



Nouveaux horizons pour l'exploration

DV 89-07

Québec 

***Nouveaux horizons
pour l'exploration***

DV 89-07

Québec 

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'EXPLORATION GÉOLOGIQUE ET MINÉRALE

Sous-ministre adjoint: R.Y. Lamarche

DIRECTION DE LA RECHERCHE GÉOLOGIQUE

Directeur: J.-L. Caty

Coordonnateur:

Luc Charbonneau

Éditeurs:

C. Dubé

L. Blais-Leroux

Préparé par la Division de l'édition (Service de la géoinformation, DGEGM)

Page couverture: Bloc de mylonite en bordure du lac Watts, Fosse de l'Ungava.

Photo par D. Lamothe, MER

AVANT-PROPOS

Chaque année, le Secteur mines du ministère de l'Énergie et des Ressources consacre une part importante de son budget à l'acquisition de connaissances géoscientifiques. Il répond ainsi à son obligation de fournir une information pertinente aux intervenants en exploration minière.

*Les résultats de cette activité d'acquisition des connaissances sont, depuis déjà 10 ans, portés à une première attention des intervenants par le biais d'un séminaire annuel d'information. Le présent volume regroupe les résumés des conférences données au séminaire de novembre 1989, séminaire présenté sous le thème incitant de **NOUVEAUX HORIZONS POUR L'EXPLORATION**.*

Ces conférences sont le fait de professionnels de la Direction de la recherche géologique, de géologues affectés à l'exécution de contrats de la même Direction et de membres de la Commission géologique du Canada. Il y a lieu de les remercier pour leur apport à un événement dont ils rehaussent la valeur informative. Il y a aussi lieu de mentionner que les résumés qu'ils ont fournis n'ont subi qu'une légère édition en plus de celle requise pour leur mise en page.

Le Directeur de la recherche géologique

Jean-Louis Caty



Programme / table des matières

Mercredi, 29 novembre 1989

8 h 30 : INSCRIPTION, SALON VERCHÈRES, CHÂTEAU FRONTENAC

9 h 10 à 9 h 30 : MOT DE BIENVENUE (salle de bal)

Page

1ère session

L'AVENIR DE L'EXPLORATION DANS LES APPALACHES

(présidée par M. Marc Bélanger, MER)

9 h 40 à 10 h 00 :	Nouvelle couverture cartographique de la Gaspésie <i>Daniel Brisebois (MER)</i>	3
10 h 00 à 10 h 20 :	Programme de cartographie géologique dans l'Estrie : État de la situation <i>Joël Brun (MER)</i>	4
10 h 20 à 10 h 40 :	Contexte stratigraphique et structural des gîtes métallifères de la région de Sutton <i>Maurice Colpron (MER)</i>	6
10 h 40 à 11 h 00 :	Relations tectoniques et métallogéniques dans la zone de faille du Grand Pabos <i>Michel Malo (INRS)</i>	8
11 h 30 à 13 h 30	DÎNER LIBRE	

2e session

L'AVENIR DE L'EXPLORATION DANS LE GRENVILLE

(présidée par M. Marc Bélanger, MER)

13 h 40 à 14 h 00 :	Inventaire des tourbières du Québec <i>Pierre Buteau (MER)</i>	13
14 h 00 à 14 h 20 :	Contexte structural de la région de Thurso-Papineauville <i>Hugues Dupuy et Kamal N.M. Sharma (MER)</i>	15
14 h 20 à 14 h 40 :	Étude géologique et métallogénique de la région du lac Opocopa, au sud de Fermont <i>Aphrodite Indarès et Leslie Kish (MER)</i>	17
14 h 40 à 15 h 00 :	Le potentiel minéral de la Côte-Nord, découvrons-le <i>Thomas Clark et Pierre Marcoux (MER)</i>	19

15 h 00 à 15 h 20 :	Apport des différentes fractions granulométriques à la prospection dans la région de la Gatineau. (Grenville) <i>Michel Jébrak (UQAM), Jean Choinière (MER) et Claude Bellehumeur (UQAM)</i>	22
16 h 00 à 16 h 30 :	REMISE DU MARTEAU D'OR ET DU PRIX DE PROMOTION	
16 h 30 :	COCKTAIL	

Jeudi, 30 novembre 1989

3e session

LES ÉLÉMENTS DU GROUPE DU PLATINE (EGP) DANS L'ENVIRONNEMENT SECONDAIRE (présidée par M. Marc Beaumier, MER)

9 h 30 à 9 h 50 :	Identification de cibles d'exploration pour les éléments du groupe du platine à partir de leur distribution régionale dans les dépôts quaternaires de l'Estrie <i>Yvon Maurice (Commission géologique du Canada)</i>	25
9 h 50 à 10 h 10 :	Dispersion des EGP dans les sédiments de ruisseau à partir de la minéralisation ferro-chrome (platinifère) de la région de Coleraine <i>Marc Beaumier et Jean Choinière (MER)</i>	26
10 h 10 à 10 h 30 :	Étude préliminaire de la dispersion du platine, du palladium et de l'or dans le milieu de surface, à proximité de deux prospects de cuivre, de nickel et de EGP, au Québec <i>Scott A. Wood et Dimitri Vlassopoulos (IREM)</i>	28
	(conférence donnée en anglais)	
10 h 30 à 10 h 50 :	Utilisation d'arbres et d'arbustes dans la détermination des emplacements de minéralisations de platine sous les forêts canadiennes <i>Colin E. Dunn (Commission géologique du Canada)</i>	29
	(conférence donnée en anglais)	
10 h 50 à 11 h 10 :	Utilisation des sédiments de ruisseau pour l'exploration géochimique des éléments du groupe du platine : problématique et techniques analytiques <i>Mario Bergeron (INRS-Géoressources) et Marc Beaumier (MER)</i>	30
11 h 10 à 11 h 30 :	Synthèse géoscientifique de la région de Chapais <i>Rémy Morin, Denis-Jacques Dion, Hélène Church (MER) et Pierre Keating (Commission géologique du Canada)</i>	31
11 h 30 à 13 h 30 :	DÎNER LIBRE	

4e session

**LES MÉTAUX DE BASE : NOUVELLES DÉCOUVERTES
ET NOUVELLES IDÉES**

(présidée par M. Francis Chartrand)

