre de répondants; même dans l'industrie, à peine un répondant sur cinq reçoit cette publication qu'il s'agisse de petits ou de gros producteurs, de sociétés d'exploration ou de consultants (tableau 7). Il y a donc un important groupe de gens dans l'industrie de l'exploration qui n'est pas mis au courant, au moyen de ce bulletin, des travaux courants du personnel de la CGC. Un certain nombre de répondants ont fait état d'un manque d'information au sujet des travaux géochimiques de la CGC souhaitent voir un effort accru au chapitre des relations publiques. Cette question est de nature à intéresser un grand nombre de personnes, puisque le bulletin envoyé aux compagnies est lu par beaucoup de gens.

**Tableau 6.** Personnel préposé au prélèvement d'échantillons.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
Géochimistes	23	20	44	10
Géologues	92	30	37	20
Stagiaires à temps plein	46	20	68	25
Stagiaires à temps partiel	73	20	62	25
Entrepreneurs	40	10	52	20

**Tableau 7.** Sensibilisation aux travaux géochimiques de la CGC.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
Ne connaissent pas l'étendue des travaux	9	30	16	80
Ne connaissent pas la nature des travaux	30	80	28	93
N'ont pas reçu le bulletin	30	70	44	66

**Tableau 8.** Supports d'information les plus couramment utilisés en géochimie.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
Imprimés	64	70	61	33
Fiches	6	0	0	0
Bandes	2	0	11	0
Disques	7	0	16	0

**Tableau 9.** Sources de données géochimiques de la CGC les plus fréquemment utilisées.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15* %
<b>Bibliothèques</b>				
Bibliothèques des entreprises	58	--	5	13
Bibliothèques universitaires	10	90	11	6
Bibliothèques gouvernementales	27	10	72	27
Bibliothèques publiques	2	0	0	0
Bibliothèques personnelles	17	60	22	6

\* Haut pourcentage n'ayant pas répondu

**Tableau 10.** Communication personnelle avec les géochimistes de la CGC.

	Industrie n=60		Universités n=10		Gouvernements n=18		Laboratoires n=15	
	Rar.	Souvent	Rar.	Souvent	Rar.	Souvent	Rar.	Souvent
Sur le terrain	46	7	40	20	44	5	13	0
Au bureau de la CGC	56	7	50	0	55	6	6	27
Au cours des ateliers, etc.	54	25	30	50	40	19	34	34
Au téléphone	56	10	60	20	72	23	40	27
Par la poste	34	3	50	10	55	22	40	0

À cette méconnaissance générale des travaux géochimiques de la CGC on peut attribuer le fort pourcentage de répondants qui se sont abstenus de répondre à quelques-unes des questions du comité, autre signe de la crédibilité des réponses reçues.

Il est évident que le mode de diffusion des données géochimiques a une influence sur le degré d'utilisation de cette information. Le support papier est de loin le plus fréquemment utilisé, question d'habitude certes, mais aussi en raison de sa commodité (tableau 8). Les données sur microfiches ou sur bandes d'ordinateur sont à peine utilisées. Dans le cas des bandes d'ordinateur, le résultat obtenu s'explique probablement par le fait que le client moyen ne dispose pas du matériel requis pour lire des bandes magnétiques, ou encore qu'il n'est pas au courant, de façon générale, de l'existence de ce support d'information. Quant aux microfiches, elles sont diffusées avec des publications, notamment les dossiers publics, depuis quelques années; leur faible utilisation est peut-être due à l'absence générale de ce mode de diffusion au sein de la clientèle, même si ce support d'information a l'avantage de pouvoir donner une représentation graphique des données et celui d'être portable. Par ailleurs, les disquettes d'ordinateur sont de plus en plus utilisées, depuis que la CGC a adopté ce type de support d'information en 1987.

Dans son enquête sur les produits de la CGC, en 1982, Coope avait constaté que la principale source d'information de la CGC utilisée par les groupes ayant participé au sondage était la bibliothèque de l'employeur ou encore les bibliothèques personnelles (tableau 9). Une autre source d'information utilisée par une importante minorité de gens dans l'industrie de l'exploration est la bibliothèque que l'on trouve habituellement dans les bureaux régionaux de la CGC. Elle est particulièrement utile aux petites entreprises et aux personnes qui n'ont pas les moyens d'acheter toutes les publications de la CGC dont elles ont besoin.

Selon un des répondants, «la meilleure façon d'avoir accès aux données de la CGC et, plus important encore, de découvrir des données non publiées, des opinions, des idées, etc., est d'aller se promener dans le labyrinthe des bureaux d'Ottawa et de jaser avec les personnes compétentes».

La communication personnelle entre la clientèle et les géochimistes de la CGC est peu fréquente, malgré que les possibilités de contact sont nombreuses (tableau 10). Seuls les ateliers et les conférences donnent lieu à des contacts personnels entre une proportion notable des clients de la CGC et les géochimistes de la CGC. Il est permis d'affirmer que le niveau actuel de la communication interpersonnelle est adéquat et réaliste, mais au moins un répondant de l'industrie s'est dit d'avis que les contacts sur le terrain pourraient être améliorés dans l'intérêt des deux parties.

L'absence de bureau de la CGC au Québec a été mentionnée comme une des raisons du manque de communication dans cette province. Or un bureau est actuellement en voie d'établissement au Québec, ce qui devrait contribuer à résoudre ce problème. Un autre répondant s'est interrogé sur l'absence de géochimiste de la CGC à Vancouver. Cette question nous fait dire que les utilisateurs des techniques géochimiques aimeraient avoir des contacts plus étroits avec leurs collègues de la CGC, ce qui pourrait se faire en affectant des géochimistes dans les bureaux régionaux. «La CGC devrait davantage se montrer ouverte et accueillante, et inviter les gens à poser des questions et à recourir à sa compétence.»

Les diverses sous-divisions de la CGC publient leurs données géochimiques sous forme de mémoires, de rapports et de bulletins, de même que sous forme de dossiers publics conçus pour diffuser rapidement de l'information nouvelle et actuelle à la communauté des utilisateurs. Des chercheurs de la CGC soumettent également des articles sur leurs travaux en géochimie à des journaux internationaux de prestige. En plus de ces canaux officiels, un volume d'information considérable est diffusé par voie de participation à des colloques, ateliers et autres réunions qui se tiennent au Canada et à l'étranger. Le Comité a tenté d'évaluer la fréquence d'utilisation des divers types de données géochimiques au sein de la clientèle, leur actualité, leur utilité, leur pertinence et leur qualité. Pour ce faire, il a utilisé les quatre catégories d'information mentionnées ci-dessus, à savoir les publications officielles, les dossiers publics, les journaux externes et les données non publiées.

### Fréquence d'utilisation (question C-3)

Les données géochimiques diffusées par la CGC sous forme de dossiers publics, de journaux externes ou de publications officielles sont utilisées par une forte proportion des répondants au moins une fois par année (tableau 11, fig. 2). Les publications officielles et dossiers publics sont consultés au moins une fois par mois par 10-30 % des répondants de l'industrie, des gouvernements et des laboratoires, tandis que les universités utilisent au moins une fois par mois l'information publiée dans les journaux externes. Les données non publiées sont utilisées moins fréquemment que les autres catégories d'information.

### Actualité et fiabilité/qualité scientifique (question C-3)

Une forte proportion de répondants, dans tous les groupes ayant participé au sondage, s'est abstenue d'émettre une opinion sur l'actualité et la fiabilité/qualité scientifique des données géochimiques de la CGC (tableaux 12 et 13; fig. 3 et 4). D'après les points de vue exprimés, il est évident que les travaux géochimiques de la CGC jouissent d'une très haute considération parmi tous les groupes de clients; dans la plupart des cas, l'actualité des données géochimiques a été qualifiée de satisfaisante ou très satisfaisante.

Voici quelques commentaires significatifs : «La qualité des données géochimiques de la CGC est au-dessus de tout reproche, comme toujours. Le délai de diffusion, cependant, pourrait être meilleur.» «La qualité des publications de la

CGC est uniformément élevée, mais le volume des publications officielles (qui nous renseignent sur les progrès de la recherche) est faible au point d'être inacceptable.» «A l'exception de certains chercheurs prolifiques, la plupart des géochimistes poursuivent des recherches intéressantes et pertinentes dont les résultats sont publiés, quand ils le sont, au moins plusieurs années après que les études ont été achevées.»

### Satisfaction des besoins des clients (question C-4)

A la question de savoir dans quelle mesure les données géochimiques de la CGC répondent à leurs besoins, les quatre groupes ont répondu favorablement, moins de 20 % des répondants estimant que les données de la CGC, toutes catégories d'information confondues, sont passables (tableau 14; fig. 5). Il convient de noter que le tiers des répondants des laboratoires se sont abstenus de tout commentaire. Les groupes de l'industrie et des gouvernements se sont dit particulièrement satisfaits des dossiers publics de la CGC, ce qui indique un appui en faveur des levés géochimiques régionaux de reconnaissance. Les travaux de la CGC publiés dans des journaux externes ont été jugés, en comparaison, moins satisfaisants du point de vue des besoins des groupes de clients. Cela fait écho aux préoccupations exprimées dans les réponses aux questions précédentes. Dans l'ensemble, il ressort des réponses que les groupes de clients s'estiment bien servis par les produits géochimiques de la CGC.

**Tableau 11.** Fréquence d'utilisation des données géochimiques.

Groupe/Produit	Au moins une fois par mois %	Au moins une fois par année %	Moins d'une fois par année %	Jamais %	Sans opinion %
<b>Industrie n=60</b>					
Publications officielles	26	59	11	2	2
Dossier publics	21	63	8	5	3
Journaux externes	13	34	36	13	3
Données non publiées	2	43	31	21	3
<b>Universités n=10</b>					
Publications officielles	10	60	30	0	0
Dossier publics	0	40	60	0	0
Journaux externes	30	60	10	0	0
Données non publiées	0	20	40	0	10
<b>Gouvernements n=18</b>					
Publications officielles	28	50	22	0	0
Dossier publics	11	50	33	6	0
Journaux externes	11	50	28	11	0
Données non publiées	6	38	34	22	0
<b>Laboratoires n=15*</b>					
Publications officielles	20	40	13	7	20
Dossier publics	13	20	27	13	27
Journaux externes	13	53	7	0	26
Données non publiées	7	20	20	20	33
* Fort pourcentage n'ayant pas répondu					

### Productivité évaluée d'après la production géochimique par la CGC (question C-5)

À l'exception du groupe des universités, un assez fort pourcentage de répondants a répondu «sans opinion» à cette question, même dans le groupe de l'industrie (tableau 15, fig. 6). Cela tient probablement à la difficulté, pour les utilisateurs, de porter un jugement honnête sur cet attribut de la géochimie pratiquée à la CGC. Parmi ceux qui ont exprimé un point de vue, ce sont les répondants des universités qui ont proportionnellement l'opinion la plus favorable au sujet de la productivité de la CGC. Une forte proportion du groupe de l'industrie ne s'est montrée que partiellement satisfaite de la productivité de la CGC.

### Utilisation et application (question C-3)

Le questionnaire révèle que les produits géochimiques de la CGC, toutes formes confondues, sont utilisés en premier lieu comme sources d'information (tableau 16, fig. 7). Les sociétés d'exploration et les universités utilisent également les publications officielles et les dossiers publics pour stimuler la recherche d'idées nouvelles en exploration. Les laboratoires trouvent l'information la plus utile sur les techniques d'analyse dans les journaux externes, les publications officielles et les sources non publiées. Les données géochimiques de la CGC sont utilisées dans une moindre mesure pour développer des méthodologies de terrain et des techniques d'interprétation. Un des répondants a exprimé en ces termes la difficulté à assimiler les ensembles de données numériques et à développer des méthodes de

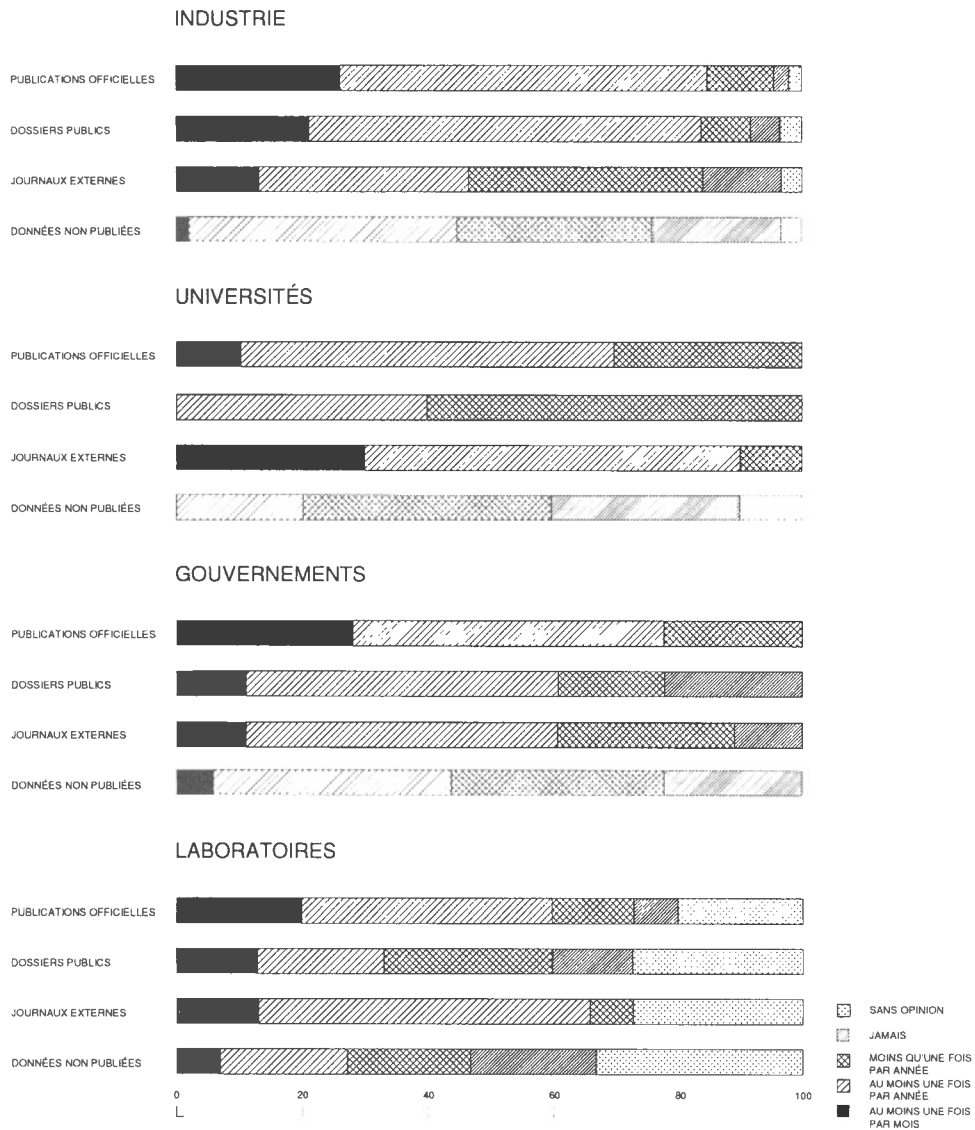


Figure 2. Fréquence d'utilisation des données géochimiques.

terrain et des techniques d'interprétation : «On augmenterait considérablement l'utilité d'un dossier public si le géochimiste responsable de sa publication prenait le temps d'évaluer et de commenter les données, au lieu de simplement les présenter sous forme de tableaux.»

Dans la dernière section de la partie générale du questionnaire (section D), les répondants étaient invités à évaluer le rendement des activités géochimiques de la CGC et leur pertinence compte tenu de leurs besoins. Ils devaient donner leurs points de vue sur une liste d'activités classées en deux grandes catégories : levés régionaux et recherches géochimiques appliquées.

### Activités géochimiques appropriées à la CGC (question D-1)

Les universités canadiennes croient que la CGC devrait être active dans tous les types de levés régionaux et domaines de recherche géochimiques énumérés dans le questionnaire (tableau 17; fig. 8). Les groupes de l'industrie et des gouvernements sont eux aussi en faveur d'un niveau d'activité élevé, mais leurs opinions sont plus nuancées. Les activités de la CGC les plus visibles actuellement sont celles qui reçoivent le plus large appui des répondants, c'est-à-dire les levés régionaux par échantillonnage de sédiments fluviaux et lacustres, de même que par échantillonnage du drift. Les levés régionaux par échantillonnage des minéraux lourds et de l'eau sont moins populaires.

Dans le domaine de la recherche appliquée, les répondants appuient fortement les travaux de la CGC en géochimie des gisements minéraux, de même que la recherche lithogéochimique appliquée. Au sein de l'industrie et des gouvernements, on juge très opportune la recherche

appliquée qui se fait à la CGC en géochimie des matériaux d'échantillonnage les plus couramment utilisés dans les levés régionaux, en vue d'améliorer la méthodologie et les techniques d'interprétation. Cette opinion contraste nettement avec les réponses données il y a une dizaine d'années à un sondage sur le Programme de reconnaissance de l'uranium (Weir, 1979).

La biogéochimie est également considérée comme un sujet de recherche approprié; en fait, la CGC est actuellement un chef de file dans ce domaine. Les répondants sont nettement en faveur du développement de méthodes d'analyse ainsi que des travaux qui se font en gestion des données et en techniques d'interprétation. Un appui moins large, mais tout de même important, est accordé par tous les groupes à la géochimie gazeuse et à l'hydrogéochimie, de même qu'aux autres activités de recherche en géochimie organique, en géochimie des inclusions fluides et des isotopes, et en géochimie de l'environnement. Les activités qui obtiennent le moins de suffrages sont les aspects de la géochimie qui sont indépendants de l'exploration, comme en témoigne le commentaire suivant : «Tous les types d'études géochimiques énumérés sont généralement importants et bien exécutés par la CGC, mais ils ne sont pas également pertinents. L'accent devrait être mis sur la géochimie d'exploration, en particulier sur ses aspects qui rendent l'exploration plus efficace et efficiente.» Tous les groupes de répondants sont d'accord pour que la CGC participe à des études environnementales, sans toutefois en faire une activité prioritaire.

Un fort pourcentage de répondants des laboratoires s'est malheureusement abstenu de tout commentaire. Ceux qui ont exprimé un point de vue appuient dans une large mesure la position des groupes de l'industrie et des gouvernements.