13 h 30 à 13 h 50 :	Évaluation du potentiel en métaux de base de la région de Rouyn-Noranda (32D/6) : une nouvelle approche <i>Francis Chartrand, Pierre Verpaelst, Denis Racicot, Charles Roy et Alain Simard (MER)</i>	35
13 h 50 à 14 h 10 :	La nouvelle découverte de Ressources Aur à Val-d'Or : un important dépôt de sulfure massif dans un camp minier sous-estimé pour son potentiel en métaux de base <i>D.S. Bubar, J.W. Gill, G.N. Mannard et H.R. Stockford (Ressources Aur Inc.)</i>	36
	(conférence donnée en anglais)	
14 h 10 à 14 h 30 :	Le projet Grevet B, M, J. : gisement de zinc, cuivre et argent <i>Jean Girard (Serem Québec Ltée)</i> (résumé non disponible)	
14 h 30 à 14 h 50 :	Le gisement d'Isle-Dieu : géométrie du dépôt et caractérisation géochimique de la cheminée d'altération <i>Réal Tanguay, Mathieu Piché (UQAC), Gaétan Lavallière (UQAC et Minéraux Noranda), Charles Beaudry (Exploration Noranda Ltée) et André Bonenfant (Minéraux Noranda)</i>	38
14 h 50 à 15 h 10 :	La géologie des amas sulfurés de la mine Mobrùn, dans la région de Rouyn-Noranda <i>Marie-France Caillé et Carl Caumartin (Ressources Audrey Inc.)</i> (résumé non disponible)	
15 h 10 à 15 h 30 :	La géologie du gisement Ansil, Rouyn-Noranda (Québec) <i>Gérard Riverin (Minnova Inc.)</i>	40
15 h 30 à 16 h 00 :	Les relations entre les dépôts de fonds marins et les gisements de sulfures massifs anciens <i>J. Franklin (Commission géologique du Canada)</i>	41
	(conférence donnée en anglais)	
16 h 30 :	FIN DU SÉMINAIRE	
Liste des panneaux présentés dans la salle de bal		45



L'avenir de l'exploration dans les Appalaches



Nouvelle couverture cartographique de la Gaspésie

Daniel Brisebois⁽¹⁾

La réalisation des travaux entrepris dans le cadre du plan quinquennal de la Gaspésie, de 1982 à 1987, travaux qui se sont souvent poursuivis après la fin du plan, a permis, d'une part, d'ajouter considérablement aux aires cartographiées en détail et, d'autre part, de réévaluer plusieurs des modèles métallogéniques, stratigraphiques ou tectoniques utilisés dans cette région. Parmi les réalisations les plus importantes de cette période, nous comptons :

- la couverture géologique presque complète de la moitié est de la péninsule de Gaspé (feuillet SNRC 22A et 22H) aux échelles de 1:50 000 et 1:20 000 ;
- la synthèse stratigraphique et structurale des strates cambro-ordoviciennes du nord de la Gaspésie ;
- la synthèse stratigraphique et structurale des terrains siluro-dévonien de la Gaspésie et du Témiscouata ;
- la synthèse gîtologique des indices minéralisés du centre-nord de la Gaspésie ;
- des travaux ponctuels stratigraphiques, pétrographiques, tectoniques et gîtologiques.

Afin de faciliter aux utilisateurs l'accès à l'information géologique contenue dans les publications du MER (rapports géologiques variés et GM), la Division Gaspésie – Les Îles du SGQ produit présentement des cartes de compilation de la Gaspésie à l'échelle du 1:50 000 et, si la densité de l'information le requiert, au 1:20 000. Une carte de compilation à l'échelle de 1:250 000 de toute la Gaspésie (feuillet 22A, 22B, 22G, 22H et 21O) a aussi été produite.

Ces travaux ont composé une image géologique de la Gaspésie qui diffère sensiblement de celle qui nous apparaissait il y a à peine dix ans. Les travaux de cartographie et les synthèses stratigraphiques ont érigé une nomencla-

ture formelle qui couvre maintenant tout le territoire de la Gaspésie. L'âge des unités lithostratigraphiques et les corrélations qui les lient sont connues dans les grandes lignes, sinon dans le détail, pour presque toutes les unités du territoire. Même s'il comporte des erreurs et des imprécisions, ce qui est inévitable, ce schéma stratigraphique conduira à beaucoup plus de rigueur lors des prochaines campagnes de cartographie ou d'exploration minérale.

Le modèle structural de la Gaspésie a aussi beaucoup évolué, en particulier pour les terrains siluro-dévonien. On y a reconnu que plusieurs des grandes failles (Shickshock et Grand Pabos) étaient des failles de décrochement le long desquelles des déplacements horizontaux importants ont eu lieu. L'appréciation de ce modèle permettra de mieux saisir les mécanismes de mise en place des différents types de minéralisations observés dans ces zones de failles.

Les études métallogéniques du centre-nord de la Gaspésie et de la faille du Grand Pabos ont permis de déterminer de nouveaux métallotectes ou de mieux définir certains déjà connus (tels les listwaeinites de la zone de faille des Shickshock et les gîtes volcanogènes du centre-nord) ou d'étendre les zones d'intérêt autour des indices connus (Reboul, Weir).

Dans l'avenir immédiat, le SGQ se propose de :

- cartographier les roches siluro-dévonien des secteurs situés entre la rivière Matapédia et la rivière Cascapédia ;
- produire la carte de compilation au 1:250 000 du Bas-Saint-Laurent (en partie déjà réalisée) ;
- compléter l'étude métallogénique de la faille du Grand Pabos ;
- informatiser la saisie et le traitement des données de terrain de même que les travaux de compilation.

(1) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec

Programme de cartographie géologique dans l'Estrie : État de la situation

Joël Brun⁽¹⁾

Introduction

Un programme de cartographie géologique systématique dans l'Estrie a été entrepris depuis plusieurs années par le ministère de l'Énergie et des Ressources. Le secteur général concerné par ce programme s'étend entre le 45°00' et le 47°00' de latitude nord et le 70°00' et le 74°30' de longitude ouest. Cependant, la zone plus spécifiquement concernée correspond seulement au domaine paléozoïque et ne touche pas le domaine protérozoïque. La progression de ce programme a varié au cours des années en fonction des ressources humaines et financières disponibles.

Objectif

Les objectifs de ce programme sont de deux ordres : ils ont pour but, d'une part, d'uniformiser les cartes géologiques et, d'autre part, d'augmenter la couverture cartographique.

UNIFORMISATION DES CARTES GÉOLOGIQUES

L'uniformisation des cartes géologiques est apparue comme une nécessité après que l'on eût constaté, en les utilisant, un certain nombre d'inconvénients. Ces inconvénients sont les suivants :

- Les échelles des cartes géologiques sont relativement nombreuses puisqu'il en existe au moins treize. En effet, bien que les échelles britanniques aient été progressivement remplacées par les échelles internationales pour les nouvelles cartes, les anciennes cartes demeurent inchangées. De ce fait, deux cartes contiguës peuvent avoir des échelles différentes.
- Les limites des cartes géologiques ne coïncident pas toujours avec celles des cartes géographiques fédérales ou provinciales. Ainsi, des cartes voisines peuvent présenter des découpages différents. De ce fait, certains secteurs n'ont pas été cartographiés et apparaissent en blanc.
- Les contacts stratigraphiques ou structurographiques des cartes géologiques ne coïncident pas toujours d'une carte à l'autre. Ces différences d'interprétation créent alors des discontinuités géologiques artificielles à la limite de deux cartes contiguës.
- Les légendes stratigraphiques, structurographiques ou géologiques ne sont pas uniformes d'une carte à l'autre

en raison de la juxtaposition de cartes géologiques anciennes et nouvelles. Il en résulte des difficultés de compréhension et d'utilisation.

- Les conceptions graphiques des cartes géologiques ne sont pas toujours les mêmes et présentent une grande variété. Ces variations concernent principalement le type de papier, de lettrage, de symboles, de cadre et de couleurs.

L'uniformisation vise à corriger les inconvénients mentionnés précédemment en simplifiant et en codifiant les procédures de réalisation des cartes géologiques. Ainsi, le nombre des échelles de publication a été réduit à cinq, les limites des cartes géologiques ajustées à celles des cartes géographiques fédérales ou provinciales, les contacts stratigraphiques ou structurographiques alignés, les légendes stratigraphiques, structurographiques et géologiques uniformisées et les conceptions graphiques standardisées.

AUGMENTATION DE LA COUVERTURE CARTOGRAPHIQUE

L'augmentation de la couverture cartographique a toujours constitué une priorité essentielle dans ce programme. La méthode adoptée consiste alors à utiliser le découpage cartographique fédéral ou provincial et à considérer chaque carte comme un projet. Étant donné le nombre de cartes à produire, il faut procéder annuellement à un choix basé sur les éléments suivants :

- Les ressources financières déterminent le nombre de cartes pouvant être produites.
- Les ressources humaines déterminent la localisation des cartes. En effet, le nouveau mode de gestion faisant appel aux géologues universitaires entraîne, par le fait même, le choix d'une carte conforme au sujet de maîtrise ou de doctorat.
- La situation géoéconomique régionale, en particulier l'activité de l'industrie minière, détermine elle aussi la localisation des cartes. En effet, le choix des secteurs à cartographier doit correspondre, en proportions égales, aux activités de l'industrie minière et aux activités des autres industries (construction, transport, agriculture, etc.).

(1) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec.

Situation

Le programme de cartographie géologique a permis de produire un grand nombre de cartes qui correspondent aux trois séries suivantes :

SÉRIE DE CARTES AU 1:250 000

Ces cartes couvrent l'ensemble des Basses-Terres et de l'Estrie. Elles ont été éditées en deux feuillets pour accélérer le processus de publication mais elles seront éditées ultérieurement en quatre feuillets séparés correspondant au découpage 21E, 21L, 31H et 31I. Elles présentent les grandes unités stratigraphiques et structurographiques des Basses-Terres et de l'Estrie et sont accompagnées d'une légende lithostratigraphique qui fait la synthèse des connaissances actuelles.

SÉRIE DE CARTES AU 1:50 000

Ces cartes couvrent l'ensemble des Basses-Terres et certains secteurs de l'Estrie. Cependant, ayant été éditées à l'échelle de 1:63 360 dans les Basses-Terres, elles n'ont pas encore fait l'objet d'une nouvelle édition à l'échelle de 1:50 000. Elles présentent les grandes et les moyennes unités stratigraphiques et structurographiques des Basses-Terres et de l'Estrie. Elles présentent également les positions des gîtes et des affleurements.

SÉRIE DE CARTES AU 1:20 000

Ces cartes ne couvrent aucun secteur des Basses-Terres et seulement certains secteurs de l'Estrie. Les secteurs couverts sont ceux de Sutton, du mont Orford, de Richmond, du lac Massawippi, de Sherbrooke, des monts Stoke, de Thetford Mines, de Saint-Victor, de Bellechasse, de Lac-Frontière, de Saint-Raphaël et de Montmagny.

Elles présentent toutes les unités stratigraphiques et structurographiques, des grandes aux petites. Elles présentent également les positions de tous les gîtes et de tous les affleurements ainsi que les mesures des éléments planaires et linéaires.

Conclusion

Ce programme de cartographie géologique a largement contribué à augmenter la quantité et la qualité des cartes géologiques de la région des Basses-Terres et de l'Estrie. Il a permis, en outre, de connaître certains secteurs de façon détaillée mais a dû laisser, faute de moyens, d'autres secteurs au stade de la cartographie générale. Enfin, les documents géoscientifiques publiés ont joué, jusqu'à présent, un rôle tout à fait positif dans l'activité géologique et minière de cette région.

Contexte stratigraphique et structural des gîtes métallifères de la région de Sutton, Estrie

Maurice Colpron⁽¹⁾

La région de Sutton (SNRC 31H/02 ; 1:50 000), en Estrie, est caractérisée par trois types de gîtes métallifères liés à l'évolution tectonique globale de cette portion de la Zone de Humber, dans les Appalaches du sud du Québec. Ces minéralisations consistent en des concentrations syngénétiques en Fe-Ti-Zr, et des amas épigénétiques de Cu-Ag-(Au) et de Ni-Cr. De plus, la région de Sutton comprend trois ensembles lithotectoniques, d'ouest en est : le Groupe de Oak Hill, la Suite de Mansville, et la Suite de Sutton.

Les minéralisations en Fe-Ti-Zr se présentent sous forme de bancs massifs (4-10 m) de grès noirs, constituant l'unité basale de la Formation de Pinnacle (Cambrien inférieur). Ces amas détritiques reposent en discordance sur les volcanites alcalines de la Formation de Tibbit Hill ; celles-ci étant interprétées comme des basaltes de plateau qui se sont mis en place lors d'une phase précoce du rift de l'océan Iapetus, au Cambrien inférieur. Les concentrations massives de minéraux lourds du Pinnacle sont caractéristiques d'un environnement littoral, où l'action combinée des vagues et des courants longitudinaux favorise l'accumulation de placers sur la plage. La présence de paléoplacers constitue un indicateur paléogéographique de premier choix : les dépôts analogues modernes étant invariablement associés à des irrégularités le long du littoral, nous proposons que le Pinnacle se soit accumulé sur un cordon littoral, à proximité d'un promontoire le long de la côte.