**Tableau 12.** Actualité des données géochimiques de la CGC.

Groupe/Produit	Très satisfaits %	Satisfaits %	Insatisfaits %	Très insatisfaits %	Sans opinion/ Pas de réponse %
<b>Industrie n=60</b>					
Publications officielles	5	50	20	7	18
Dossier publics	15	62	8	0	15
Journaux externes	5	44	5	0	46
Données non publiées	10	43	3	0	44
<b>Universités n=10</b>					
Publications officielles	20	70	10	0	10
Dossier publics	30	50	10	0	10
Journaux externes	10	50	0	10	30
Données non publiées	10	20	0	0	70
<b>Gouvernements n=18</b>					
Publications officielles	11	56	11	0	22
Dossier publics	28	50	5	0	17
Journaux externes	17	50	5	0	28
Données non publiées	11	39	5	0	45
<b>Laboratoires n=15</b>					
Publications officielles	7	27	13	0	53
Dossier publics	0	33	7	0	60
Journaux externes	7	20	13	7	53
Données non publiées	7	27	0	0	66

Le fort appui exprimé en faveur des travaux de la CGC reliés aux levés régionaux indique que l'on approuve massivement les projets exécutés conjointement par les gouvernements fédéral et provinciaux dans le cadre du Programme national de reconnaissance géochimique. On estime que les commissions et ministères des mines des provinces sont logiquement les autres sources les plus probables de données sur les levés géochimiques, et que la recherche sur les techniques d'exploration géochimique devrait être complétée par des travaux universitaires. Les opinions varient cependant : «Dans la mesure du possible, la CGC devrait laisser exécuter les levés de routine par les organismes provinciaux. Je vois le rôle de la CGC comme celui d'un chef de file national dans les recherches visant à développer et à perfectionner des méthodes d'exploration géochimique.» D'autres considèrent qu'une augmentation

des travaux en matière de développement de méthodes et de techniques d'analyse et une intensification de la recherche sur la géochimie d'exploration/la gîtologie dans les universités assureraient la disponibilité permanente de spécialistes très qualifiés qui soient capables de prendre en charge les activités géochimiques reliées à l'exploration, ce qui entraînerait un transfert de fonds de la CGC en faveur des universités.

D'autres commentaires formulés au sujet des questions soulevées par cette partie du questionnaire ont trait à la portée générale des activités géochimiques de la CGC et à leurs rapports avec celles qui ont lieu dans d'autres pays.

«...(la CGC) ne peut pas tout faire pour tout le monde. Dans quel domaine le Canada est-il devenu un chef de file mondial?»

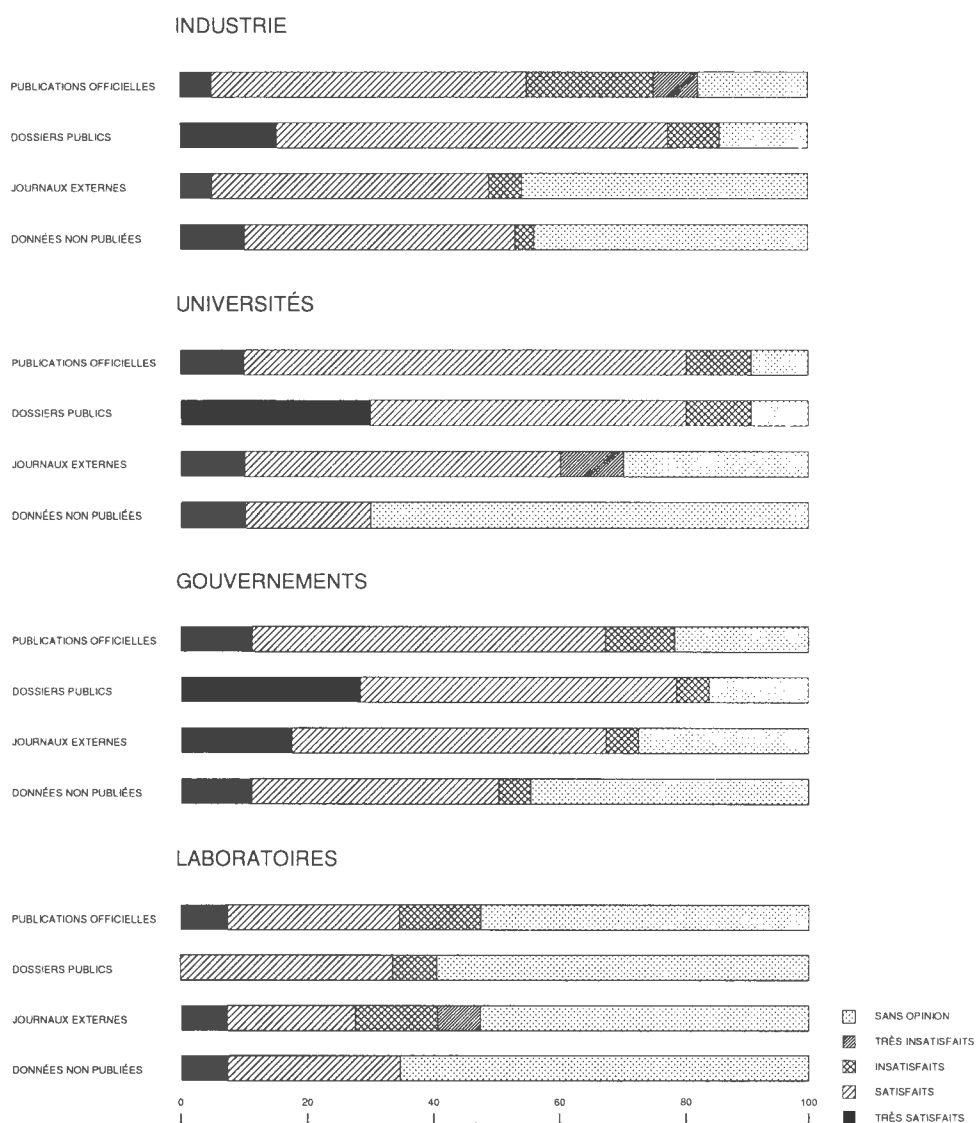


Figure 3. Actualité des données géochimiques de la CGC.

«...l'unité géochimique de la CGC devrait consacrer la majeure partie de son temps à l'acquisition de connaissances fondamentales sur les facteurs qui influent au bout du compte sur l'interprétation des données géochimiques.»

On appuie fortement la participation de la CGC à la production de données géochimiques régionales, mais on considère que cette activité est tout autant du ressort des gouvernements provinciaux. Une diminution de la participation des gouvernements fédéral et provinciaux aux travaux de cartographie géochimique régionale libérerait des ressources que l'on consacrerait plutôt à des recherches essentielles sur l'interprétation et l'évaluation des données géochimiques régionales.

### Pertinence et importance des travaux géochimiques de la CGC (question D-2)

Les répondants des universités considèrent que toutes les activités mentionnées sont importantes et pertinentes pour leurs travaux (tableau 17; fig. 9). Les levés régionaux exécutés par la CGC et les recherches sur le comportement géochimique des matériaux d'échantillonnage les plus courants, y compris ceux utilisés en biogéochimie, sont jugés très pertinents par les répondants de l'industrie et des gouvernements. Les recherches sur les techniques d'analyse intéressent moyennement les répondants de l'industrie, tandis que les laboratoires les considèrent comme l'activité géochimique la plus importante de la CGC. Les domaines de la recherche géochimique les moins développés et les moins utilisés, comme les travaux en géochimie gazeuse et organique, en géochimie des inclusions fluides et des

isotopes stables et en géochimie de l'environnement, sont jugés importants surtout par les répondants des universités et des gouvernements.

De façon générale, les travaux géochimiques de la CGC s'accordent bien avec celles des clients. Les réponses au questionnaire ne mentionnent aucun domaine d'activité dans lequel les travaux de la CGC seraient en reste ou incompatibles avec les travaux actuels des répondants en matière d'exploration géochimique.

### Évaluation du rendement géochimique de la CGC (question D-3)

La plupart des groupes de répondants, en particulier les laboratoires, ont trouvé très difficile d'évaluer le rendement de la CGC dans les diverses travaux énumérés, notamment en raison du faible niveau d'activité de la CGC dans les domaines les moins courants de la géochimie d'exploration.

Les levés hydrogéochimiques régionaux effectués par la CGC sont relativement bien connus, et leurs résultats largement diffusés. Le rendement de la CGC dans ce domaine est considéré par la majorité avec satisfaction (tableau 17; fig. 10). En ce qui concerne les activités de la CGC en géochimie des gisements minéraux, le degré de satisfaction est élevé parmi les universités et les gouvernements, mais il l'est beaucoup moins parmi les répondants de l'industrie. Bien que les recherches en géochimie des inclusions fluides, en géochimie des isotopes et dans d'autres domaines produisent des données utiles sur la genèse de plusieurs types de gisements minéraux, les méthodes d'étude et d'interprétation actuellement utilisées ne sont pas aisément applicables à l'exploration lorsque les observations sont

**Tableau 13.** Fiabilité et qualité scientifiques des données géochimiques.

Groupe/Produit	Très satisfaits %	Satisfaits %	Insatisfaits %	Très insatisfaits %	Sans opinion/ Pas de réponse %
<b>Industrie n=60</b>					
Publications officielles	31	56	2	0	11
Dossier publics	8	74	3	2	13
Journaux externes	11	57	2	0	30
Données non publiées	5	59	0	0	36
<b>Universités n=10</b>					
Publications officielles	30	70	0	0	0
Dossier publics	30	70	0	0	0
Journaux externes	30	70	0	0	0
Données non publiées	20	30	0	0	50
<b>Gouvernements n=18</b>					
Publications officielles	33	50	0	0	17
Dossier publics	28	61	0	0	11
Journaux externes	28	44	0	0	28
Données non publiées	12	44	0	0	44
<b>Laboratoires n=15</b>					
Publications officielles	13	47	0	0	40
Dossier publics	6	47	0	0	47
Journaux externes	20	33	0	0	47
Données non publiées	7	27	0	0	66

faites et les échantillons prélevés loin des gisements (non découverts). Un certain scepticisme pourrait exister dans l'industrie quant à la valeur réelle de ces recherches dans les prises de décisions concernant les programmes d'exploration régionale. Les répondants ont également exprimé des réserves en ce qui concerne les recherches sur les méthodes d'interprétation et d'analyse des données.

#### Contribution de la CGC aux innovations en géochimie (question D-4)

La contribution de la CGC aux innovations en géochimie d'exploration est bien considérée par les clients; il y a trois fois plus de répondants qui jugent cette contribution importante que de répondants qui l'estiment non importante (tableau 18; fig. 11).

#### Perception des recherches faites à la CGC en géochimie d'exploration (question D-5)

Pour certains clients, les recherches géochimiques de la CGC sont «en grande partie appliquées», pour d'autres «en partie appliquées»; elles sont en partie dictées par les besoins pratiques de l'industrie de l'exploration, en partie animées par la curiosité scientifique. Des faiblesses ont été relevées dans les recherches fondamentales, mais le groupe des universités perçoit un bon équilibre entre les études fondamentales et appliquées.

Les répondants des universités, des gouvernements et des laboratoires ont été invités à donner des renseignements supplémentaires sur leurs rapports avec les unités exécutant des travaux géochimiques à la CGC; (parties E, F et G de l'appendice C).

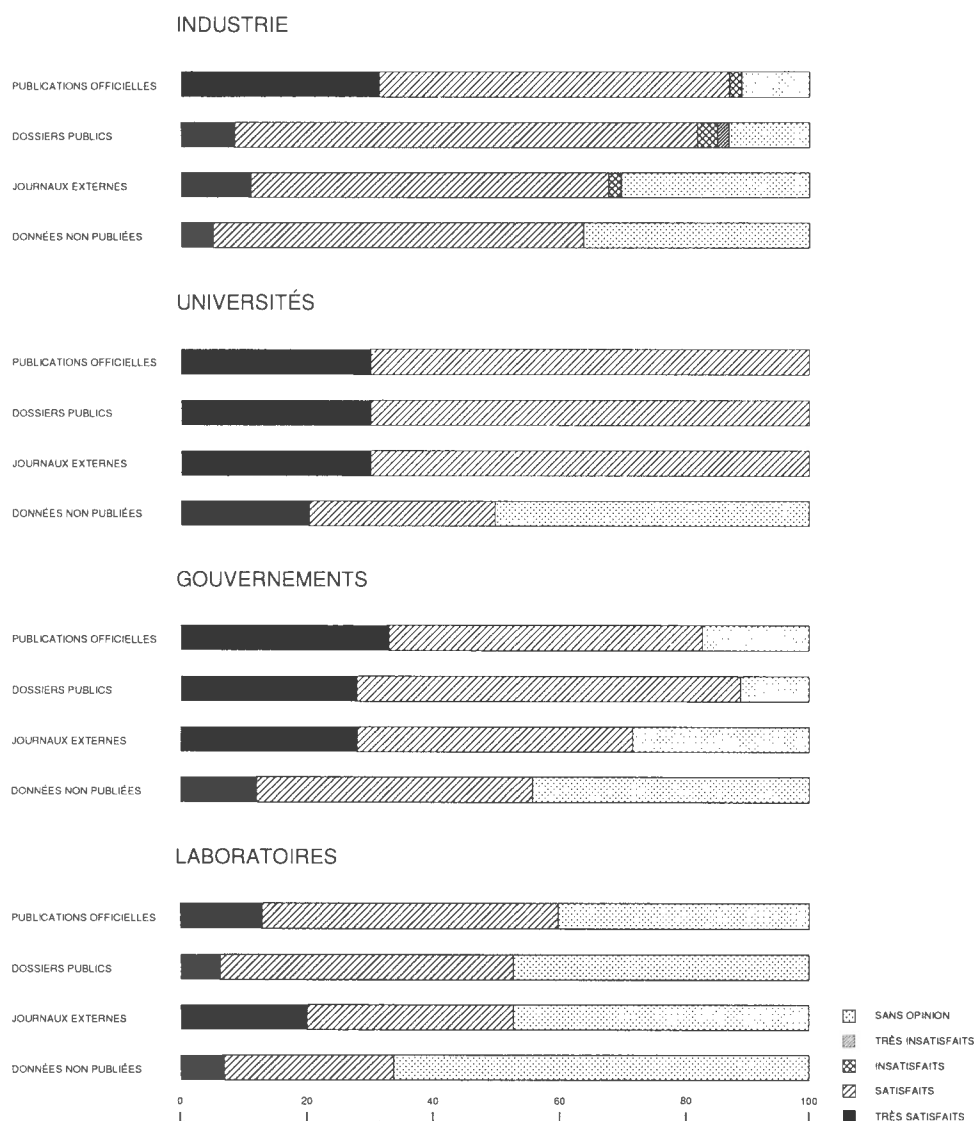


Figure 4. Fiabilité et qualité scientifiques des données géochimiques.

Neuf universités sur les dix ayant répondu offrent des cours de géochimie au niveau du premier cycle, et sept sur dix en donnent au niveau des deuxième et troisième cycles. Il y a une contradiction entre ces réponses et la disponibilité de spécialistes qualifiés en géochimie d'exploration, ce qui dénote peut-être une certaine confusion dans l'esprit des répondants quant à la nature de la géochimie d'exploration comparativement au domaine classique de la géochimie des roches et des gisements minéraux.

Les conventions de recherches d'ÉMR et les marchés de services du MAS financent dans une faible mesure la recherche géochimique dans les universités. Aucune des universités interrogées ne juge cet appui essentiel à leurs programmes, bien que trois répondants sur dix l'aient qualifié d'important. Les principaux avantages que les universités et leurs étudiants retirent de la CGC sont une aide à la recherche documentaire, les possibilités d'emploi, le soutien logistique sur le terrain et la disponibilité de surveillance conjointe de projets de recherche. La plupart des universités jugent satisfaisant le niveau de l'aide de la CGC à la recherche en géochimie d'exploration.

Les laboratoires commerciaux sont principalement liés à la CGC par les nombreux contrats de services d'analyse et par les ententes conclues en vue du développement de techniques d'analyse. Cette question, dont il est question ailleurs dans ce rapport, est un sujet de dissension à l'égard duquel des mesures doivent être prises.

Le groupe des laboratoires ne croit pas que les travaux des scientifiques de la CGC en matière de développement de techniques d'analyse aient contribué à élever la qualité générale des analyses géochimiques au Canada. Bien que le tiers des répondants aient l'impression que les travaux de la

CGC dans ce domaine leur ont apporté beaucoup, il ressort des réponses que la CGC n'est pas la source vers laquelle les laboratoires se tournent spontanément pour résoudre des problèmes d'analyse. Les solutions finalement adoptées sont ou bien trouvées à l'interne (67 %) ou bien adaptées de méthodes utilisées dans d'autres disciplines (53 %). Ces réponses des laboratoires commerciaux ont étonné le Comité. Un examen de la documentation indique que les scientifiques de la CGC ont apporté plusieurs contributions importantes tant au développement de nouvelles méthodes d'analyse qu'à la compréhension des méthodes d'analyse existantes. L'absence d'impact est peut-être le fait d'une diffusion inégale de l'information. Les laboratoires peuvent normalement obtenir l'information technologique dont ils ont besoin par étude et demande d'échantillons, et un de leurs problèmes fondamentaux est peut-être le fait de ne pas savoir que telle ou telle source d'information existe.

La partie F du questionnaire a été envoyée à des organismes géoscientifiques provinciaux et territoriaux. L'Île-du-Prince-Édouard est la seule province à ne pas avoir répondu.

Tous les organismes provinciaux, sauf un, ont indiqué avoir au moins un géochimiste à leur emploi; trois provinces en emploient trois (question F-1). Aucun organisme territorial ne compte un géochimiste parmi son personnel. Dans les organismes provinciaux, les géochimistes sont plus nombreux que les géophysiciens (19 contre 11), mais ces deux groupes sont surclassés, et de loin, par les géologues (233). Il ne faudrait pas interpréter ces proportions avec trop de rigueur, étant donné que les réponses de certains organismes représentaient seulement une partie de l'effectif total en sciences de la Terre.

**Tableau 14.** Satisfaction des besoins des clients.

Groupe/Produit	Excellente %	Bonne %	Acceptable %	Passable %	Médiocre %	Sans opinion %
<b>Industrie n=60</b>						
Publications officielles	8	39	43	5	3	2
Dossier publics	15	34	36	5	3	7
Journaux externes	0	21	44	10	11	14
Données non publiées	2	28	25	11	11	23
<b>Universités n=10</b>						
Publications officielles	20	50	20	10	0	0
Dossier publics	0	40	40	20	0	0
Journaux externes	20	40	30	10	0	0
Données non publiées	20	20	0	10	30	20
<b>Gouvernements n=18</b>						
Publications officielles	12	44	44	0	0	
Dossier publics	28	38	16	12	6	0
Journaux externes	6	44	38	0	0	12
Données non publiées	0	32	24	11	11	22
<b>Laboratoires n=15</b>						
Publications officielles	0	13	40	7	7	33
Dossier publics	0	20	27	13	7	33
Journaux externes	7	13	40	7	0	33
Données non publiées	7	27	27	6	7	46

On peut conclure que, collectivement, les provinces ont des moyens d'action considérables en géochimie, mais qu'aucune d'elle prise individuellement n'égale les ressources de la CGC du point de vue du nombre et de la diversité des géochimistes.

Basés sur les données fournies par les organismes provinciaux et territoriaux (question F-2), les types et coûts estimés des levés géochimiques régionaux exécutés durant la période de 1983 à 1988 par des organismes gouvernementaux sont résumés au tableau 20. Même si toutes les provinces n'ont pas fourni une information complète, ces chiffres donnent une idée du niveau d'activité par organisme et par type de levé, et complètent les réponses données par les gouvernements aux questions B-4, D-1, D-2 et D-3.

Au cours de la période quinquennale de 1983 à 1988, le gouvernement fédéral et les provinces déclarent avoir consacré au moins 21 millions de dollars à des levés géochimiques régionaux au Canada. Certains frais engagés par la CGC, notamment des dépenses du budget de base A et d'autres coûts, ne sont pas inclus dans le total parce que les organismes provinciaux ne disposaient pas du détail de cette information, de sorte que les données contenues dans le tableau 20 sont incomplètes. Les réponses au questionnaire indiquent que presque la moitié (48 %) des coûts a été engagée directement par la CGC, 39 % par les provinces et 14 % dans le cadre de programmes à frais partagés. Une bonne partie du travail a été accomplie dans le cadre des ententes sur l'exploitation minière. Les matériaux d'échantillonnage les plus largement utilisés dans les levés gouvernementaux sont les tills glaciaires, les

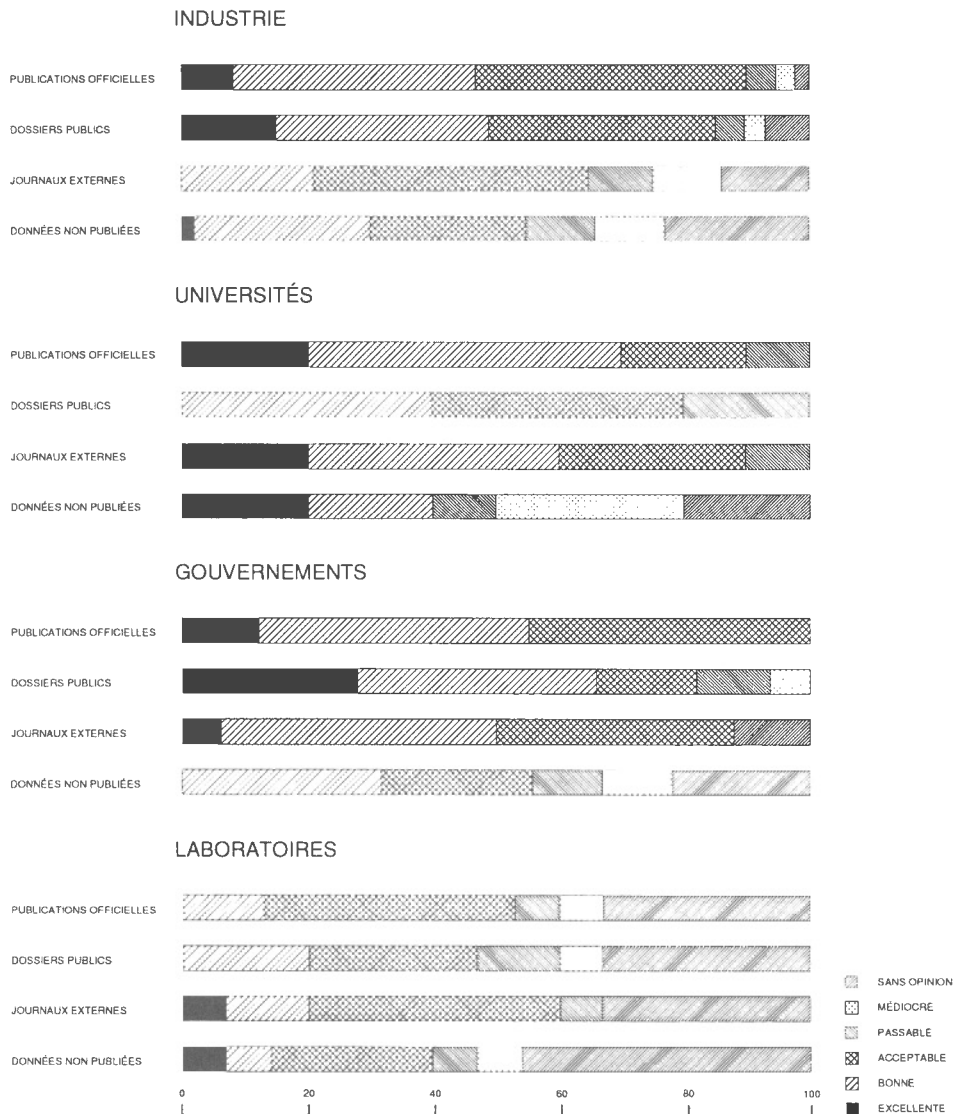


Figure 5. Satisfaction des besoins des clients.

sédiments fluviaux et les sédiments lacustres, qui représentent chacun plus de 20 % des dépenses totales consacrées aux levés régionaux. La lithogéochimie et les levés radiométriques représentent chacun près de 10 % des dépenses totales. Les autres matériaux d'échantillonnage (eau souterraine, végétation, gaz) sont rarement employés.

La participation financière de la CGC est prédominante dans les cas des sédiments lacustres, des tills et des levés radiométriques. Celle des provinces et territoires prédomine dans le cas des sédiments fluviaux. Les dépenses engagées dans les levés lithogéochimiques sont également partagées.

La plupart des provinces et territoires (6 sur 11) sont en faveur de levés géochimiques régionaux exécutés conjointement (question F-3), mais une minorité importante (4) préfère laisser ces travaux aux provinces. Seulement une province considère que la responsabilité des levés géochimiques régionaux devrait incomber principalement à la CGC.

Les deux tiers des provinces ont indiqué entretenir un haut degré de collaboration avec les géochimistes de la CGC dans l'exécution des levés géochimiques régionaux (tableau 21). La collaboration est beaucoup moins importante dans d'autres activités orientées vers la recherche, mais une majorité de provinces/territoires travaille en collaboration avec la CGC à la mise au point de techniques d'intégration de données, au développement de méthodes de levés régionaux, à la recherche sur les techniques d'analyse et à l'application de méthodes statistiques.

## EXAMEN DES TRAVAUX DE LA CGC EN GÉOCHIMIE D'EXPLORATION

### Recherche et méthodologie

Les réponses au questionnaire indiquent que les utilisateurs des données sur l'exploration géochimique sont raisonnablement satisfaits de la production de la CGC. Il en ressort que les principaux travaux en géochimie d'exploration sont pertinents et appropriés, que les produits de la CGC sont bien considérés et répondent généralement aux besoins des utilisateurs. Des améliorations sont possibles, cependant, notamment en ce qui concerne la sensibilisation du public aux travaux de la CGC, la productivité et l'utilisation de la technologie de l'informatique dans la commercialisation des produits de la CGC.

Tout en tenant compte des réponses de la clientèle, le Comité croit possible d'améliorer considérablement l'ensemble des travaux en géochimie d'exploration de la CGC, en apportant des changements dans la gestion, l'organisation et les attitudes de manière à parvenir à une meilleure intégration du personnel et des ressources au sein des divisions et sous-divisions pertinentes de la CGC.

Vu la nature et la diversité du paysage canadien, les programmes de recherche en géochimie d'exploration, comprenant des études en biogéochimie, et en hydrogéochimie, et des études sur le comportement des éléments dans les sédiments glaciaires, doivent devenir des travaux majeurs à la CGC. Les travaux en biogéochimie et en géochimie superficielle des régions englacées devraient se poursuivre aux niveaux actuels. Très peu de rapports ont été publiés ces dernières années sur les études

**Tableau 15.** Productivité évaluée d'après la production d'information géochimique à la CGC.

Groupe/Produit	Très satisfaisante %	Satisfaisante %	Peu Satisfaisante %	Insatisfaisante %	Sans opinion %
<b>Industrie n=60</b>					
Publications officielles	5	41	16	7	31
Dossier publics	7	48	7	5	33
Journaux externes	0	39	13	2	44
Données non publiées	0	34	8	3	54
<b>Universités n=10</b>					
Publications officielles	20	40	20	10	10
Dossier publics	40	20	20	0	20
Journaux externes	20	60	20	0	0
Données non publiées	20	10	10	0	60
<b>Gouvernements n=18</b>					
Publications officielles	5	55	17	0	23
Dossier publics	11	39	17	5	28
Journaux externes	17	55	5	0	23
Données non publiées	11	23	5	0	61
<b>Laboratoires n=15</b>					
Publications officielles	0	27	13	0	60
Dossier publics	7	33	7	0	53
Journaux externes	0	40	0	7	53
Données non publiées	7	20	7	0	66

hydrogéochimiques de la CGC, et les répondants demandent que la CGC corrige la situation de manière à donner l'occasion aux utilisateurs de juger de la nature, de la pertinence et de la qualité de ses recherches.

Le niveau d'activité en lithogéochimie est remarquablement bas. L'échantillonnage des « éclats de roches » est actuellement une technique de prédilection dans la recherche des gisements de métaux précieux, mais une bonne partie de ce travail est exécutée de façon non systématique. Il faut exécuter des études détaillées des caractéristiques et de la répartition des métaux dans les roches, basées sur des levés d'orientation géochimique bien planifiés, afin d'améliorer la compréhension générale et la qualité générale des levés d'exploration lithogéochimique dans le secteur privé. La CGC devrait exploiter cette possibilité et répondre à ce besoin de manière plus systématique, en procédant à des études minutieuses dans des

districts miniers où des échantillons peuvent être obtenus non seulement dans les affleurements, mais aussi dans les sondages et les exploitations souterraines. Les travaux du secteur privé indiquent que la lithogéochimie a un potentiel important dans les environnements de minéraux volcanogènes et autres.

La recherche en géochimie gazeuse, qui était un domaine de compétence de la CGC il y a à peine dix ans, a été mise en veilleuse. Comme le montrent les travaux qui se font en Scandinavie, aux États-Unis, au Japon et ailleurs, la géochimie gazeuse est une technique très prometteuse lorsqu'il s'agit de détecter des minéralisations subtiles et caractéristiques enfouies sous des morts-terrains ou des matériaux de transport. Une méthode électrochimique a été développée en Union soviétique, en Chine et ailleurs, et mise à l'épreuve dans plusieurs régions de l'Europe, de l'Asie et des États-Unis. On a dit que ces techniques avaient été très

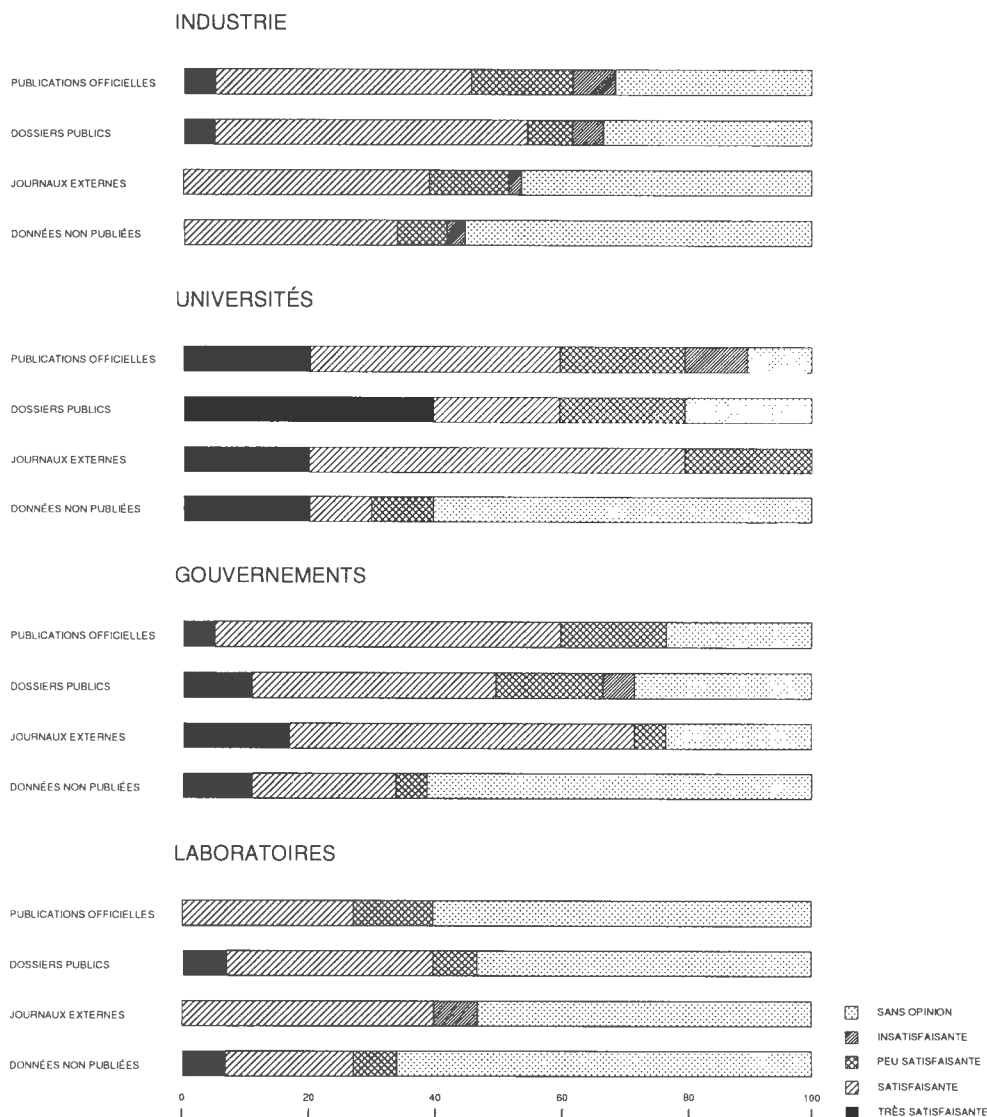


Figure 6. Productivité évaluée d'après la production d'information géochimique à la CGC.

efficaces dans les travaux de prospection à travers des épaisseurs de matériaux de transport de plusieurs centaines de mètres, mais elles n'ont pas encore été évaluées par la CGC. Étant donné la nature de la géologie superficielle du Canada, la CGC a manifestement péché ici par négligence.

La présente étude, de même que celles des comités consultatifs précédents révèlent que la clientèle de la CGC s'attend à ce que la CGC fasse l'évaluation pratique et objective des idées et des techniques nouvelles et en développement, parallèlement aux travaux qu'elle poursuit en matière de recherche et de cartographie. Compte tenu de la compression des ressources disponibles, il s'agit de la tâche la plus importante de la direction de la CGC. Les dirigeants de la CGC doivent en effet gérer activement et résolument des projets et des ressources, au lieu de superviser passivement des études que des chercheurs proposent et exécutent, souvent pour leur propre satisfaction intellectuelle. En outre, la CGC devrait se garder d'investir une partie indue des rares ressources disponibles dans des domaines de la recherche fondamentale qui ne peuvent servir à court terme à la mise en valeur des ressources minérales du Canada. Ce type de recherches devrait se pratiquer dans les universités, quitte à ce que la CGC y apporte son soutien et participe à la supervision des études. De cette façon, la CGC peut tirer profit immédiatement des résultats des recherches et les appliquer à ses programmes, tout en conseillant les universités sur les nouvelles avenues de la recherche qu'elles peuvent emprunter.

## CRÉATION DES PROJETS

La façon dont les projets de la CGC sont définis et priorisés varie considérablement. Les travaux en prospection géochimique sont dictés en grande partie par les initiatives et

les intérêts des chercheurs; le Comité préconise un style de gestion qui encourage l'initiative des employés, mais qui aussi donne une direction précise à la recherche géochimique dans son ensemble.

Dans l'esprit des recommandations formulées par les comités consultatifs précédents (Weir, 1979; Coope, 1982), on insiste sur le fait que l'intégration des diverses disciplines géoscientifiques au sein de la CGC se traduit souvent par une meilleure communication, grâce aux débats et aux discussions auxquels elle donne lieu entre les scientifiques participants, ce qui conduit à une plus grande motivation professionnelle et à une meilleure productivité. Afin de favoriser ce genre d'interaction tout en maintenant une certaine orientation générale, il est recommandé à la direction de la CGC de financer des programmes de recherches interdisciplinaires soigneusement élaborés et d'inviter des géoscientifiques de la CGC, y compris des spécialistes de la géochimie d'exploration, à participer à ces recherches en soumettant des projets de recherches en collaboration et en se disputant les fonds alloués aux programmes. Les chercheurs dont les projets ne sont pas retenus ou qui refusent de participer à ces recherches interdisciplinaires devraient se contenter de se partager le peu d'argent qui resterait dans les budgets de sous-divisions.

Sans vouloir répéter les commentaires déjà formulés dans notre examen des réponses au questionnaire, nous arrêterons ci-dessous à des observations qui ont été faites par certains clients en ce qui concerne la sensibilisation du public aux travaux de la CGC, l'interaction avec le public, la présence aux réunions, certains types de publications et la diffusion des données sous forme numérique.

**Tableau 16.** Utilisation et application des données géochimiques de la CGC.

Groupe/Produit	Source de données %	Méthodes de terrain %	Techniques d'analyse %	Techniques d'interprétation %	Idées %	Formation en exploration %
<b>Industrie n=60</b>						
Publications officielles	83	24	5	59	64	11
Dossier publics	83	24	5	29	56	3
Journaux externes	55	17	11	37	55	4
Données non publiées	65	25	13	31	54	13
<b>Universités n=10</b>						
Publications officielles	60	20	0	20	60	10
Dossier publics	60	10	10	0	20	0
Journaux externes	60	20	10	30	40	10
Données non publiées	20	10	0	20	30	10
<b>Gouvernements n=18</b>						
Publications officielles	77	22	22	16	28	0
Dossier publics	94	16	16	0	6	0
Journaux externes	44	22	22	33	22	0
Données non publiées	44	16	16	0	6	0
<b>Laboratoires n=15</b>						
Publications officielles	40	6	46	13	26	6
Dossier publics	46	6	13	0	6	0
Journaux externes	13	20	53	20	33	6
Données non publiées	6	26	46	20	13	0

## FORMATION EN GÉOCHIMIE D'EXPLORATION

«On augmenterait considérablement l'utilité d'un dossier public si le géochimiste responsable de sa publication prenait le temps d'évaluer et de commenter les données, au lieu de simplement les présenter sous forme de tableaux.» Ce commentaire, que nous avons déjà cité, ne doit pas être interprété uniquement comme une réaction de frustration devant un produit jugé peu pratique; c'est aussi une demande légitime de la part d'un chercheur pour qu'on l'aide à interpréter des données.