La pétrographie des paléoplacers de la Formation de Pinnacle indique qu'ils étaient, à l'origine, constitués de concentrations de magnéto-ilménite, de zircon et de tourmaline. Suite à des processus d'altération diagénétique en milieu oxydant, la magnétite, puis les exsolutions d'ilménite, furent progressivement lessivées de leur contenu en Fe, ce dernier ayant reprécipité sous forme de ciment d'hématite. La texture résultante en est une où les exsolutions d'ilménite sont totalement remplacées par des phases cristalline pure de TiO₂ (particulièrement le rutile). La connaissance de telles textures a permis l'élaboration d'un critère d'exploration : les bancs non magnétiques et ayant un trait brun rougeâtre foncé sont ceux les plus riches en TiO₂. Ces horizons titrent généralement près de 30 % TiO₂, 3 % Zr, de même que des valeurs anormales en certaines terres rares (entre autres : Ce, Nd, Nb, Th, et Y).

Nos travaux sur la stratigraphie du Groupe de Oak Hill indiquent que les faciès d'eau peu profonde qui prévalaient durant la période Pinnacle-White Brook sont le résultat du

faible taux de subsidence associé à ce stade précoce du *rifting*. Les faciès susjacents de West Sutton et de Frelighsburg témoignent, à l'inverse, d'un approfondissement rapide du bassin de rift. Ces tendances sédimentologiques nous portent à conclure que le *rifting* d'Iapetus s'acheva vers la fin du temps Frelighsburg. Les formations de Cheshire, Dunham et Sweetsburg représentent le développement subséquent du plateau et du talus continental.

C'est lors de la destruction de cette marge passive que se sont mises en place les minéralisations épigénétiques de la région de Sutton. Trois phases de déformation, toutes considérées comme étant d'âge tectonique, sont reconnues dans la Zone de Humber, en Estrie. La phase D₁ est définie par une schistosité parallèle à la stratification, associée à des petits plis isoclinaux rarement observés. La phase D₂ est celle qui contrôle le patron cartographique régional. Dans le secteur ouest, le clivage S₂ est associé aux plans axiaux de plis cylindriques ouverts à serrés, droits ou déversés au nord-ouest, et plongeant faiblement au nord. À l'approche de la faille de Brome, dans la partie centre de la région, les structures D₂ sont caractérisées par des plis non cylindriques isoclinaux, droits ou déversés au sud-est, plongeant modérément à fortement au sud ou au nord. Dans les suites de Mansville et de Sutton, les plis D₂ sont fortement non cylindriques (de style «fourreau»), déversés à déjetés vers le sud-est. La phase D₃ est soulignée par un clivage de fracture et des plis ouverts. L'intensité de cette phase décroît rapidement vers l'ouest, les effets du plissement de troisième phase étant à toute fin pratique restreints à la Suite de Sutton.

Les indices de Ni-Cr se présentent sous forme de lentilles de pyrrhotine et/ou de placage de fuchsite le long de la foliation dominante (S₁) dans les métasédiments de la Suite de Sutton. Ces concentrations métallifères sont généralement disséminées le long de contacts de faille pré-métamorphiques, contacts le long desquels sont souvent situés des copeaux de roche ultramafique.

Les minéralisations de Cu-Ag-(Au) se retrouvent sous forme de chalcopryrite, bornite, et pyrite (± malachite) disséminées le long du clivage S₂, à proximité de la faille de Brome et des structures subsidiaires qui lui sont associées. L'intime association entre les minéralisations sulfurées et les niveaux de grès noirs de la Formation de Pinnacle suggère que ces derniers ont agi comme agent réducteur propice à la précipitation des sulfures. À l'examen microscopique,

(1) Department of Geology, University of Vermont

nous avons constaté une recristallisation partielle à totale des oxydes de Fe-Ti à proximité des minéralisations de chalcopyrite-bornite. La magnétite et la chalcopyrite, en particulier, sont fréquemment intimement liées. De tels indices de recristallisation n'ont pas été observés dans les grès noirs, là où la minéralisation cuprifère est absente.

Nous proposons que l'évolution structurale de la Zone de Humber, durant l'orogénèse taconique, se déroule en deux étapes : 1) un stade d'accrétion, et 2) un stade de collision. Le *stade d'accrétion* est caractérisé par un complexe de subduction actif et le développement d'un prisme d'accrétion à même les sédiments reposant sur la portion distale de la marge passive. Les structures de phase D₁, notamment les failles pré-métamorphiques et l'obduction de matériel ophiolitique, témoignent du stade d'accrétion. Le chevauchement du prisme d'accrétion taconique (Suite de

Sutton) sur la marge passive (Groupe de Oak Hill et Suite de Mansville) provoque le développement de grand plis couchés (nappes ?) de vergence nord-ouest.

Le *stade de collision* est relié à une tentative de subduction du craton Laurentien. Il en résulte l'écaillage et l'imbrication de copeaux du socle, qui agiront comme biseau tectonique, provoquant la délamination du couvert volcanosédimentaire. Les structures de phase D₂, notamment l'éventail des plis de deuxième phase et le rétrocharriage de Brome, sont l'expression en surface d'un tel style structural. L'empilement de copeaux de socle a entraîné le développement d'un duplex, possiblement à l'origine de la formation de l'anticlinorium des Monts Sutton. Le modèle proposé ici ne requiert pas une collision îles-en-arc/continent lors de l'orogénèse taconique.

Relations tectoniques et métallogéniques dans la zone de faille du Grand Pabos

Michel Malo⁽¹⁾

Introduction

La faille du Grand Pabos est sans contredit la faille la plus importante du sud de la Gaspésie. Elle s'étend de la baie du Petit Pabos, dans l'est de la Gaspésie, jusqu'à la rivière Nouvelle vers l'ouest où elle rejoint la faille de Matapédia, puis la faille de Restigouche, au nord du Nouveau-Brunswick. De nombreux indices minéralisés du sud de la Gaspésie sont situés à proximité des failles du Grand Pabos et de Matapédia. La mise en place et la géométrie de ces minéralisations sont probablement contrôlées par la stratigraphie et la structure des roches sédimentaires encaissantes. L'objectif de notre étude est de comprendre la relation entre la structure des roches et les minéralisations.

Failles

La faille de Grand Pabos-Restigouche (incluant la faille de Matapédia) constitue ainsi une cassure majeure des Appalaches du Nord. Ce linéament structural bien défini sur les photos aériennes et les images Landsat affecte les trois zones tectoniques acadiennes du sud de la Gaspésie : l'anticlinorium d'Aroostook-Percé et les synclinoria de la baie des Chaleurs et de Connecticut Valley-Gaspé. La faille de Grand Pabos-Restigouche sépare ainsi, dans sa partie occidentale, l'anticlinorium d'Aroostook-Percé du synclinorium de Connecticut Valley-Gaspé, mettant en contact les groupes de Fortin, au nord, et de Matapédia, au sud. Dans sa partie centrale, la faille traverse l'anticlinorium d'Aroostook-Percé séparant les groupes de Matapédia, au nord, et d'Honorat, au sud. Enfin, dans sa partie orientale, la faille représente la limite entre l'anticlinorium d'Aroostook-Percé et le synclinorium de la baie des Chaleurs mettant en contact les groupes d'Honorat, au nord, et de Chaleurs, au sud.

Le système de failles est constitué de plusieurs failles secondaires de type riedel greffées à la faille principale. Les relations géométriques de ces différentes failles secondaires montrent que la faille principale est un décrochement dextre. Les microcisaillements au sein des zones de faille de même que des déplacements stratigraphiques permettent de trouver le sens du déplacement. Le sud de la péninsule comprend deux autres failles majeures acadiennes ; il s'agit des failles de la Grande Rivière et de la Rivière

Garin. Ces failles majeures avec la faille du Grand Pabos, toutes de direction E-W, sont des décrochements dextres acadiens et les plis régionaux, de direction NE-SW, sont reliés au mouvement de coulissage le long des failles principales. Cette tectonique acadienne étroitement associée aux grandes failles de décrochement (mouvement longitudinal) se compare ainsi à la tectonique coulissante de la Californie avec la faille de San Andreas.

Minéralisations

Les indices minéralisés situés le long de la faille de Grand Pabos-Restigouche se divisent en trois principaux groupes en fonction de l'unité stratigraphique encaissante. Les *minéralisations du premier groupe* sont encaissées au sein des carcaires du Groupe de Matapédia qui sont alors transformés en marbre et skarn (ex : Reboul). Une minéralisation disséminée en Cu-Zn est associée aux aires d'altération, tandis qu'une minéralisation filonienne de Pb-Zn-Ag-Au est reliée à des veines tardives. Les *minéralisations du deuxième groupe* se retrouvent dans les roches terrigènes du Groupe d'Honorat. Un premier type consiste en minéralisations disséminées de Zn-Pb-Cu-Ag dans le grès et le mudstone transformé en porcelanite (ex : Robidoux). Le deuxième type est représenté par des minéralisations aurifères associées à des veines de quartz (ex : lac Arsenault) au sein du Groupe d'Honorat. Le nouvel indice de Sb-Au de la région de Saint-André-de-Restigouche, encaissé dans le Groupe de Matapédia, fait ainsi exception. Les *minéralisations du troisième groupe* comprennent des indices de Ni dans les amas de serpentinite d'un mélange observé dans la partie orientale de la faille du Grand Pabos (ex : Weir no. 2). Les serpentinites, intensément carbonatisées dans la zone de faille (listwaeinite), contiennent de la pyrite et de la chromite. Des minéralisations aurifères pourraient être associées à ces listwaeinites. D'autres types de minéralisations n'entrant pas dans les trois groupes précédents sont également présents le long de la faille de Grand Pabos-Restigouche (Pb-Zn dans les volcanites de Raudin, Ni dans les siltstones de l'Honorat, Cu dans des grès du Matapédia, Sb dans des dykes felsiques au sein de l'Honorat). Des dykes felsiques sont souvent présents avec les minéralisations du premier groupe de même qu'avec celles du second groupe (premier type).

(1) INRS-Géoressources

Tectonique et minéralisation

La relation la plus évidente entre la tectonique et la minéralisation est la relation spatiale entre la faille principale, les failles secondaires et les indices minéralisés connus. Des indices sont situés dans la zone de faille (ex. : Robidoux), alors que d'autres se retrouvent à 100 ou 200 mètres de la faille (ex. : Reboul). Les indices les plus éloignés de la faille principale sont localisés généralement le long de failles secondaires (ex. : Maria). Les minéralisations autour d'une faille principale et dans des structures subsidiaires sont d'ailleurs bien connues pour les gisements d'or archéens de l'Abitibi.

L'altération des roches dans la zone de faille et la présence de dykes dans les environs démontrent que la faille représente un conduit structural privilégié pour localiser en profondeur des fluides hydrothermaux et possiblement

des intrusions. La déformation des roches dans un corridor centré autour de la faille permet également de créer une perméabilité secondaire. Les métaux se déposent par la suite dans des horizons lithologiques favorables et dans des veines dont l'attitude est contrôlée par la déformation. L'indice Reboul nous fournit un bon exemple de ces relations. On y distingue plusieurs types de minéralisations : 1) une minéralisation de Cu-Zn reliée à un skarn associé avec un horizon lithologique plus argileux, 2) une minéralisation filonienne de Pb-Zn-Ag-(Au) reliée à des veines massives tardives (direction NW-SE), 3) une minéralisation aurifère reliée à des veines de quartz de direction E-W, 4) une minéralisation de pyrite associée à des zones de brèches tectoniques et 5) une minéralisation de pyrite anormale en or associée à une brèche hétérolithique d'origine magmatique.



L'avenir de l'exploration dans le Grenville

Inventaire des tourbières du Québec

Pierre Buteau⁽¹⁾

Introduction

Depuis plusieurs années, le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec a réalisé de nombreux programmes d'inventaire des dépôts de tourbe de la province. Les objectifs visés par ces programmes d'inventaire ont toujours été d'assurer une saine gestion de cette ressource non renouvelable et d'encourager la recherche et le développement de nouvelles utilisations de la tourbe par le secteur privé. De plus, ces programmes d'inventaire ont permis à l'industrie de la tourbe, telle que nous la connaissons aujourd'hui, de pouvoir compter sur des sources d'approvisionnement connues de tourbe de sphaigne fibreuse.