Des préoccupations du même ordre ont été exprimées par des géologues au sujet des données de la CGC recueillies dans le cadre de levés lithogéochimiques exécutés en

Colombie-Britannique. Le Comité attribue ces doléances au fait que la géochimie d'exploration est généralement négligée dans les cours de géologie économique du premier cycle offerts dans les universités canadiennes. Malgré l'insistance avec laquelle l'industrie demande aux universités d'améliorer et d'augmenter le contenu de leurs cours sur l'application de la géochimie à l'exploration minière, la plupart de ces établissements ne donnent pas aux étudiants inscrits au baccalauréat ou aux études supérieures l'occasion d'étudier cette discipline. Il en résulte une pénurie critique de spécialistes de la géochimie d'exploration et de géologues versés en géochimie d'exploration. La CGC, où se trouve réuni le gros de ces spécialistes au Canada, pourrait contribuer à combler ce vide en encourageant les universités à participer à ses projets et en relevant de beaucoup l'aide très limitée qu'elle consent actuellement dans le cadre du

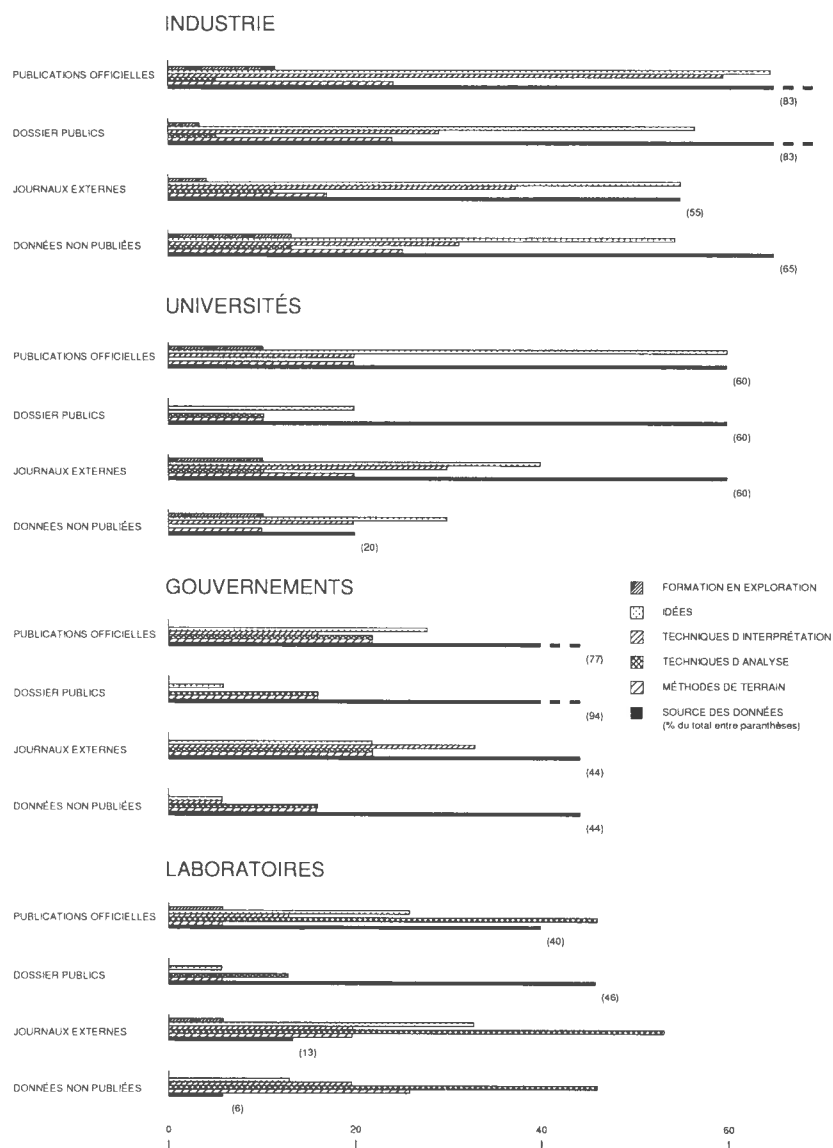


Figure 7. Utilisation et application des données géochimiques de la CGC.

Programme des conventions de recherches d'ÉMR. (En 1989-1990, moins de 1,5 % des fonds du Programme des conventions de recherches, 1,39 million de dollars étaient alloués à des projets en géochimie d'exploration.)

Dans ses propres programmes, la CGC devrait mettre davantage l'accent sur le choix des méthodes optimales d'échantillonnage et d'analyse, basé sur des levés d'orientation et d'autres études pilotes exécutées en prévision ou dans le cadre des projets de la CGC. En outre, la Sous-division de la géochimie d'exploration devrait songer à la préparation d'un catalogue d'études de cas d'orientation couvrant différents matériaux d'échantillonnage, qui serait offert à l'industrie et aux universités et mis à jour périodiquement.

Les réponses au questionnaire indiquent que les données géochimiques de la CGC sont peu utilisées dans la formation en techniques d'exploration. La CGC devrait saisir cette occasion pour donner plus d'importance à la diffusion et à la présentation des données pouvant être utilisées comme matériel de référence et d'enseignement dans l'apprentissage des méthodes géochimiques.

## PROGRAMME NATIONAL DE RECONNAISSANCE GÉOCHIMIQUE

Les réponses aux questions indiquent un appui massif en faveur des travaux de la CGC qui ont trait aux levés régionaux, et en faveur du Programme national de reconnaissance géochimique (PNRG) qui, depuis récemment, est financé sous le régime des ententes fédérales-provinciales sur l'exploitation minière. Ces programmes ont réussi à stimuler et à orienter les travaux d'exploration minière exécutés dans le secteur privé au Canada.

En raison des liens qui se sont établis entre le PNRG et les ententes sur l'exploitation minière, la continuité des programmes dépend des décisions politiques qui ont une incidence sur le renouvellement des engagements financiers. Un grand nombre d'ententes ne seront pas reconduites en 1989-1990 et, à moins de trouver d'autres sources de financement, il faudra mettre un terme aux programmes sur le terrain et aux marchés de services d'analyse. La suspension de ces programmes sera perçue négativement par un grand nombre de clients de la CGC, en partie parce qu'elle se traduira par une diminution des travaux d'exploration et des occasions d'affaires, et en partie parce que le retrait de la CGC de programmes régionaux exécutés à la grandeur du pays

Tableau 17. Activités géochimiques appropriées à la CGC.

	Industrie			Universités			Gouvernements			Laboratoires		
	A	R	P	A	R	P	A	R	P	A	R	P
<u>Échantillonnage régional</u>												
Sédiments fluviaux	84	77	65	80	80	80	84	82	61	59	66	**
Sédiments lacustres	80	78	69	90	80	80	84	88	56	66	66	**
Drift glaciaire (tills compris)	80	75	49	80	80	80	78	82	67	53	59	**
Minéraux lourds	74	69	38	80	70	50	61	53	38	59	58	**
Eau	34	76	20*	100	80	50	61	59	44	59	52	**
<u>Recherche appliquée</u>												
Gîtes minéraux	94	86	47	100	80	70	78	69	61	60	52	**
Échantillonnage de sédiments fluviaux	85	79	52	80	70	60	83	76	61	60	59	**
Échantillonnage de sédiments lacustres	79	82	49	90	70	70	83	83	56	66	46	**
Échantillonnage de sols	87	85	41	90	70	60	83	76	55	59	59	**
Drift (till compris)	80	78	49	70	70	60	83	76	67	52	52	**
Hydrogéochimie	58	46	20*	90	80	30	78	64	38	66	53	**
Biogéochimie	70	68	29	80	80	60	83	76	56	66	53	**
Lithogéochimie	88	86	40	80	70	70	83	70	39	66	66	**
Échantillonnage de minéraux lourds	74	77	40	70	60	40	83	53	33	66	60	**
Géochimie gazeuse	53	36	8*	70	80	10*	67	53	28	60	39	**
Techniques d'analyse	69	54	39	90	80	50	90	70	50	80	72	**
Traitement et interprétation des données	87	70	41	80	70	40	84	70	50	66	59	**
<u>Autres types de recherche</u>												
Géochimie organique	51	34	7*	70	60	20*	66	24	17*	32	33	**
Géochimie des inclusions fluides	56	49	13*	80	60	20	62	35	22*	33	39	**
Géochimie des isotopes stables	57	49	18*	70	60	30	62	35	22*	46	32	**
Géochimie de l'environnement	58	49	8*	80	50	30	78	41	17*	53	40	**
Géochimie indépendante de l'exploration	23	20	2*	50	40	40	38	24	11*	46	32	**
* environ 33 % n'ayant pas répondu												
** plus de 60 % n'ayant pas répondu												
CODE : A - Actif ou très actif (activité) R - Important ou très important (pertinence) P - Satisfaisant ou très satisfaisant (rendement)												

risque de compromettre le maintien des normes nationales auxquelles on doit la grande qualité de la base de données géochimiques régionales.

Une des principales critiques formulées par plusieurs groupes à l'endroit du PNRG est le faible niveau de travaux en interprétation des données et en évaluation des processus géochimiques responsables des figures de dispersion observées. Voilà un changement d'attitude marqué de la part d'un grand nombre de gens dans l'industrie, qui auparavant s'opposaient farouchement à ce que la CGC se livre à des travaux d'interprétation ou à des études géochimiques détaillées susceptibles d'être perçus comme de la prospection.

Tout en appuyant fortement le maintien du PNRG, le Comité recommande vivement d'augmenter les fonds du budget de base A consacrés à l'étude des aspects de la base

de données du Programme qui permettront de mieux comprendre les processus géochimiques des environnements superficiels et de développer de meilleures méthodes pour rendre plus efficaces l'exploration minérale et les levés régionaux. Ces recherches de base sont nécessaires si l'on veut que le PNRG réalise tout son potentiel.

## ARCHIVAGE DES ÉCHANTILLONS

Grâce aux fonds alloués en vertu des ententes sur l'exploitation minérale, la CGC a été en mesure de se doter des installations voulues pour archiver des échantillons de sédiments lacustres et fluviaux et des échantillons d'eau prélevés à travers le pays. La réanalyse de certains matériaux d'échantillonnage ainsi conservés a permis à la CGC d'augmenter sa base de données d'analyse en l'adaptant aux changements survenus dans la demande de produits minéraux



Figure 8. Travaux géochimiques appropriés à la CGC.

et de mieux répondre aux besoins de ses clients à l'intérieur et à l'extérieur de l'industrie des ressources naturelles. On peut facilement prévoir que ces échantillons permettront de recueillir des données d'intérêt environnemental, et le Comité recommande que l'on encourage la conservation de ces archives géochimiques, qu'il considère comme une ressource nationale précieuse.

## AFFERMAGE

Les analyses de routine qui consistent à déterminer la teneur en éléments traces des sols, des sédiments, du drift, etc. à l'appui des travaux de la Division des ressources minérales et de la Division de la science des terrains, et aussi à l'appui des levés régionaux exécutés dans le cadre des ententes sur l'exploitation minérale sont affermés presque en totalité.

Cette pratique devrait être maintenue. Dans le cas des programmes régionaux, il est essentiel de faire en sorte que la base de données demeure cohérente et fiable à long terme, en exigeant que les échantillons soient préparés et analysés à l'aide de méthodes bien définies, et en maintenant un programme rigoureux de contrôle de la qualité. A la Division des ressources minérales, une seule personne est chargée de coordonner l'affermage et de superviser le contrôle de la qualité. Il semble que par le passé, la coordination de l'affermage et le maintien du contrôle de la qualité aient été moins efficaces à la Division de la science des terrains.

Les commentaires reçus de la part des laboratoires commerciaux d'analyse géochimique par le truchement du questionnaire du Comité laissent transpirer un profond mécontentement à l'égard des méthodes employées par le MAS pour l'affermage des analyses géochimiques. Tout en

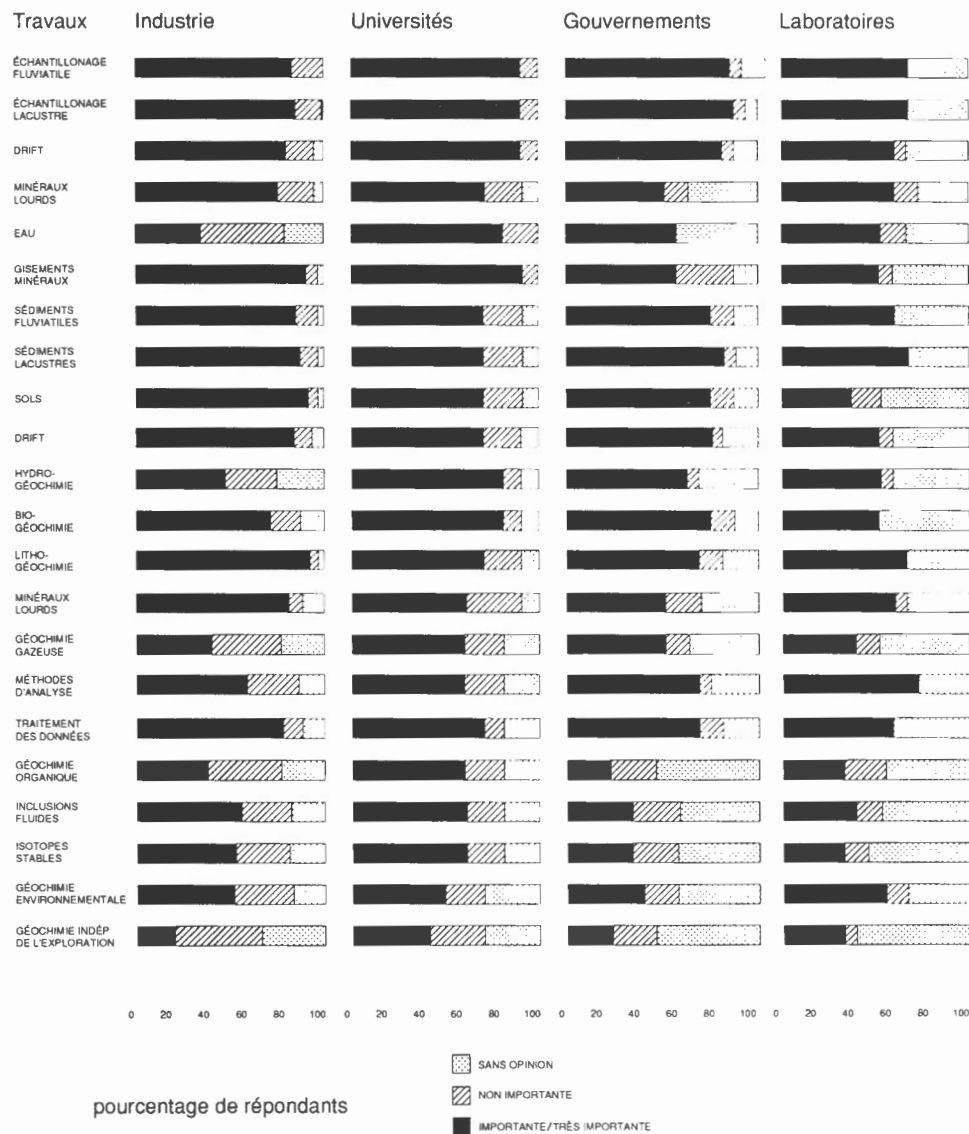


Figure 9. Pertinence et importance des travaux géochimiques de la CGC.

admettant que tous les laboratoires ne peuvent voir leurs soumissions acceptées, le Comité estime néanmoins que la CGC et le MAS devraient revoir leurs méthodes d'affermage de manière à assurer : (i) des normes techniques et un niveau de compétence élevés, (ii) des délais d'exécution acceptables, (iii) des coûts raisonnablement bas et (iv) des chances égales de participer dans la mesure où les critères ci-dessus sont respectés.

## ÉCHANTILLONS DE RÉFÉRENCE

Depuis quelques années, la CGC a pris l'habitude de préparer une série de douze échantillons de référence destinés au contrôle de la qualité des analyses géochimiques. Dans les réponses au questionnaire, une majorité (80 %) de laboratoires du secteur privé ont exprimé l'avis que la CGC devrait augmenter la

disponibilité de ces échantillons de façon à normaliser les analyses commerciales. Bien que le Comité reconnaisse que la certification des matériaux de référence est un long processus et que les 12 échantillons de référence sont destinés au PNRG, la CGC ne devrait ménager aucun effort pour accélérer leur préparation et les mettre à la disposition des laboratoires d'analyse canadiens. Il faudrait également considérer sérieusement la possibilité d'étendre le programme à d'autres matériaux d'échantillonnage, aux matrices «difficiles» et à un plus grand nombre d'éléments.

## DIFFUSION DE L'INFORMATION

Étonnamment, ils sont peu nombreux dans l'industrie (environ 20 %) à lire régulièrement le bulletin d'information mensuel. En examinant la liste de distribution, il y aurait peut-être moyen d'augmenter la diffusion de ce périodique.

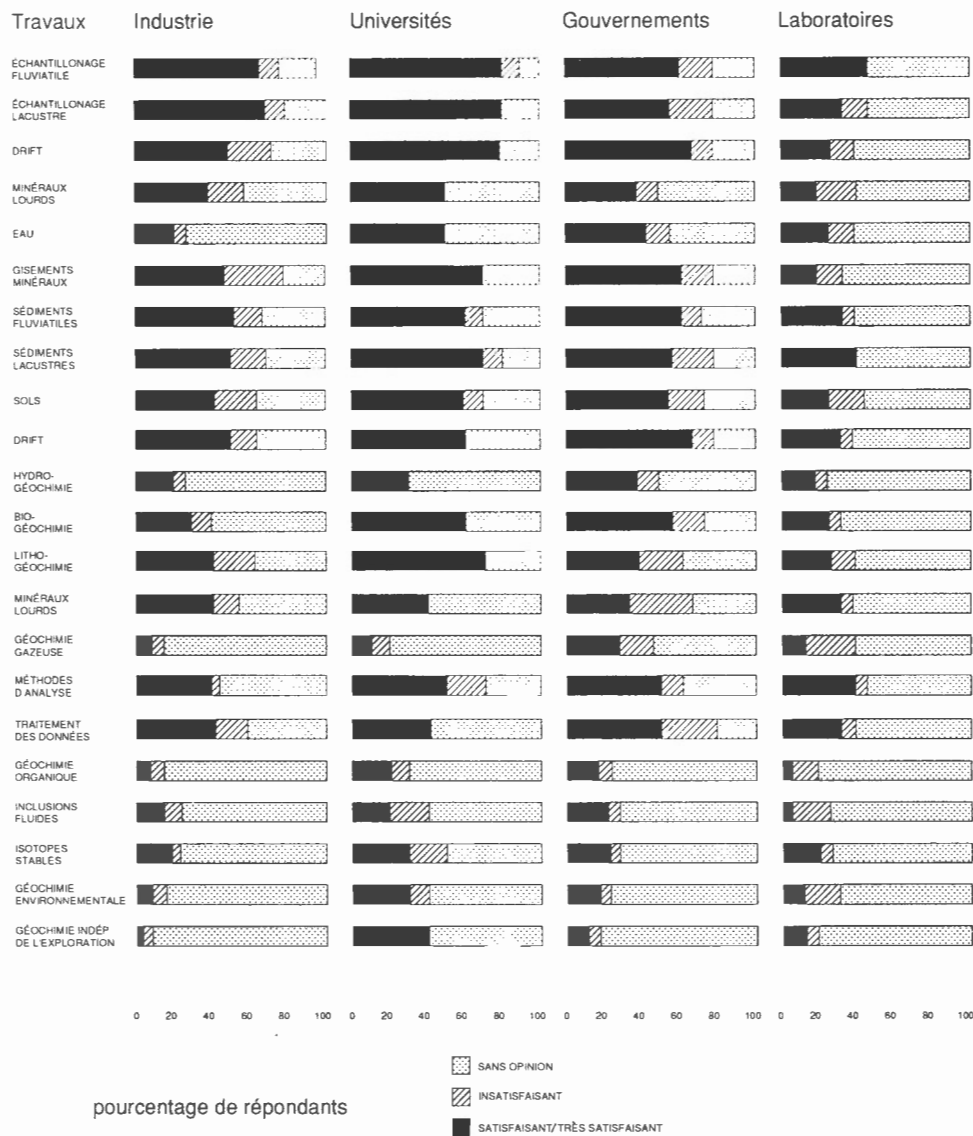


Figure 10. Évaluation du rendement de la CGC en géochimie.

Un comité précédent (1982) avait recommandé une offre d'abonnement annuel qui comprendrait le bulletin, les volumes de «Recherches en cours», le volume des résumés, l'index cumulatif et l'index annuel de la CGC; un des répondants a proposé la publication d'un bulletin qui informerait périodiquement les clients des projets sur le terrain et d'autres travaux, de façon à favoriser un contact plus étroit entre les géologues du secteur privé et le personnel de la CGC. On a aussi suggéré de dresser annuellement une liste, par sujets, des publications et des recherches en cours en exploration géochimique. On a également fait observer qu'un grand nombre de

publications comportent à la fin une page blanche qui pourrait servir à annoncer d'autres publications de la CGC portant sur des sujets ou des domaines connexes.

Il est recommandé que la direction de la CGC continue à évaluer l'efficacité de ses travaux en matière de relations publiques et cherche des moyens efficaces et rentables pour faire connaître davantage ses travaux géochimiques au public en général, et à l'industrie des minéraux en particulier.

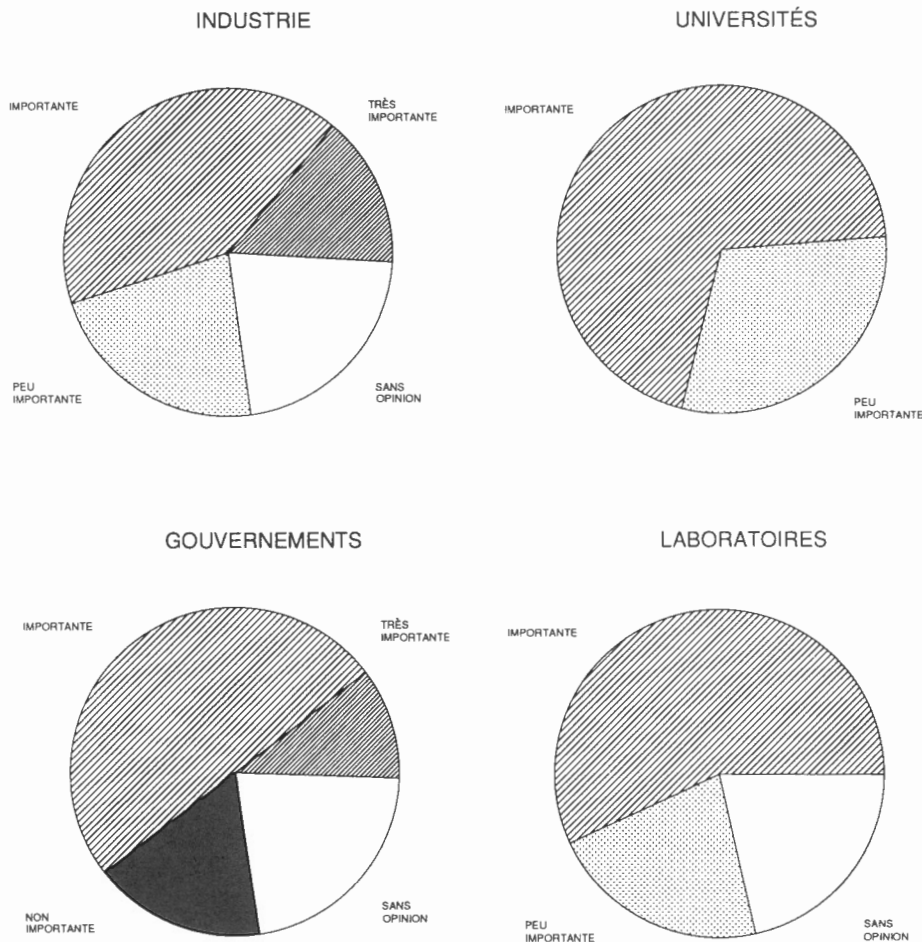
Il est clair que les clients préfèrent généralement recevoir les données géochimiques imprimées. Compte tenu de l'importance des données numériques dans une bonne partie de l'information géochimique, il est étonnant que les

**Tableau 18.** Contribution de la CGC aux innovations en géochimie.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
Très importante	15	0	11	0
Importante	41	70	50	60
Peu importante	22	30	0	20
Négligeable	0	0	17	0
Sans opinion	22	0	21	20

**Tableau 19.** Perception des recherches faites à la CGC en géochimie d'exploration.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
En grande partie appliquées	8	40	17	0
En partie appliquées	51	10	28	47
Recherches fondamentales faible	11	30	17	20
Trop de recherches fondamentales	8	0	0	0
Bon équilibre	25	50	17	0
Dictées par l'exploration	23	30	22	20
Curiosité scientifique	20	0	28	27
Sans opinion	23	0	22	27



**Figure 11.** Contribution de la CGC aux innovations en géochimie.

microfiches et les bandes d'ordinateur ne soient pas plus largement utilisées. En ces temps où presque tous les utilisateurs de données géochimiques ont accès à l'ordinateur, le Comité recommande que la CGC cesse de diffuser ses données géochimiques sur microfiches et bandes d'ordinateur pour plutôt généraliser l'usage des disquettes. La disquette sera de plus en plus employée non seulement pour la diffusion de l'information, mais aussi comme support de publication. L'imprimé demeurera pendant encore quelques années le support d'information le plus utile pour les mémoires, les rapports et les cartes, mais on peut prévoir que l'électronique jouera un rôle de plus en plus important dans le stockage et le transfert des données de tous genres. La CGC n'est pas à jour sur le plan de la technologie de l'informatique, et elle devra multiplier ses efforts pour rattraper ce retard technologique. L'introduction du transfert électronique des données comporte toutefois un certain risque, celui de favoriser les organisations bien versées en informatique au détriment des personnes pour qui l'acquisition des ordinateurs nécessaires représente encore un gros investissement. «Une base de données améliorée, plus conviviale, interactive, serait la bienvenue», et en fait le cheminement de la CGC en direction de ce nirvana est lent.

En raison du coût très élevé de l'installation et du maintien d'une base de données «réelles» à l'usage du public, il faudra également redoubler de prudence dans la façon dont sera implanté le transfert électronique des données. C'est donc d'un pas alerte et résolu, mais aussi avec prudence, que la CGC devrait se diriger vers un système de distribution électronique des données géochimiques.

Les données recueillies au sujet de la communication personnelle avec les géochimistes de la CGC (tableau 10) révèlent que l'interaction est la plus fréquente lors d'ateliers et de conférences. Ce résultat souligne la valeur et l'efficacité considérables de la participation de la CGC à ces rencontres, malgré les difficultés avouées à obtenir les autorisations de déplacement et les fonds nécessaires. La CGC devrait continuer à encourager la présentation de ses données géochimiques à l'occasion de réunions régionales portant sur un sujet ou un domaine donné. Ces réunions pourraient également être le déclencheur de contacts personnels sur le terrain.

Les délais de publication des travaux de la CGC ont été critiqués par le passé (Coope, 1982) et demeurent un motif d'insatisfaction important, même si c'est une minorité qui

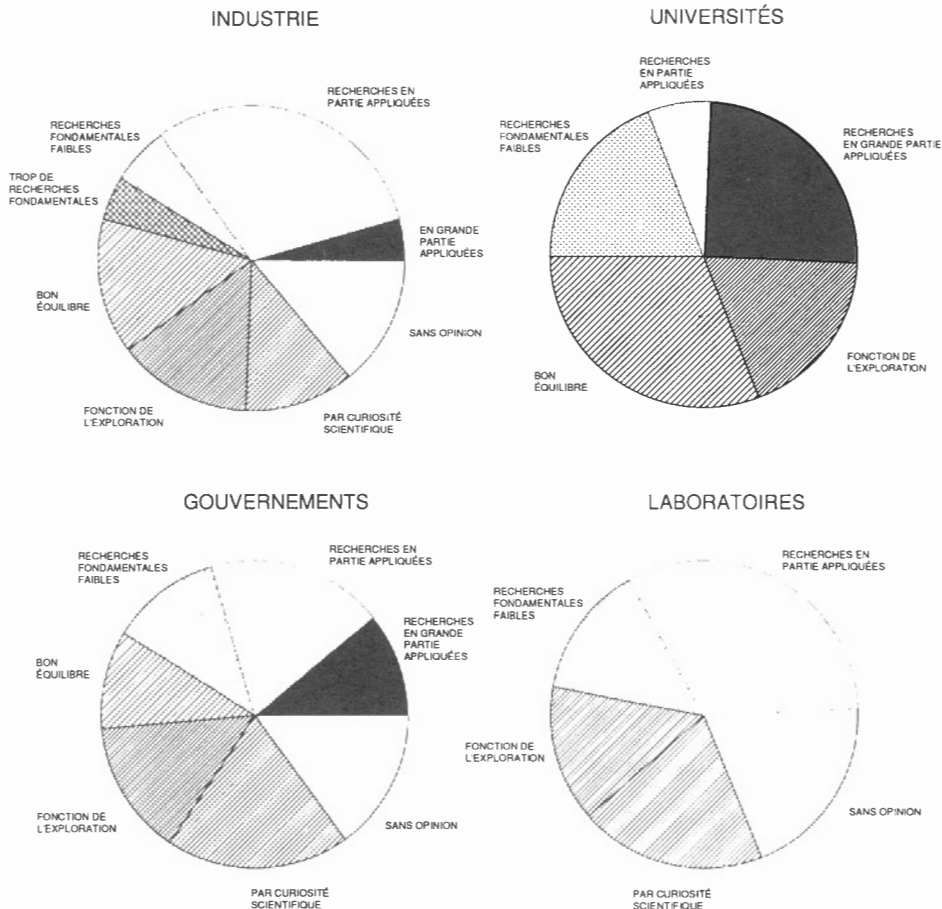


Figure 12. Perception des recherches faites à la CGC en géochimie d'exploration.

s'en plaint. Il semble que les descriptions et interprétations détaillées des données géochimiques contenues dans les publications officielles et les journaux externes sont une nécessité pour une grande partie de l'industrie de l'exploration. Comme la réputation scientifique des organisations telles que la CGC est jugée à la qualité de ces publications, cette question mérite que les dirigeants de la CGC s'y attardent.

L'examen par des pairs et la publication dans des journaux à comité de lecture anonyme sont des moyens reconnus de juger de la crédibilité et de la productivité des

scientifiques. Ils sont également considérés comme des facteurs importants dans l'avancement de la carrière des scientifiques au sein de la CGC.

Le tableau 22 donne des renseignements sur les articles publiés dans des journaux à comité de lecture anonyme au cours de la période de cinq ans s'étant terminée en 1988. On constate de larges écarts de productivité entre les scientifiques; enviable chez plusieurs scientifiques de la CGC, la productivité est moins que satisfaisante chez

**Tableau 20.** Question F-2. Nature et coût des levés géochimiques régionaux, par organismes (1983-1988).

Type de levé	Organisme	Dépenses \$ x 10 <sup>3</sup>			(% du total)	
		Min.	Max.		Totales	
Sédiments fluviaux (fraction fine)	Prov./Terr.	0	1,500	(7.1%)	2,839	(11.3)
	CGC	0	700	(3.3)	1,350	(6.4)
	Conjoint	0	443	(2.1)	643	(3.0)
					<u>4,382</u>	<u>(20.7)</u>
Sédiments lacustres	Prov./Terr.	0	225	(1.1)	225	(1.1)
	CGC	0	0	(0)	0	(0)
	Conjoint	0	843	(4.0)	843	(4.0)
					<u>1,068</u>	<u>(5.1)</u>
	Prov./Terr.	0	1,600	(7.6)	1,720	(8.1)
	CGC	0	1,169	(5.5)	2,854	(13.5)
	Conjoint	0	200	(0.9)	225	(1.1)
					<u>4,799</u>	<u>(22.7)</u>
Tills glaciaires (fraction fine)	Prov./Terr.	0	700	(3.3)	1,274	(6.0)
	CGC	0	1,856	(8.8)	3,001	(14.2)
	Conjoint	0	491	(2.3)	691	(3.3)
					<u>4,966</u>	<u>(23.5)</u>
Tills glaciaires	Prov./Terr.	0	600	(2.8)	850	(4.0)
	CGC	0	0	(0)	0	(0)
	Conjoint	0	0	(0)	0	(0)
					<u>850</u>	<u>(4.0)</u>
Biogéochimie	Prov./Terr.	0	240	(1.)	250	(1.2)
	CGC	0	0	(0)	0	(0)
	Conjoint	0	35	(0.1)	35	(0.2)
					<u>285</u>	<u>(1.4)</u>
Eau souterraine	Prov./Terr.	0	500	(2.4)	500	(2.4)
	CGC	0	0	(0)	0	(0)
	Conjoint	0	10	(0.1)	10	(0.1)
					<u>510</u>	<u>(2.5)</u>
Géochimie gazeuse	Prov./Terr.	0			0	
	CGC	0			0	
	Conjoint	0			0	
					<u>0</u>	
Lithogéochimie	Prov./Terr.	0	800	(3.8)	944	(4.5)
	CGC	0	1,100	(5.2)	1,100	(5.2)
	Conjoint	0	500	(2.4)	500	(2.4)
					<u>2,544</u>	<u>(12.1)</u>
Levés radiométriques	Prov./Terr.	0	0	(0)	0	(0)
	CGC	0	700	(3.3)	1,763	(8.3)
	Conjoint	0	0	(0)	0	(0)
					<u>0</u>	<u>(0)</u>
Coûts totaux	Prov./Terr.				8152	(38.5)
	CGC				10,068	(95.3)
	Conjoint				2,947	(100)

d'autres. Il en résulte une production moyenne inférieure à deux articles par an, ce qui est beaucoup plus faible que ce qui est demandé aux chercheurs universitaires.

Le Comité considère cette faible productivité comme un problème sérieux et recommande que la productivité, démontrée par la fréquence et l'actualité des publications, devienne un critère important dans le financement de la recherche exécutée par les scientifiques de la CGC. Le Comité exhorte également la direction de la CGC à reconsidérer la recommandation de Coope (1982), selon laquelle les publications officielles présentant des notions et idées nouvelles soient soumises à un examen externe.

## SOUS-DIVISION DE LA MINÉRALOGIE ET DE LA CHIMIE

Dans son évaluation de la recherche sur les gisements minéraux à la Commission géologique du Canada, le comité Naldrett (Naldrett, 1986) a examiné les Laboratoires de minéralogie, de chimie et de chimie appliquée, prédécesseurs de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. Certaines recommandations du comité Naldrett ont été mises en oeuvre depuis la publication de ce rapport, et notre Comité a préféré revenir à la charge avec certaines des recommandations qui n'ont pas encore été appliquées.

La Sous-division a un rendement assez bon, compte tenu des structures et du mode de gestion dans lesquels elle évolue actuellement. Cependant, on considère qu'une meilleure coordination administrative et opérationnelle entre les unités et les divers clients de la CGC augmenterait considérablement le contrôle de la qualité, l'efficacité et la productivité dans plusieurs domaines.

**Tableau 21.** Question F-4. Degré de collaboration entre les géochimistes de la CGC et leurs homologues provinciaux et territoriaux dans les levés régionaux ainsi que dans la recherche et développement sur les méthodes.

	Collaboration étroite	Collaboration moyenne	Collaboration faible ou nulle	Activité sans intérêt
Levés géochimiques régionaux à la recherche de minéraux	4	4	3	1
Recherche sur des techniques de levés régionaux	1	3	5	3
Recherche sur l'interprétation de levés régionaux	1	2	6	3
Recherche sur des méthodes d'intégration et d'interprétation de données	1	4	6	1
Recherche sur les processus de dispersion géochimique	1	2	6	3
Recherche sur la géochimie des gîtes métallifères	0	2	7	3
Recherche sur la géochimie des hydrocarbures	0	0	5	7
Recherche biogéochimique	2	1	5	4
Techniques d'analyse	1	3	6	2
Traitement statistique des données géochimiques	1	3	7	1
Application de l'analyse d'images aux données géochimiques	1	2	5	3

12 réponses

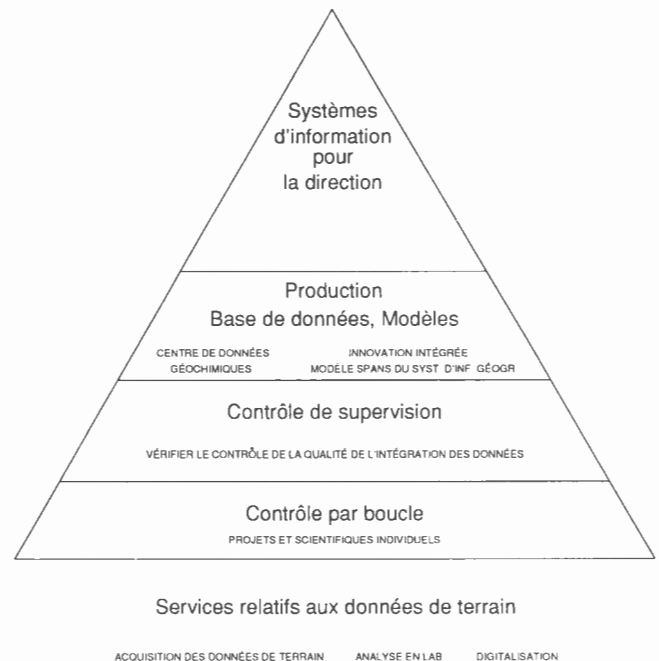
Le Comité a observé de façon générale que la communication entre les employés travaillant dans les sections de la chimie analytique, du développement des méthodes d'analyse et de la préparation des échantillons et des minéraux est décevante. Compte tenu des intérêts communs de ces employés, ce manque de communication ne peut être attribué entièrement à des responsabilités différentes; il s'explique également par des problèmes d'organisation qui touchent le contrôle de la qualité et l'efficacité ainsi que par des problèmes personnels, qui exigent une attention particulière de la part des cadres.