Historique

Déjà, de 1919 à 1940, Anrep et quelques autres auteurs avaient étudié les tourbières de la province de façon très ponctuelle. Au fil des ans, de nombreuses études ont ainsi été réalisées. C'est toutefois en 1947 que Girard publia la première étude d'envergure sur nos dépôts de tourbe. Puis, de 1950 à 1958, le ministère des Mines publia toute une série de rapports portant sur les propriétés chimiques des tourbières du Québec méridional.

De 1959 à 1978, les premiers travaux articulés d'inventaire de cette ressource ont eu lieu, toujours dans la partie méridionale de la province. Tous les dépôts de tourbe étaient alors échantillonnés de façon systématique. Cependant, les dépôts où on ne pouvait trouver de tourbe fibreuse étaient rapidement mis de côté.

Depuis 1978, nous avons développé de nouvelles méthodes d'inventaire qui nous permettent la cartographie de vastes territoires, jusque là oubliés en raison de leur inaccessibilité, et cela à des coûts relativement peu élevés.

Nos travaux d'inventaire sont aujourd'hui de deux types : les travaux de détail et les travaux de cartographie régionale.

TRAVAUX DE DÉTAIL (1:20 000 ET 1:50 000)

Ces travaux ont pour but de compléter les inventaires dans la partie méridionale de la province. Ils serviront par la suite à notre clientèle habituelle qui se compose :

- des compagnies productrices de tourbe ;
- des compagnies intéressées à des utilisations différentes de la tourbe (autres que le «peat moss») ;
- des MRC (schémas d'aménagement) ;

- des intervenants gouvernementaux (le MLCP, le MAPAQ, Environnement-Québec, Transports-Québec, Environnement-Canada, Agriculture-Canada, etc.) ;
- des promoteurs locaux et régionaux (les chambres de commerce, comités de développement industriel, etc.) ;
- des biologistes, écologistes, géographes, etc. ;
- des milieux de recherche, tels que les universités et les cégeps (foresterie, biogéographie, palynologie, géologie, etc.) ;
- d'organismes divers (Hydro-Québec, pour le tracé des lignes de transport ; Gaz métropolitain, pour le tracé de gazoduc ; etc.).

L'état de nos inventaires démontre clairement que les producteurs de mousse de tourbe du Bas-Saint-Laurent devront songer à moyen terme à se relocaliser, cela afin d'assurer leur croissance, voire même leur existence (épuisement des dépôts actuellement exploités, ouverture de nouveaux marchés, etc.).

À moyen terme, le développement et surtout la diversification de notre industrie de la tourbe nécessitera la mise en valeur de dépôts situés dans des régions éloignées des centres traditionnels d'exploitation.

L'inventaire des dépôts de tourbe des régions dites «périphériques» s'inscrit dans ce cadre. L'éloignement de ces régions, le peu d'accessibilité dont elles sont pourvues, les immenses superficies de tourbières à cartographier, de même que des effectifs et des budgets plutôt modestes, nous ont incités à développer une nouvelle méthode d'inventaire (Buteau, 1983).

Celle-ci est basée en bonne partie sur l'interprétation de photos aériennes panchromatiques, à l'échelle du 1:15 000. Cette méthode est fondée sur le principe selon lequel les aspects phyto-écologiques et physiologiques actuels des tourbières sont reliés au développement séquentiel de communautés végétales et de leur évolution dans le temps et dans l'espace avec les dépôts de tourbe sous-jacents.

La première étape dans le déroulement de l'inventaire consiste en une recherche bibliographique visant à établir le contexte géologique dans lequel s'est amorcé le développement des dépôts de tourbe, à dresser la liste des espèces végétales susceptibles d'être observées et à colliger toutes les informations pouvant permettre de caractériser les types de tourbières.

Après une visite sur le terrain qui permet de se familiariser avec les éléments à interpréter et à classer, on

(1) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec

procède à une photo-interprétation préliminaire de tout le territoire à l'étude. Ceci permet :

- de délimiter le contour des tourbières ;
- d'identifier les communautés végétales qui s'y trouvent ;
- de cerner les enclaves rocheuses dans lesquelles se sont développés les dépôts de tourbe ;
- de situer les composantes morphologiques par rapport au réseau de drainage ;
- d'établir les patrons de distribution de la végétation ;
- de qualifier le régime trophique de chacune des composantes morphologiques ;
- de signaler les types physiologiques correspondants.

Toutes ces informations sont compilées sur des cartes qui servent de documents de base lors des travaux de terrain. Ceux-ci ont pour but de valider ou de corriger l'interprétation préliminaire et d'échantillonner les dépôts pour l'établissement de profils pédologiques.

En dépit de l'hétérogénéité apparente de la stratigraphie des dépôts, on parvient à dresser des profils pédologiques qui illustrent de façon simple et précise cette stratigraphie. Les résultats cartographiques sont présentés à des échelles régionales (1:50 000) et de détail (1:20 000) dans le cas des cibles dégagées ou encore pour les régions dont les dépôts sont susceptibles d'être exploités à moyen terme. Dans tous les cas, ces résultats peuvent être utilisés facilement lors de travaux de cartographie plus détaillés, ou même encore lors de travaux de mise en valeur.

TRAVAUX DE CARTOGRAPHIE RÉGIONALE (1:50 000 ET 1:100 000)

Ces travaux ont pour but d'améliorer nos connaissances globales du territoire québécois, ce qui demeure un de nos principaux mandats. Ils sont effectués à l'aide d'une méthode d'inventaire basée sur l'utilisation de la télédétection.

L'utilisation des photos aériennes panchromatiques donne des résultats d'inventaire fort satisfaisants. Toutefois, le Québec possède d'immenses superficies de tourbières, soit environ 11 millions d'hectares dont 10 millions sont situés au nord du 51^e parallèle. La photo-interprétation classique implique alors un nombre important de documents à manipuler, de même que des difficultés de transfert de l'information sur une base reproductible. Jusqu'à maintenant,

seulement 260 000 hectares de tourbières ont été inventoriés, la plupart dans le Québec méridional.

La cartographie des vastes complexes tourbeux du Québec septentrional nous a donc amenés à mettre au point une méthode d'inventaire basée sur l'utilisation de la télédétection.