Le Comité a déjà fait état de l'isolement relatif de la Section de la préparation des échantillons et des minéraux à la Sous-division. C'est un principe fondamental de l'analyse

**Tableau 22.** Nombre d'articles publiés dans des journaux à comité de lecture anonyme durant la période de cinq ans s'étant terminée en 1988.

Section/Unité	N <sup>bre</sup>	Intervalle	Moyenne
<u>Sous-division de la géochimie d'exploration</u>			
Applications mathématiques	5	4 - 11	1.9
Méthodologie géochimique et projets spéciaux	6	0 - 11	1.2
<u>Sous-division des gisements minéraux</u>			
	9	2 - 15	1.2
<u>Sous-division de la minéralogie et de la chimie</u>			
Développement des méthodes d'analyse	2	7 - 14	2.1
<u>Division de la science des terrains</u>			
Personnes ayant travaillé au développement de méthodes en géochimie d'exploration	4	1 - 8	0.9
Résultat global	26	0 - 15	1.4

N<sup>bre</sup> = nombre de personnes considérées.  
 Intervalle = intervalle dans lequel s'inscrit le nombre total d'articles publiés par des chercheurs au cours des cinq dernières années.  
 Moyenne = moyenne du nombre de publications par année-personne.



**Figure 13.** Recommandation pour une intégration de l'information en géochimie à la CGC.

des matériaux géologiques, que pour établir les normes les plus appropriées en matière de contrôle de la qualité, il faut connaître la nature de l'échantillon, l'analyse à exécuter et le ou les types de méthodes d'analyse à utiliser. Un contrôle inadéquat à ce stade peut détruire l'intégrité de l'échantillon, et c'est pourquoi il est recommandé que le Laboratoire de chimie analytique se voie confier la responsabilité de la préparation des échantillons préalablement aux analyses chimiques et que les responsabilités de la Section du développement des méthodes d'analyse soient étendues à la mise au point de techniques de préparation d'échantillons nouvelles et améliorées, adaptées à des problèmes spécifiques posés par les données de la géochimie d'exploration.

On améliorerait le contrôle de la qualité si on adjoignait aux procédures établies du Laboratoire de chimie analytique une plus grande utilisation des échantillons de référence et l'inclusion de doubles prélevés sur le terrain, choisis et apportés par des géologues et des géochimistes de la CGC. Le personnel des laboratoires se réjouirait de pareilles mesures, qui visent à maintenir les résultats des analyses à un niveau de qualité élevé.

Les problèmes de délai d'exécution à la Section de la chimie analytique peuvent être attribués en partie à des augmentations soudaines du nombre d'échantillons reçus et à des demandes inattendues de services spécifiques. L'actuel Comité des priorités en analyse, où toutes les divisions de la CGC sont représentées, devrait prendre des mesures pour atténuer ces problèmes en demandant aux scientifiques de la CGC de se conformer à un plan raisonnable pour coordonner leurs travaux avec ceux des laboratoires. En outre, le Comité consultatif appuie la recommandation 4.3.2.2.3 du Comité Naldrett, qui suggère de calculer les coûts des services d'analyse internes de façon réaliste et de les imputer aux budgets individuels des projets. Une telle façon de procéder favoriserait une liaison plus étroite entre le scientifique en charge du projet et le laboratoire et rendrait les scientifiques davantage responsables et familiarisés avec les procédures de laboratoire.

La priorisation des demandes d'analyse en fonction du type de gestion pratiqué à la Division est une autre question sur laquelle il faudrait se pencher de plus près. Peu de géologues, peu importe le service, semblent avoir quelque idée que ce soit des efforts et du temps que nécessite un projet d'analyse, et pour éviter que les chercheurs ne forment des espoirs irréalistes et laisser suffisamment de temps au projet d'analyse de se concrétiser, un comité de liaison interne en matière d'analyses devrait être chargé d'évaluer le temps et les ressources que nécessite un projet donné. Il faudrait considérer sérieusement la possibilité d'établir un régime de recouvrement des coûts à l'interne et d'imputer une partie des coûts des analyses aux budgets des projets concernés.

Le Laboratoire de chimie analytique a l'habitude de conserver longtemps le même équipement, mais parfois au prix d'une baisse de productivité causée par les problèmes d'entretien. Il est essentiel de prévoir dans les budgets de fonctionnement un montant réaliste pour couvrir les frais

d'entretien et, dans la mesure où cela est possible et justifié, de passer des contrats d'entretien réalistes avec les fabricants des instruments.

Pour maintenir la qualité de ses analyses à un niveau élevé et accroître sa productivité, la CGC doit tirer pleinement profit des progrès réalisés à la sous-division ou ailleurs en matière de techniques d'analyse et dans d'autres secteurs de la recherche et du développement afin de garder ses laboratoires d'analyse à la fine pointe de la technologie. A cause d'un financement inadéquat au début des années 80, les normes de qualité se sont sérieusement détériorées; pour éviter une autre expérience du genre, il faut un budget d'équipement réaliste.

Dans le même ordre d'idées, si la Section du développement des méthodes d'analyse veut conserver sa position actuelle dans le domaine du développement de la géochimie analytique au Canada, la CGC devra être en mesure d'investir dans des instruments de plus en plus élaborés. Selon le Comité, il est important que la CGC prenne cet engagement et, comme nous l'avons recommandé dans la partie de ce rapport traitant du Laboratoire de chimie analytique, il faut prévoir un budget d'équipement réaliste pour le développement des méthodes d'analyse. Au cours de plusieurs entrevues, on a fait allusion à la piètre condition des équipements de laboratoire. Le Comité insiste sur la nécessité d'appliquer un bon programme d'entretien et de réparation et de remplacer au moment opportun le matériel ancien ou désuet pour faire en sorte que les laboratoires conservent un bon rendement.

Le transfert de la Section du développement des méthodes d'analyse (qui appartenait auparavant à la Sous-division de la géophysique et de la géochimie des ressources) à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie a inévitablement suscité des inquiétudes (à l'interne comme à l'externe); on craint de perdre contact avec la géochimie d'exploration et d'exécuter des projets d'analyse qui ne sont plus aussi adaptés à l'exploration minérale. Le Comité a observé que la majeure partie du travail de recherche et de développement exécuté au sein de cette unité se fait en collaboration avec la Sous-division de la géochimie d'exploration et que par conséquent la communication est maintenue. Il est d'avis que le développement de méthodes d'analyse en géochimie d'exploration est un produit important de la CGC qui devrait demeurer à son niveau actuel.

Actuellement, la Section du développement des méthodes d'analyse exécute fréquemment des analyses de routine en utilisant des méthodes mises au point à l'interne, qui ne font pas encore partie de l'arsenal du Laboratoire de chimie analytique. Tout en admettant qu'il se fait tôt ou tard un transfert de techniques nouvelles, le Comité recommande de minimiser les analyses de routine exécutées à la Section du développement des méthodes d'analyse en assurant un transfert plus rapide des nouvelles méthodes au Laboratoire de chimie analytique ou aux laboratoires commerciaux.

Un certain nombre de scientifiques de la Sous-division ont soumis au Comité des arguments en faveur de l'établissement d'un laboratoire dépoussiéré et d'un laboratoire isotopique à

la CGC. Bien qu'il admette que ces installations sont nécessaires à la détermination des très faibles concentrations de métaux dans les eaux naturelles, le Comité n'est pas convaincu que des études géochimiques **portant sur des processus** et nécessitant ce genre d'analyse sont suffisamment prioritaires dans la recherche sur les gisements minéraux à la CGC pour justifier la dépense qu'entraînerait une rénovation des laboratoires. Les quelques analyses à effectuer devraient être confiées à des services du gouvernement ou du secteur privé qui disposent déjà des équipements et des méthodes appropriés. Le Comité adopte une position semblable pour ce qui est du projet de laboratoire isotopique et demande aux scientifiques de la CGC qui ont à exécuter des analyses d'eau et des analyses isotopiques importantes d'établir une coordination étroite et de prendre les arrangements nécessaires avec des laboratoires bien établis et de bonne réputation qui sont en mesure d'analyser avec rapidité et précision les échantillons soumis par la CGC.

## ORDINATEURS ET BASES DE DONNÉES

De tous les types d'information recueillis par la CGC, les données géochimiques comptent parmi les plus faciles à quantifier. Aussi, depuis un grand nombre d'années, les données géochimiques de la CGC sont conservées sur support informatique.

Les possibilités et la puissance des ordinateurs ont connu un essor prodigieux ces dernières années et, dans la plupart des applications, les utilisateurs ne sont pas arrivés à suivre le rythme de cette évolution. Le Comité est d'avis que les géochimistes de la CGC devraient exploiter davantage les nouvelles possibilités offertes par l'informatique, de manière à faciliter la communication à l'interne et avec les clients.

Dans son rapport «Mapping the Landscape» (Étude 87-25 de la CGC), le comité Church a expliqué que «les données géologiques ont plusieurs caractéristiques qui sont difficiles à concilier avec les banques de données modernes».

- (i) Certains types de données sont à paramètres ponctuels, c'est-à-dire que les observations se résument à un seul chiffre ou code correspondant à un point précis de l'espace géographique (par ex. une détermination géochimique; un gradient topographique).
- (ii) Les données sont parfois chorologiques, c'est-à-dire qu'elles définissent une unité (supposément) homogène qui a une étendue spatiale finie (unités du relief ou du terrain, configuration des affleurements d'une formation).
- (iii) Les données sont parfois stratigraphiques, c'est-à-dire qu'elles définissent en un point de l'espace une chaîne d'information représentant une variation en fonction de la profondeur sous la surface.
- (iv) Les données ont parfois une distribution linéaire, c'est-à-dire qu'elles représentent une variation continue dans une direction géographique quelconque.
- (v) Les données ont parfois une distribution entièrement géographique.

Bien qu'une grande partie des données géochimiques classiques sont de type ponctuel et donc relativement faciles à conserver dans une base de données d'ordinateur (par ex. une analyse chimique en un point de l'espace), il est de plus en plus important et nécessaire de rattacher cette information à des données stratigraphiques (par ex. les résultats d'une analyse d'un horizon de tills dans un seul trou de sondage foré dans les morts-terrains) et à des données entièrement distribuées (par ex. les cartes géologiques).

### *Situation actuelle*

A l'époque où le Comité s'est rendu à Ottawa, l'usage qui était fait de l'ordinateur dans les divers groupes de la CGC exécutant des travaux en exploration géochimique se présentait comme suit :

1. **Sous-division des gisements minéraux** - gestion de données géochimiques ad hoc. Aucune procédure établie pour centraliser les résultats en vue de les diffuser plus largement. Les analyses géochimiques sont traitées comme des données de recherche confidentielles.
2. **Sous-division de la géochimie d'exploration - Section de la méthodologie et de la recherche géochimiques.** La plupart des chercheurs de cette section utilisent les ordinateurs par intermittence, mais seulement cinq scientifiques en font un usage intensif. En général, les données sont livrées à un PC en tapant au clavier les notes de terrain. Les lieux sont ajoutés par entrée digitalisée, et les résultats de laboratoire par modem. Ces données sont ensuite conservées dans la base de données R-base System 5 (récemment remplacée par une version compatible avec DOS), sous forme d'une série d'ensembles de données distincts représentant chacun jusqu'à 2 000 échantillons avec 15 variables descriptives et 35 analytiques. Les bases de données ont généralement la même structure, bien qu'il y ait des variations dans des cas particuliers. Jusqu'à récemment, tous les progiciels d'applications résidaient sur des gros ordinateurs (CYBER et VAX), mais on vient d'installer une base de données Oracle compatible avec VAX qui doit être alimentée par les utilisateurs locaux du R-base.

Un des projets importants de la Section est le développement du système informatisé de données géochimiques IDEAS, qui doit servir au transfert technologique. Ce système présente des possibilités d'infographie interactive sur de gros ensembles de données, possibilités que n'offrent pas les logiciels PC. Le fonctionnement du système IDEAS est relativement complexe et n'a pas la souplesse de certains logiciels PC peu coûteux. Bien que l'USGS songe à une version PC de ce système, IDEAS apparaît désavantagé en raison du développement rapide de la technologie des micro-ordinateurs, et il faudra qu'une société de logiciels s'y intéresse activement pour que son usage se répande dans l'industrie.

3. **Sous-division de la géochimie d'exploration - Section des études géochimiques régionales.** En 1988, l'année où a été faite l'enquête dont les résultats sont présentés ici, cette Section, dont les programmes régionaux produisent de loin le plus grand volume de données géochimiques, était aux prises avec un équipement informatique déficient, sans compter les inconvénients et la confusion entraînés par l'utilisation simultanée de trois systèmes incompatibles : CYBER, VAX et PC. Le CYBER contenait 90 % des données du Programme national de reconnaissance géochimique, et le VAX toutes les données de ce programme recueillies jusqu'en 1988, sous la forme de centaines de fichiers ASCII séparés contenant de l'information descriptive, géographique et analytique sans structure de base de données. Il était d'abord question de charger les données du programme dans un logiciel de base de données ORACLE qui devait résider sur le VAX; or, on emploie actuellement le R-base, solution compatible avec le PC et moins coûteuse. Au début de 1990, une grande partie du système était convertie au PC. Le plan actuel, davantage intégré, prévoit de télécharger les données du PC dans la base de données ORACLE du VAX et de les rappeler au besoin pour avoir accès à des logiciels d'applications ou pour répondre à des demandes d'information de la part des clients. La base de données d'interrogation permettrait une recherche par menus, qui conduirait à la production du fichier demandé en vue de le transmettre à un ordinateur éloigné. Cependant, la mise en oeuvre d'un tel système est moins essentielle que la centralisation des données géochimiques en un même lieu, c'est-à-dire au centre de données géophysiques actuellement en service. Les données numériques du Programme national de reconnaissance géochimique sont disponibles sur bande magnétique depuis les années 70, et sur disquette depuis trois ans. Cependant, on ne sait pas toujours précisément où se les procurer.

Il n'est pas possible d'obtenir d'une seule source, ou dans un format uniforme, toutes les données provenant de la Division de la science des terrains, de la Section de la méthodologie et de la Section de la géochimie régionale.

4. **Sous-division de la géochimie d'exploration - Section des applications mathématiques en géologie.** Les responsabilités de cette section intéressent l'ensemble du Secteur de la Commission géologique du Canada et ne s'appliquent que partiellement à l'exploration géochimique. Cette section a exécuté des travaux importants dans l'application des méthodes de traitement statistique et de traitement d'images à certains ensembles de données; elle a également réussi à intégrer ses services à ceux de scientifiques d'autres disciplines. Elle s'est beaucoup intéressée au système d'information géographique SPANS, très utile et adaptable à des données spatiales. Ce système a été appliqué avec succès à plusieurs ensembles de données géochimiques produits par la Sous-division de la géochimie d'exploration et s'est affirmé comme un

facteur de stimulation, ayant contribué à augmenter l'utilisation et à améliorer l'interprétation des données géochimiques régionales. Le choix du système QUADTREE pour minimiser la taille des ensembles de données a pour effet de compromettre l'interaction rapide, pourtant souhaitable, avec les ensembles de données dans certaines applications et risque de limiter l'efficacité de SPANS dans la manipulation des très gros ensembles de données. Aussi est-il absolument nécessaire d'évaluer en temps opportun d'autres systèmes d'information géographique, pour rendre efficaces la présentation et l'interprétation des données géochimiques de la CGC et, en même temps, faciliter l'utilisation des systèmes d'information géographique par les clients de la CGC.

### *Discussion*

Les données de la CGC, en particulier les données géochimiques, constituent une ressource importante; pour que leur utilité soit maximale, elles doivent être facilement accessibles sous forme numérique dans toutes sortes d'applications. Restreindre le flot de cette information à seulement ce qui est nécessaire pour assurer sa qualité et son intégrité peut nuire à son efficacité globale. La mise en place d'un système informatique destiné à faciliter l'utilisation de ces données est un investissement qui s'impose dans n'importe quel programme géochimique.

Il ressort des constatations et des observations du Comité que la CGC n'a pas de stratégie cohérente pour l'acquisition, le contrôle de qualité, le stockage et la production de données géochimiques. Actuellement, une bonne partie des données recueillies, y compris les analyses effectuées, ne sont pas facilement accessibles. Il faut mettre en place une procédure qui permet de verser les données recueillies au cours des recherches et des levés dans des bases de données plus générales qui sont accessibles à d'autres chercheurs et, ce qui est également important, aux clients de la CGC. Les données devraient pouvoir être mises à la disposition des clients sous forme numérique, en dossier public, dans les deux années qui suivent la date de leur acquisition. Il existe actuellement de vastes ensembles de données géochimiques qui ont été recueillies il y a plusieurs années à grands frais avec les deniers publics et qui ne sont toujours pas disponibles sous forme électronique.

Le Comité recommande la mise en place d'une structure informatique pyramidale dans laquelle le stockage et l'intégration des données sont centralisés, comme l'illustre le diagramme de la figure 13. La pyramide représente les différentes étapes de la gestion des données comme des déplacements d'information vers le haut jusque dans une banque de données centrale. L'établissement d'une telle structure est de nature à assurer la qualité et la longévité des données, et la banque de données sera largement accessible aux chercheurs et aux clients de la CGC. Il faut toutefois s'attendre à ce que des problèmes de gestion majeurs se posent dans la mise en oeuvre d'un tel système, par exemple de faire accepter par les scientifiques (a) une procédure souple mais normalisée

pour l'enregistrement des données et (b) la diffusion immédiate des données des recherches et des levés par le truchement de banques de données accessibles au public. Ces principes sont généralement acceptables pour les spécialistes de la géochimie d'exploration, qui ont l'habitude d'utiliser des procédures normalisées pour l'acquisition et la fusion des données géochimiques. Les ordinateurs de poche fiables qui ont fait leur apparition sur le marché et qui connaîtront sans doute un développement rapide, de même que l'avènement d'appareils portables de navigation et de positionnement d'une précision à quelques mètres près, vont devenir d'un emploi courant conjointement avec les données géographiques, sur le site même de l'échantillonnage.