Références

- ANREP, A., 1914 — Investigation of the peat bogs and peat industry of Canada, 1911-1912. Services des mines, Ottawa ; bulletin N° 9, publication N° 266.
- BEAUBIEN, J., 1984 — Une méthode de rehaussement d'images Landsat pour la classification du couvert végétal. *IN* K.P.B. Thomson et F. Bonn (éditeurs), VII^e symposium canadien de télédétection et IV^e congrès de l'Association québécoise de télédétection, Montréal ; pages 685-696.
- BUTEAU, P., 1989 — Atlas des tourbières du Québec méridional. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec ; DV 89-02, 304 pages, 110 cartes couleurs (1:250 000).
- BUTEAU, P. — AUDET, H., 1985 — Mise au point d'un programme d'inventaire des dépôts de tourbe. *IN* M. Bernier, G.L. Lessard et P. Gagnon (éditeurs). Télédétection et gestion des ressources, l'aspect opérationnel. Actes du Ve congrès de l'Association québécoise de télédétection, Chicoutimi ; pages 205-210.
- CHÂTEAUVERT, J.-Y. — AVRAMTCHEV, L., 1980 — Inventaire des tourbières au 1er janvier 1979. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec ; DPV-718.
- GIRARD, H., 1947 — La tourbe dans Québec, son origine, sa répartition et son emploi. Ministère des Mines de la province de Québec, Service des gîtes minéraux ; RG-31.
- PALA, S., 1985 — Trial application of a digital Landsat-based peat inventory method in Québec. *IN* M. Bernier, G.L. Lessard et P. Gagnon (éditeurs). Télédétection et gestion des ressources, l'aspect opérationnel. Actes du Ve congrès de l'Association québécoise de télédétection, Chicoutimi ; pages 261-274.
- RISI, J. — BRUNETTE, C.-E. — SPENCE, D. — GIRARD, H., 1950 — Étude chimique des tourbes du Québec. Ministère des Mines, Québec ; RP-234.

Contexte structural de la région de Thurso – Papineauville

Hugues Dupuy⁽¹⁾ et Kamal N.M. Sharma⁽²⁾

Introduction

En 1987, le Ministère de l'Énergie et des Ressources a entrepris dans l'Outaouais un projet de cartographie systématique, à l'échelle de 1:50 000, qui débuta par la région de Buckingham (Hébert, 1987) pour se poursuivre vers l'est dans la région de Thurso – Papineauville et de Montebello – Pointe-au-Chêne (Dupuy et Sharma, 1988 et 1989). La connaissance géologique de ces régions remonte au début du siècle grâce aux travaux de Logan, Ells, Adams et Wilson dans les années 1902 et 1920. Le projet vise à définir les principaux traits lithostratigraphiques, métamorphiques, tectoniques ainsi que le potentiel économique de la région.

Géologie générale

La majorité des roches supracrustales de la région – marbre, quartzite, paragneiss alumineux, migmatite, roches calcosilicatées et amphibolite – appartiennent au Supergroupe de Grenville d'âge paléohélikien et font partie du bassin de Mont-Laurier de la zone centrale métasédimentaire de la province de Grenville. Elles sont recoupées par des intrusions syn- à tarditectoniques de granite, pegmatite, syénite et mangérite d'âge néohélikien, ainsi que par des masses gabbroïques et des dykes de diabase d'âge hadrymien ou cambrien. Plusieurs bandes de gneiss tonalitiques d'épaisseur et d'extension kilométriques sont également cartographiées. Nous pensons qu'elles font partie du socle dans la province de Grenville. Dans l'extrémité méridionale de la région on note la présence de grès et de conglomérat de la Formation de Covey Hill, de grès de la Formation de Cairnside du Groupe de Postdam (Cambrien) et de dolomie de la Formation de Thérèse du Groupe de Beekmantown (Ordovicien inférieur).

Gneiss tonalitique

La majorité des roches dans les bandes de gneiss tonalitique sont de composition tonalitique, bien que localement on retrouve des phases dioritiques, méladioritiques, amphibolitiques, et même granitiques. Toutes ces phases sont transposées parallèlement à la foliation dans la tonalite, laquelle est parallèle au grain tectonique régional de direction NNE à NE. Partout ces roches montrent des signes d'une mylonitisation intense responsable du développement d'un litage mylonitique bien développé. On note fréquemment l'injection de veines et de veinules de quartz et de

pegmatite parallèlement à ce litage. La foliation et le litage mylonitique ont été affectés par des crénulations et des ECCs. Les contacts entre la tonalite et les métasédiments du Supergroupe de Grenville sont francs et d'origine tectonique.

Supergroupe de Grenville

Nous avons reconnu plusieurs unités lithologiques à l'intérieur du Supergroupe de Grenville.

Les amphibolites affleurent principalement dans la région de Thurso où elles se présentent sous forme de bandes intercalées dans les quartzites et les paragneiss.

Les marbres de la région sont fortement déformés et possèdent un beau litage tectonique. On y trouve toujours des niveaux étirés et boudinés de paragneiss, de quartzite, de roches calcosilicatées, de granite-pegmatite et d'amphibolites. La présence de ces niveaux dans les marbres s'avère très utile pour visualiser diverses phases de déformation et leur relation entre elles.

Le quartzite se trouve en lits ou en horizons d'épaisseur variable intercalés avec tous les autres types de roches du Supergroupe de Grenville.

L'unité de paragneiss regroupe tous les gneiss quartzofeldspatiques alumineux contenant de la biotite, du grenat, de la sillimanite et de la hornblende en diverses proportions. Tous ces gneiss peuvent contenir un peu de graphite. À certains endroits on note une alternance de minces bandes de quartzite et de gneiss à biotite-grenat-sillimanite. Ces roches peuvent représenter l'équivalent métamorphique d'anciennes turbidites.

Tectonique et métamorphisme

Les roches du Supergroupe de Grenville, de même que les tonalites et l'association granite-pegmatite ont subi une déformation et un métamorphisme intense lors de l'événement dit «grenvillien». Le métamorphisme varie du faciès supérieur de l'amphibolite au faciès granulite. De telles conditions de métamorphisme ont engendré la fusion partielle de paragneiss et le développement de migmatite comme en témoigne la présence de mobilisats dont au moins trois générations ont été reconnues.

Toutes ces roches ont également subi trois phases majeures de déformation pendant l'événement grenvillien, les

(1) Université d'Ottawa

(2) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec

deux premières ayant été les plus intenses. La première phase de déformation a développé une foliation et un litage tectonique de direction NNE à NE, des plis isoclinaux, des plis en fourreaux, des zones de cisaillement et des mylonites dans les marbres, tonalites et pegmatites. Les cisaillements dans les marbres témoignent d'une déformation extrêmement intense, et est démontrée par de forts étirements, du boudinage, ainsi que par des charnières de plis déracinées de leurs flancs. Les linéations d'étirement et divers indicateurs cinématiques dans les structures résultant de la première phase de déformation témoignent d'un transport tectonique important du SE vers le NW.