On peut s'attendre par ailleurs que les chercheurs des autres disciplines accepteront moins facilement la mise en place de procédures automatisées. On pourra toutefois satisfaire leurs besoins en développant un système souple pour l'enregistrement des données géographiques et descriptives.

L'utilisation accrue des systèmes d'information géographique nécessitera l'intégration des systèmes de bases de données géoscientifiques. Il faudrait amorcer immédiatement un processus de planification en prévision de l'acquisition aisée et rapide de données géophysiques, géologiques, géochimiques et autres et de leur intégration dans des ensembles de données géographiques, et prévoir également des procédures de distribution de disques compacts pour répondre aux besoins de la clientèle. La demande et les progrès techniques seront les facteurs qui détermineront la possibilité d'établir une base de données

«réelles» ou d'assurer la transmission électronique des données à des clients inscrits au programme. Pour une gestion efficace des données, cette proposition devrait probablement être considérée dans le contexte d'une évaluation plus générale de la gestion des données électroniques à la CGC. Une telle évaluation doit nécessairement être progressive; la haute direction doit reconnaître qu'une gestion efficace et efficace des données électroniques est non seulement d'une importance capitale mais aussi inévitable, et vaincre la force d'inertie du statu quo.

## RÉFÉRENCES

- Coope, J.A., D'Anglejan, B., Gordy, P.L., Strangway, D.W., Sutherland Brown, A., and Tanguay, M.G.**  
1983: The Geosciences in Canada, 1982 Part 1: an examination of the output of the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada, Paper 82-6, pt. 1, 59 p.
- Lindseth, R.O., Lamarche, R.Y., Baillie, A., Jennings, C., Barr, S., Morris, H., Carbonneau, C., Neale, E.R.W., Gammon, J., and Nisbet, E.**  
1989: Earth Sciences in the Service of the Nation A report on the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada, Paper 89-25, 29p.
- Naldrett, A.J., Cathro, R.J., Hoffman, E.L., Lamarche, R.Y., and Wallis, R.H.**  
1986: The Geosciences in Canada, 1985 Part 2: Report of the Canadian Geoscience Council Advisory Committee on Mineral Deposits Research at the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada, Paper 85-6, pt. 2, 44 p.
- Weir J.D., Coope, J.A., Mollard, J.D., Strangway, D.W., and Sutherland Brown, S.**  
1979: A report concerning the Geological Survey of Canada, in The Geosciences in Canada, 1978; Geological Survey of Canada, Paper 79-6, p. 4-18.

## ANNEXE A

### PLAN OPÉRATIONNEL DE LA SOUS-DIVISION DE LA GÉOCHIMIE D'EXPLORATION 1988-1989

#### 1. **RECHERCHE ET MÉTHODOLOGIE GÉOCHIMIQUES**

##### 1.1 Métaux précieux - Poursuivre

- .1 les études lithostratigraphiques, lithogéochimiques, géochimiques de l'argile/des tills pour la recherche de l'or et des éléments du groupe du platine, dans les régions suivantes :
  - (a) Ontario
  - (b) Québec
  - (c) Colombie-Britannique
  - (d) Territoires du Nord-Ouest
- .2 les études lithogéochimiques régionales des porphyres de cuivre aurifères et des zones d'altération en Colombie-Britannique (Mitchell-Sulphurets)
- .3 l'étude des relations entre la minéralisation archéenne de l'or et les intrusions felsiques oxydées dans la zone d'Abitibi et la zone de cisaillement ductile profond, dans la zone de Bamble, en Norvège.

##### 1.2 Biogéochimie - Poursuivre l'étude des questions suivantes :

- .1 Comportement biogéochimique des métaux précieux et variations saisonnières des tissus végétaux dans les régions suivantes
  - (a) Saskatchewan (Star Lake)
  - (b) Colombie-Britannique (Quesnel, Hedley)
- .2 Chimie de la sève des érables à sucre et application dans l'étude du problème du dépérissement des érables au Québec (Estrie)

##### 1.3 Eau souterraine

- .1 Essai complet des systèmes d'échantillonnage des eaux souterraines à circulation inverse et obtention des brevets
- .2 Poursuivre :
  - (a) l'essai du système piézométrique à plusieurs niveaux
  - (b) l'étude des processus géochimiques affectant les eaux souterraines à proximité des lacs

#### 2. **INTÉGRATION ET ANALYSE DES DONNÉES**

##### 2.1 Géomathématiques et géostatistiques

- .1 Poursuivre les recherches suivantes :
  - (a) applications des mathématiques et des statistiques avancées à l'interprétation et à l'intégration des données en vue de l'évaluation des ressources et le développement de logiciels
  - (b) modélisation numérique de l'écoulement des fluides et le transport de solutés en vue de la récupération améliorée des hydrocarbures et des problèmes liés à l'élimination des déchets dangereux.

##### 2.2 Intégration des données - Poursuivre :

- .1 le développement du système SPANS-PCI pour l'intégration des données géoscientifiques et l'étude des interrelations spatiales;
- .2 les études au sol visant à vérifier l'identification des zones de contrainte et d'altération de la végétation établie à partir de données de télédétection dans les régions suivantes :
  - (a) Territoires du Nord-Ouest (Ferguson et Yathkyed Lakes)
  - (b) Nord du Nouveau-Brunswick (Elmtree)
  - (c) Québec (Schefferville)
  - (d) Ontario (Mazinaw Lake)
- .3 Les études en laboratoire visant à déterminer le rôle de l'assimilation biologique de métaux sur les contraintes s'exerçant sur les végétaux.

### 2.3 Transfert de technologies

- .1 Compléter la mise en place du système informatisé de données géochimiques (IDEAS), qui doit servir au transfert technologique.
- .2 Poursuivre le développement du logiciel «Optronics Laser Plotter» pour l'établissement de cartes géochimiques.
- .3 Entreprendre des études sur les applications des systèmes experts en géochimie d'exploration.

## 3. ÉTUDES GÉOCHIMIQUES RÉGIONALES

### 3.1 Levés régionaux

- .1 Exécuter des levés géochimiques régionaux, lacustres et fluviatiles, dans les régions suivantes :
  - (a) Nouveau-Brunswick
  - (b) Ontario
  - (c) Colombie-Britannique
  - (d) Yukon.
- .2 Réanalyser des échantillons du Labrador conservés en archive.
- .3 Publier les résultats des levés régionaux de 1987 (environ 18 dossiers publics, 475 cartes).
- .4 Poursuivre la compilation et l'interprétation des données sur les minéraux lourds au Québec dans les régions suivantes :
  - (a) Estrie
  - (b) Bas Saint-Laurent.
- .5 Entreprendre des études complémentaires sur les zones riches en tungstène, métaux communs, terres rares, éléments du groupe du platine et barytine, dans les régions ci-dessus.
- .6 Fournir une aide technique au programme de levés exécuté par l'ACDI en Jamaïque.

### 3.2 Amélioration des méthodes - Poursuivre l'amélioration ou la modification des techniques d'exploration à l'intention du Programme national de reconnaissance géochimique, en ce qui concerne :

- (a) l'or et les éléments du groupe du platine
- (b) l'analyse instrumentale de l'activation neutronique
- (c) les éléments traceurs
- (d) les levés à haute densité.

### 3.3 Contrôle de la qualité - Poursuivre :

- .1 l'évaluation des normes de référence internationales et des données analytiques.

## ANNEXE B

### ATLAS GÉOCHIMIQUE DU CANADA (recommandation pour une approche nationale)

#### SOMMAIRE

Deux ordres de levés sont recommandés pour la cartographie géochimique du Canada : un levé national à très faible densité utilisant plusieurs matériaux d'échantillonnage; des levés régionaux à densité beaucoup plus élevée, du type de ceux réalisés dans le cadre du Programme national de reconnaissance géochimique, qui seraient exécutés dans des régions présentant un potentiel minéral considérable. Le levé à très faible densité consisterait à tracer un profil géochimique de l'ensemble du Canada qui soit représentatif des diverses facettes du paysage canadien, à raison d'une série d'échantillons pour 300 à 500 km<sup>2</sup>. Ce type de levé fournirait des données exhaustives sur la nature chimique du paysage canadien et serait exécuté en un court laps de temps (5 ans), qui serait la période de référence par rapport à laquelle pourraient être évalués les futurs changements environnementaux. Il permettrait également de cartographier des entités géochimiques d'échelle continentale sur une superficie sans précédent, et de comparer, à cette échelle, les réponses géochimiques observées dans les divers matériaux d'échantillonnage (végétation, eau de surface, sédiments fluviaux, sols et tills). Ces entités géochimiques correspondraient à des unités tectonostratigraphiques importantes et à des métallotectes majeurs.

L'autre type de levés consiste en des travaux plus conventionnels qui auraient lieu dans des régions au potentiel minéral considérable. Ces levés seraient le prolongement et la suite des levés actuels du type de ceux exécutés dans le cadre du Programme national de reconnaissance géochimique, optimisés de façon à pouvoir servir au secteur de l'exploration minérale. Chacun se concentrerait normalement sur un seul matériau d'échantillonnage, dont le choix dépendrait des conditions géologiques et physiographiques locales. La densité d'échantillonnage serait de l'ordre de 1 site pour 2 à 13 km<sup>2</sup>, selon les conditions géologiques locales. Ils seraient exécutés en consultation et en collaboration avec les organismes provinciaux et territoriaux, mais la CGC s'assurerait que les méthodes utilisées permettent de rattacher les résultats au levé national à très faible densité d'échantillonnage, pour que les variations géochimiques spatiales puissent être analysées à un grand nombre d'échelles.

L'utilisation de deux ordres de levés serait un aboutissement logique de l'actuel Programme national de reconnaissance géochimique, compte tenu des travaux qui se font en Europe dans le domaine des levés géochimiques nationaux. Les levés plus détaillés, axés sur l'évaluation des ressources minérales, continueraient d'être optimisés à cette fin, en tenant compte des conditions locales de la physiographie, des produits cibles et de l'état de la base d'information géoscientifique en général. Les levés à très

faible densité et à matériaux d'échantillonnage multiples fourniraient un canevas géochimique auquel pourraient être rattachées les données des levés plus détaillés; ils permettraient d'obtenir assez rapidement un aperçu des diverses facettes de la géochimie environnementale et faciliteraient ainsi l'étude de questions plus fondamentales liées à la géologie et à l'environnement en général. Cette vue globale ne peut pas être obtenue avec les levés régionaux plus détaillés qui servent spécifiquement à l'évaluation des ressources minérales. Le fait d'établir clairement deux ordres de levés, distincts l'un de l'autre quant à l'objectif, à l'échelle et à la conception, devrait permettre d'éviter les compromis qui souvent limitent l'utilité d'un levé à plusieurs usages. On reconnaît que le levé à très faible densité exigerait un apport considérable de fonds additionnels et la mise en oeuvre d'une nombreuse compétence multidisciplinaire. Mais la CGC a cette compétence parmi ses géoscientifiques et, comme l'environnement est une question prioritaire pour les Canadiens, il pourrait être opportun de chercher à obtenir les fonds additionnels requis. Cette initiative pourrait être un prétexte à une collaboration accrue entre géochimistes et géoscientifiques travaillant dans des disciplines connexes à la CGC et contribuer à maintenir la réputation dont jouit sur la scène internationale la géochimie appliquée qui se fait à la CGC.

#### INTRODUCTION

Des atlas géochimiques nationaux sont produits dans un nombre croissant de pays, et plus il y en a, plus on se rend compte de leur utilité pour les géologues et les scientifiques d'autres disciplines qui s'intéressent à la géochimie de la biosphère. Ils servent principalement à l'exploration minérale, à établir des synthèses géologiques et métallogéniques régionales et à mesurer les paramètres géochimiques de notre environnement. Divers matériaux d'échantillonnage ont été employés, le choix étant dicté par le type d'environnement, l'objectif principal du levé et, fréquemment, l'expérience individuelle des groupes de géochimistes participant à un levé national. La densité de sites d'échantillonnage varie considérablement d'un pays à l'autre, et aussi à l'intérieur de certains pays, allant de un site par 1 à 2 km<sup>2</sup> jusqu'à un site par 25 à 30 km<sup>2</sup>. Dans bien des cas, le choix d'une faible densité d'échantillonnage semble avoir été dicté par des considérations économiques, qui dépendent des ressources disponibles et de la superficie à couvrir. La densité d'échantillonnage a une forte influence sur les utilisations potentielles des données du levé; dans le cas de l'exploration minérale en particulier, plus elle est élevée, plus elle a un impact direct sur l'exploration minérale. Malgré la diversité des formes que peuvent emprunter un levé, il est encourageant de constater que, lorsque l'échantillonnage et les analyses ont été exécutées d'une

manière systématique et rigoureusement contrôlée, les figures de dispersion géochimiques confirment la géologie connue et permettent fréquemment de découvrir des entités nouvelles. En outre, les figures de dispersion géochimiques montrent les régions polluées par les humains et les régions naturellement enrichies en éléments toxiques qui peuvent constituer un problème environnemental.

Le Programme national de reconnaissance géochimique (PNRG), lancé en 1975, a couvert environ 20 % de la superficie du pays (9 976 000 km<sup>2</sup>), ou 23 % si l'on exclut les îles de l'Arctique. L'intention au départ était non pas de couvrir entièrement le pays par des levés de type PNRG, tâche qui nécessiterait encore 40 à 50 ans de travail au niveau de financement consenti jusqu'à maintenant, mais plutôt de se concentrer sur les régions qui pourraient renfermer un potentiel minéral. Les levés comportaient généralement le prélèvement d'échantillons de sédiments et d'eau (lacustres ou fluviales selon la physiographie), et le programme dans son ensemble servait principalement à établir des évaluations régionales des ressources en uranium et en métaux communs, et à stimuler et orienter l'exploration minérale. Plus récemment, on a modifié les paramètres des levés (principalement en intégrant des techniques d'analyse récemment mises au point) de façon à obtenir des données qui intéressent un plus large éventail de minéraux, notamment l'or. Dans l'ensemble, le programme atteint son objectif principal, qui est de stimuler et d'orienter les travaux d'exploration effectués dans le secteur privé; de plus, les données obtenues trouvent des applications dans les études environnementales (comme sur les pluies acides et sur les concentrations de mercure dans les poissons).

Même si le PNRG a commencé à peu près en même temps que plusieurs autres levés géochimiques nationaux, il pourrait bien ne jamais réaliser la couverture complète du Canada, alors que plusieurs pays (plus petits) de l'hémisphère Nord se sont rendus jusqu'au bout ou presque. Peut-être le temps est-il venu de reconsidérer le PNRG, de revoir ses objectifs, sa conception et son financement, tout en considérant des solutions de rechange pour obtenir une base de données géochimiques de reconnaissance dans les régions qui ont peu de chances d'être couvertes par le PNRG. L'examen actuel des activités géochimiques de la CGC doit passer par une évaluation des programmes et des orientations nouvelles. Un programme revitalisé de cartographie géochimique rehausserait la réputation internationale de la géochimie pratiquée à la CGC, et pourrait faire du Canada un chef de file dans des projets tels que le projet international de cartographie géochimique du Programme international de corrélation géologique (IGCP 259), où la suprématie scientifique appartient actuellement aux Scandinaves.

### *Critique du PNRG actuel*

Ce programme a réussi à stimuler et à orienter l'exploration minérale au Canada, et la CGC devrait lui consentir des ressources suffisantes pour lui permettre de se poursuivre jusqu'à ce que toutes les régions pouvant

renfermer des ressources en minéraux économiques (selon les modèles géologiques qui prévalent actuellement) aient été couvertes. En outre, les moyens à mettre à la disposition du PNRG devraient être suffisants pour que puisse être exécuté parallèlement un programme de recherche et développement sur les méthodes de levés régionaux qui permette d'adapter rapidement les spécifications du programme en fonction des besoins changeants et des différences de milieu géochimique d'une province physiographique à une autre. Des précisions s'imposent au sujet de certains aspects du programme.

*Objectif.* Le programme a été conçu à l'origine pour l'évaluation des ressources en uranium, et c'est dans cette optique que certains paramètres ont été fixés, notamment la densité d'échantillonnage de 1 site pour 13 km<sup>2</sup>. Compte tenu des changements survenus dans la demande de produits minéraux - les métaux précieux et, plus récemment, les métaux communs - cette densité d'échantillonnage est devenue trop faible, ne pouvant donner qu'une évaluation très grossière des ressources minérales d'un terrain donné. Dans le cadre de levés récents, on s'est attaqué à ce problème en modifiant certains paramètres des levés tels que la densité d'échantillonnage et la suite d'éléments. Dans un programme échelonné sur un grand nombre d'années, l'objectif est appelé à changer et on aura besoin d'un programme permanent de recherche et développement pour savoir comment modifier les paramètres en conséquence. Les ressources humaines et financières consacrées à la recherche et développement ont été à peine suffisantes jusqu'à maintenant, et semblent diminuer alors que le rythme des changements s'accélère.

*Taux de couverture.* Compte tenu de l'énorme superficie du Canada, la couverture complète du territoire canadien par des levés de type PNRG ne se réalisera pas avant longtemps au train où vont les choses. Même les régions actuellement considérées comme des sources possibles de minéraux économiques sont très étendues, et il faudra des ressources considérables pour y exécuter des levés géochimiques à une densité d'échantillonnage utile pour l'exploration minérale. En outre, le taux de couverture a été plutôt variable jusqu'ici, en raison des variations considérables du financement du programme. Ces variations créent des problèmes dans la mise en oeuvre des levés, puisque le groupe en charge des levés régionaux subit des coupures durant les années de vaches maigres et qu'il a de la difficulté à s'ajuster lorsque des augmentations budgétaires lui sont consenties, souvent à court préavis. Le groupe des levés régionaux devrait établir un plan à long terme dans lequel seraient identifiées les régions du Canada non encore couvertes par des levés de type PNRG et qui indiqueraient le coût approximatif des levés, le rythme idéal des levés, ainsi que la taille de l'effectif de géochimistes et de techniciens nécessaires à la mise en oeuvre des levés. Ces travaux du groupe devraient être financées entièrement par la CGC à même un budget à long terme, et non à partir des fonds d'un programme à court terme. Les levés devraient être réalisés à un rythme suffisamment rapide pour terminer d'ici la fin du siècle le prélèvement des échantillons dans les zones identifiées comme ayant un potentiel minéral.

## Conception des levés

Les sédiments lacustres et fluviaux (fraction fine) et l'eau ont été utilisés efficacement dans le monde entier aux fins de géochimiques de reconnaissance servant à l'exploration minière, et ils constituent à juste titre les principaux matériaux d'échantillonnage employés dans le cadre du PNRG. D'autres matériaux d'échantillonnage, comme l'eau souterraine et la fraction de minéraux lourds contenue dans les sédiments fluviaux ont été inclus dans certains levés du PNRG, et la géochimie des tills, la lithogéochimie et la biogéochimie ont été utilisées dans certaines régions, bien que les résultats ainsi obtenus n'aient pas été intégrés dans les données du PNRG.

Étant donné que le principal objectif du PNRG reste celui d'encourager et d'orienter l'exploration minière, il est souhaitable que les sédiments lacustres et fluviaux et l'eau demeurent les matériaux d'échantillonnage normalisés, à moins de se révéler nettement inefficaces dans une région particulière, auquel cas il faudrait recourir à une autre approche. La conception d'un programme de levés géochimiques à plusieurs éléments, comme le PNRG, est toujours un compromis et, dans un programme national, la normalisation est un facteur tout aussi important que le coût et l'efficacité dans la conception des levés.

Les données produites par les levés du PNRG fournissent une grande quantité d'informations qui intéressent non seulement l'exploration minière, mais aussi les études métallogéniques, la cartographie géologique et l'étude des problèmes environnementaux. Les données provenant du PNRG ne sont peut-être pas optimales dans toutes ces applications, mais elles ont toujours leur utilité. L'hydrogéochimie est particulièrement utile lorsqu'il s'agit d'effectuer des mesures géochimiques qui servent de données fondamentales à des études environnementales. En permettant de mesurer l'abondance d'un aussi grand nombre d'éléments qu'il est techniquement et économiquement possible de le faire, les données du PNRG peuvent être plus utiles à un plus grand nombre d'utilisateurs.

La suite d'éléments analysée dans les échantillons lacustres et fluviaux, qui comportait une douzaine d'éléments au cours des premiers levés (Zn, Cu, Pb, Ni, Co, Ag, As, Mo, U, Mn et Fe, de même que l'indice limite d'oxygène), a depuis été augmentée de F, V, Sb, Sn, W, Cd et Hg. Cette suite est utile pour la recherche de l'uranium et des métaux communs, et jusqu'à un certain point pour la prospection de l'or. Elle compte plusieurs éléments qui sont toxiques à de faibles concentrations pour un grand nombre d'organismes et qui, par conséquent, constituent un problème environnemental (par exemple As, Cd, Cu, Hg, Sb et Pb). Des déterminations de la teneur en or sont faites depuis peu par pyroanalyse, au moyen d'une technique d'activation neutronique et, tout dernièrement, par activation neutronique directe. Cette dernière méthode fournit, en plus de la teneur en Au, des données utiles concernant 17 autres éléments (Ba, Br, Ce, Cr, Cs, Eu, Hf, La, Lu, Na, Rb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th et Yb). Cette méthode présente le grand avantage d'être non destructive, préservant l'intégrité des échantillons précieux conservés en archives.

Certaines innovations récentes dans le domaine des analyses, comme l'analyse par activation neutronique et le spectromètre à plasma induit ICP-ES, qui fournissent des analyses multiélémentaires peu coûteuses et de haute qualité, rendent nécessaire une rationalisation des techniques d'analyse dans le cadre des levés du PNRG. Cette rationalisation pourrait permettre d'allonger la suite d'éléments à un coût égal ou inférieur par échantillon, tout en diminuant la consommation de matériaux d'échantillonnage. Bien conçu, le système de contrôle de la qualité des analyses qui est appliqué à l'ensemble du PNRG devrait faire en sorte que toute modification apportée aux données géochimiques suite à un changement de méthode puisse être mesurée et compensée. D'autres recherches doivent être faites pour mettre au point des méthodes d'analyse encore plus rentables, et pour déterminer adéquatement et économiquement les éléments pour lesquels on ne dispose pas encore de techniques pratiques, comme les métaux du groupe du platine.

En ce qui concerne les échantillons d'eau, les analyses de routine se limitent actuellement à U, à F et au pH. Or les nouvelles techniques d'analyse, comme celles qu'utilisent les spectromètres à plasma induit ICP-MS et ICP-ES pourraient et devraient permettre d'augmenter considérablement cette suite d'éléments, en y ajoutant des éléments majeurs et un certain nombre d'éléments traces. Il pourrait être nécessaire de modifier le prélèvement des échantillons pour y ajouter la filtration sur le terrain. Les données ainsi obtenues seraient utiles tant pour l'exploration minière que pour les études environnementales.

## L'avenir du PNRG

Fondamentalement, la conception du PNRG est bonne et sa mise en oeuvre impliquant la conception des levés et la vérification-compilation des données effectuées par le personnel de la CGC, et le prélèvement, la préparation et l'analyse des échantillons effectués à contrat, est rentable. Il est très important que la CGC continue à exercer un droit de regard sur la conception et le contrôle de la qualité des levés. Certaines personnes persistent à croire qu'une fois les spécifications fixées, l'exécution d'un programme comme le PNRG peut être confié aux soins de techniciens. Pour relever convenablement les défis de la cartographie géochimique dans les différents terrains physiographiques du Canada, pour répondre aux besoins changeants des utilisateurs des données géochimiques, et pour que les levés demeurent à la fine pointe de la technologie, il est essentiel de pouvoir compter sur un groupe de géochimistes et de techniciens qui exécutent les travaux de recherche et développement nécessaires pour faire en sorte que les levés conservent toute leur efficacité, leur pertinence et leur efficacité. Le soutien permanent actuellement accordé au groupe des levés régionaux est insuffisant.

Il est inévitable que le progrès technologique rend parfois périmés les résultats des levés antérieurs. L'habitude d'archiver les matériaux d'échantillonnage du PNRG après que les analyses ont été faites est amplement justifiée par

l'intérêt que porte l'industrie aux résultats des nouvelles analyses par activation neutronique (déterminations de l'or et des éléments associés) faites récemment sur des matériaux archivés. La CGC doit s'engager à conserver ces archives en permanence. La réanalyse de ces échantillons archivés pour rendre la suite d'éléments compatible avec des échantillons nouvellement prélevés devrait être une priorité.

Certaines données provenant de levés géochimiques de reconnaissance ne sont pas incluses dans la couverture du PNRG. Certains de ces levés ont été exécutés par la CGC, avec des matériaux d'échantillonnage autres que les sédiments lacustres et fluviaux, en particulier les tills et la végétation. D'autres ont été faits par des organismes autres que la CGC, et plusieurs d'entre eux avec des sédiments lacustres et fluviaux. Les plus étendus ont été exécutés par le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Il faudrait évaluer les données obtenues dans le cadre de levés exploitant des matériaux autres que des échantillons lacustres et fluviaux, afin de déterminer si elles devraient être incluses dans la couverture du PNRG ou si les résultats mettent en évidence des entités géochimiques bien différentes de celles qu'indiquent les matériaux d'échantillonnage normalisés du PNRG. Tous les efforts devraient être faits pour incorporer les données obtenues sur des sédiments lacustres et fluviaux par des organismes étrangers au CGC. On devrait comparer les méthodes d'échantillonnage, autant que les méthodes d'analyse. Si les échantillons provenant de ces levés ont été archivés, il faudrait songer à réanalyser les matériaux qui restent à l'aide des méthodes du PNRG, ou à tout le moins réanalyser les matériaux de référence utilisés pour contrôler l'exactitude et la reproductibilité des méthodes d'un lot à l'autre. S'il n'y a de disponible ni matériau archivé ni échantillon de référence, il pourrait être nécessaire de procéder à un rééchantillonnage restreint au moyen des méthodes du PNRG, dans le but d'harmoniser et d'uniformiser les données provenant de l'extérieur de la CGC en fonction des normes du PNRG. Le maintien des normes du PNRG est important si l'on veut que les utilisateurs, en particulier l'industrie de l'exploration minière, utilisent avec autant de confiance les données obtenues dans des provinces adjacentes à partir du même matériau d'échantillonnage. En même temps, lorsqu'il existe des données produites par un levé bien conçu et bien réalisé, il ne sert à rien de refaire le levé. La CGC devrait engager des discussions avec les organismes concernés, en particulier le ministère des Mines et des Ressources du Québec, pour régler cette question.

Finalement, il conviendrait d'insister davantage sur la valeur du PNRG tant pour les besoins pratiques de l'industrie de l'exploration que pour les recherches scientifiques. Il faudrait établir un plan général, avec des estimations de coûts et un projet d'échéancier, qui couvrirait à la fois les régions à échantillonner et les régions où d'autres analyses s'imposent. La promotion et le financement de ce programme devraient venir de la CGC, des programmes de développement régional, des provinces et peut-être aussi de l'industrie.

### *Levé à très basse densité*

*Raison d'être.* Étant donné l'énorme superficie du Canada, sa faible densité de population et le développement très limité des réseaux de transport de surface, seul un levé à très faible densité permettrait de réaliser la cartographie géochimique de l'ensemble du pays dans un laps de temps limité (disons cinq ans). Les travaux faits en Scandinavie par Bjorklund ont démontré que de faibles densités, même de l'ordre d'un seul échantillon composite pour 300 km<sup>2</sup>, permettent de dégager des figures de dispersion géochimiques cohérentes et interprétables (par exemple l'atlas géochimique de la Finlande). Ces travaux sont basés sur une analyse d'échantillons composites de la fraction fine des tills (< 62 microns); il y a près de 20 ans, Armour-Brown et Nichol faisaient état de résultats semblables obtenus avec des données de sédiments fluviaux prélevés à raison de 1 site pour 200 km<sup>2</sup> en Zambie. Les cartes géochimiques de la Norvège (superficie supérieure à 324 000 km<sup>2</sup>) basées sur 690 échantillons de sédiments fluviaux de lits majeurs produisent également des figures de dispersion cohérentes et interprétables, comme l'ont montré Ottesen et Bolviken. Parmi les types d'entités que ces levés à faible densité semblent permettre de définir, il y a les vastes métalotectes comme la zone cuprifère de la Zambie, la principale zone de minerai de la Finlande (Raahe-Ladoga) et les districts miniers qui se trouvent à l'intérieur de la province métamorphique dalradienne de l'Écosse. Outre qu'elles permettent de définir spatialement ces provinces métallogéniques, lorsque les éléments appropriés sont déterminés, les données géochimiques de reconnaissance fournissent un coup d'oeil unique sur la genèse des minerais à l'échelle régionale.

Une densité d'échantillonnage de l'ordre de 1 site pour 300 à 500 km<sup>2</sup>, si elle s'impose au Canada pour des raisons économiques, n'en permettrait pas moins d'obtenir des figures de dispersion géochimiques uniques qui seraient utiles pour les corrélations régionales et les études métallogéniques. Elle offre la possibilité d'exécuter un examen complet des concentrations d'éléments et des autres variations spatiales à travers les différentes conditions géologiques, provinces physiographiques et écosystèmes du Canada. Ne serait-ce que par cet aspect d'ordre environnemental, elle apporterait une contribution importante aux études environnementales à long terme jusqu'au prochain millénaire, contribution que n'apportent pas d'autres organismes gouvernementaux.

*Conception.* Le levé devrait avoir pour but de tracer un profil du paysage géochimique de chaque site d'échantillonnage (le prisme ainsi obtenu varierait de région en région). Les principaux matériaux d'échantillonnage seraient les sédiments lacustres et fluviaux, les eaux de surface (lacustres ou fluviaux) et les tills glaciaires (de préférence les tills de fond). A ces matériaux de base se grefferaient des échantillons de la végétation (qui pourraient représenter à la fois les étages inférieurs et supérieurs de la végétation) et des échantillons de sols (humus et horizon B). Le choix des sites

d'échantillonnage à l'intérieur de chaque cellule du quadrillage régional serait très important et nécessiterait la compétence de spécialistes en hydrogéochimie, en géologie quaternaire, en géochimie des tills et en biogéochimie. Pour de nombreuses parties du Canada, il y a suffisamment d'information disponible pour compléter des programmes d'échantillonnage, mais pour d'autres, il faudrait peut-être procéder à des levés d'orientation.

Dans chaque groupe de sites, on prélèverait une suite d'échantillons à analyser :

- 1) Sédiments lacustres ou  
sédiments fluviaux, fraction fine  
sédiments fluviaux, minéraux lourds  
sédiments fluviaux, matière organique
- 2) Eaux de surface - eau lacustre ou  
eau fluviale
- 3) Tills - fraction fine  
concentré de minéraux lourds
- 4) Végétation - étages supérieurs  
étages inférieurs
- 5) Sols - humus  
horizon B

Pour que des interprétations puissent être exécutées, il faudrait une description complète du paysage entourant le groupe de sites, en insistant plus particulièrement sur la nature des morts-terrains.

Chaque matériau d'échantillonnage devrait être soumis à des analyses qui portent sur un large éventail d'éléments (comme nous l'avons dit ci-dessus à propos des échantillons actuels du PNRG). On obtiendrait ainsi, pour chaque matériau d'échantillonnage, des séries de données qui se recouvrent, chaque distribution d'éléments correspondant à un aspect différent de la géochimie de la surface terrestre. Les concentrés de minéraux lourds et les échantillons de tills entiers renseigneraient avant tout sur les structures géologiques primaires. Les sédiments lacustres serviraient à déterminer les distributions des éléments traces associées à l'altération de la roche en place et à la métallogenèse. Les données hydrogéochimiques seraient utilisées surtout pour cartographier les métaux sujets au lessivage qui participent au phénomène de l'assimilation biologique. Les données sur la végétation indiqueraient les niveaux réels de l'assimilation par la flore.

Pour tirer le maximum d'information utile de sites d'échantillonnage largement espacés, il faut concevoir un plan d'échantillonnage statistiquement valable, qui permet d'exécuter une analyse approfondie de la variance à tous les niveaux du levé. L'échantillonnage doit être cohérent et la qualité des analyses doit être aussi bonne qu'elle peut l'être économiquement, et ces deux paramètres doivent être soigneusement contrôlés et mesurés. Il sera essentiel d'avoir recours à un système d'information géographique comme le

SPANS pour la manipulation, la présentation et l'analyse quantitative des très nombreuses couches de données qui résulteront d'un levé aussi vaste.

### *Études postérieures au levé*

Deux genres d'études peuvent être envisagés : des études à haute densité permettant de mieux définir les entités spatiales dans les données et de caractériser les processus géochimiques responsables des figures de dispersion observées, et un échantillonnage répété à quelques groupes de sites choisis afin de mesurer la variation temporelle (saisonnière et annuelle) dans les données. Un grand nombre de ces études pourraient être exécutées en vertu de conventions de recherches universitaires par des étudiants inscrits à des études supérieures.

### *Financement*

Ce type de levé ne serait probablement pas financé à même les ententes sur l'exploitation minière, car il aurait des retombées économiques à long terme. Il s'agirait d'un nouveau projet qui serait réalisé par une équipe de projet dans un laps de temps déterminé (par exemple 5 ans) et recevrait des fonds normalement destinés à un nouveau programme.

## **CONCLUSION**

Les levés géochimiques régionaux du genre de ceux exécutés dans le cadre du Programme national de reconnaissance géochimique contribuent dans une large mesure à rendre plus efficace et efficiente l'exploration minière au Canada. Ils produisent un type d'information unique sur la nature et la localisation des minéralisations au pays; ils reçoivent un large appui de la majorité des sociétés d'exploration minière et de la plupart des gouvernements provinciaux. La CGC devrait maintenir et augmenter quelque peu le budget alloué au groupe des levés régionaux, afin qu'il dispose des ressources nécessaires pour poursuivre les levés et, en plus, s'employer au développement de méthodes par des études d'orientation et des travaux de suivi. En outre, la CGC devrait s'entendre avec les organismes provinciaux et territoriaux pour délimiter les régions où il reste à exécuter des levés dans le cadre du PNRG, et pour estimer les dépenses et le temps nécessaires pour compléter la couverture. Il faudrait ensuite trouver une ou plusieurs sources de financement pour obtenir les ressources nécessaires à l'exécution de ces travaux.

Les commissions géologiques provinciales et territoriales diffèrent d'opinion quant à l'importance de leur participation à des levés de type PNRG. Certaines désirent exécuter les levés elles-mêmes, d'autres se réjouissent de voir la CGC exécuter le travail, la plupart préconisent une certaine forme de partage des travaux. Les provinces et territoires souhaitent tous exercer un certain droit de regard sur le lieu où les levés seront exécutés dans leurs limites respectives, mais la plupart, sinon tous, sont disposés à contribuer au financement des levés. Un grand nombre de géochimistes à l'emploi des gouvernements provinciaux aimeraient voir se constituer un

comité national des levés géochimiques au sein duquel seraient représentées la CGC et les commissions provinciales et territoriales. Ce comité se réunirait régulièrement (au moins une fois l'an) et le PNRG serait un de leurs principaux sujets de discussion. La plupart des provinces jugent satisfaisantes les méthodes et les normes utilisées dans le cadre du PNRG et reconnaissent que le groupe de spécialistes en géochimie d'exploration à la CGC est de loin le plus important au Canada. C'est pourquoi elles considèrent la CGC comme un centre où l'on trouve les compétences dans ce domaine, bien que certaines commissions provinciales puissent également contribuer dans une large mesure au développement et à l'amélioration des méthodes de levés géochimiques. L'échange d'idées serait grandement facilité par des tables rondes réunissant des géochimistes de tous les gouvernements.

En plus de poursuivre les levés de type PNRG, il est proposé d'entreprendre à la grandeur du pays un levé à très faible densité utilisant plusieurs matériaux d'échantillonnage. Ces levés formeraient un canevas auquel seraient rattachés les levés du PNRG, qui sont plus détaillés, qui utilisent un seul matériau d'échantillonnage et qui couvrent une étendue plus restreinte. Un levé de cette nature viserait à établir en un laps de temps relativement court (5 ans) un profil géochimique du Canada qui serait représentatif de toutes les facettes de l'environnement canadien. Ce vaste levé national semblerait cadrer avec le mandat du gouvernement fédéral. Il faudrait le considérer comme un complément des levés exécutés dans le cadre du PNRG, non comme un succédané ni comme un programme rival pour l'obtention des fonds disponibles.



ANNEXE C

QUESTIONNAIRE

CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE CANADIEN

EXAMEN PAR LE COMITÉ CONSULTATIF  
DES TRAVAUX DE GÉOCHIMIE APPLIQUÉ ENTREPRIS  
PAR LA  
COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

QUESTIONNAIRE

(Disponible sur demande)

Septembre 1988