La deuxième phase de déformation a repris les anciennes structures et développé des plis mésoscopiques à mégascopiques, moyennement ouverts à serrés, à plan axial orienté NNE à NE, à vergence vers le NW et avec des axes de plis subhorizontaux à faible plongement. À certains endroits une schistosité de plan axial leur est associée.

La troisième phase de déformation n'est responsable que d'ondulations mineures dans d'anciennes structures.

Les résultats de la photo-interprétation effectuée par Josée Lévesque permet une meilleure compréhension de la géologie et des structures de la région. Plusieurs des linéaments importants correspondent à des zones de cisaillement, constituées de marbres et de paragneiss fortement déformés, alternant avec des bandes de gneiss tonalitique, formant ainsi une série d'écailles. Plusieurs failles cassantes sont également repérées. Certaines, qui correspondent au système de failles du graben d'Ottawa-Bonnechère, marquent la limite entre les roches précambriennes du Grenville et les roches paléozoïques des terres basses de la rivière des Outaouais.

Minéralisations

La région de Buckingham a été la plus importante productrice de feldspath de 1895 à 1971. La région cartographiée a également produit du graphite, du mica et de l'apatite. Le contexte géologique de la région demeure très

favorable pour le graphite, de même que pour le feldspath et les autres minéraux industriels. La découverte d'importantes zones de cisaillement et de mylonitisation dans la région ouvre des possibilités d'exploration pour les minéralisations aurifères. La présence d'énormes quantités de marbre mérite l'exploration pour les minéralisations zincifères telles que reconnues par Michel Gauthier (MM 82-03) dans les roches semblables de la région de Maniwaki - Gracefield.

Certains horizons de paragneiss contenant de la sillimanite semblent correspondre à des zones de cisaillement. Dans ces zones les gneiss possèdent une altération rouillée due à des sulfures finement disséminés. Ces horizons peuvent se montrer importants pour les minéralisations aurifères. Le quartzite à pyrite disséminée du lac de la Mine d'Or ainsi que les amphibolites qui lui sont associées peuvent aussi présenter des minéralisations aurifères. On note à plusieurs endroits des disséminations et des amas de pyrite, chalcopryrite et de malachite dans la tonalite mylonitisée. Plusieurs zones dans les paragneiss contiennent des disséminations de pyrite et de pyrrhotine avec un peu de chalcopryrite.

Les amas de pegmatite de la région représentent des sources potentielles pour le feldspath. Certains horizons de marbres et de paragneiss contiennent des proportions élevées de graphite. Les roches calcosilicatées et les skarns méritent une attention particulière pour les minéraux industriels.

La dolomie du Beekmantown a été exploitée comme source de gravier pour la construction de routes. Les grès de la presqu'île d'Aroussen ont déjà fait l'objet d'une exploitation lors de la construction de l'église et du presbytère de Montebello, d'un presbytère à Papineauville et de plusieurs autres édifices des environs; ses réserves sont importantes. De plus, les travaux de construction dans la ville de Thurso mettaient récemment à jour un niveau de sulfure massif contenant de la pyrite, de la chalcopryrite et de la sphalérite dans des dolomies de la Formation de Thérèse du Groupe de Beekmantown.

Étude géologique et métallogénique de la région du lac Opocopa, au sud de Fermont

Aphrodite Indarès⁽¹⁾ et Leslie Kish⁽²⁾

Nos travaux de terrain effectués durant les étés 1988 et 1989 s'inscrivent dans le cadre d'un projet de cartographie et d'évaluation du potentiel économique d'une superficie de 200 km², localisée au sud de Fermont et à l'ouest du lac Opocopa, en portant l'accent sur les roches mafiques et ultramafiques. Ce territoire se situe entre les longitudes 66°10' et 67°00' et les latitudes 52°00' et 52°45'. Il a déjà fait l'objet d'une carte de reconnaissance au 1:125 000 par Jackson (1974) et sa partie NW a été cartographiée au 1:63 360 par Clarke (1967) et Murphy (1960).

La région du lac Opocopa fait partie de la Zone parautochtone de la province de Grenville et se situe entre le front de Grenville et le terrain tectonique allochtone du lac Joseph (Rivers *et al.*, 1989). Nos travaux de terrain ainsi que l'interprétation des travaux antérieurs nous amènent à distinguer dans cette région un secteur oriental et un secteur occidental à caractères lithologiques différents. Ces secteurs sont séparés par un linéament qui est emprunté par la rivière aux Pécans et la partie nord de la rivière Moisie (linéament Pécans-Moisie).

Le secteur oriental est constitué principalement de gneiss quartzofeldspathiques, de gneiss granitiques, de granites foliés et de filons-couches de gabbro leucocrate à mésocrate et de diorite. Des gneiss mafiques à hornblende-grenat-clinopyroxène ainsi que des filons-couches ultramafiques affleurent localement. Les gabbros, les diorites et les roches ultramafiques ont été interprétés par Jackson (1974) comme faisant partie de la suite intrusive de Shabogamo, définie plus au nord par Fahrig (1967).

Les gabbros leucocrates et mésocrates affleurent en filons-couches longs de plusieurs kilomètres et épais de plusieurs centaines de mètres. Ils sont constitués principalement de plagioclase et de clinopyroxène, avec de l'orthopyroxène, de l'olivine, du grenat, de la biotite et un peu de hornblende. Ces intrusions sont massives dans leur centre où les textures ignées sont bien conservées. La texture dominante est porphyrique et ophitique, les porphyres de clinopyroxène et les lattes de plagioclase étant localement centimétriques. De plus, des couronnes de hornblende-plagioclase-grenat séparent les pyroxènes et les plagioclases et indiquent une histoire complexe de refroidissement et de métamorphisme. Les bordures des intrusions sont cisailées et montrent une diminution du grain de la roche et une lamination cataclastique prononcée. Les gabbros

passent localement à des amphibolites à grenat-hornblende-clinopyroxène. Les filons-couches de gabbro sont intercalés dans les gneiss granitiques qui caractérisent le secteur oriental. Cependant, le métamorphisme et la déformation masquent les caractères primaires des contacts intrusifs. En plusieurs endroits, la transition entre les gneiss granitiques et les gabbros est marquée par la migmatitisation progressive des gneiss et par la présence d'enclaves centimétriques à métriques de gabbro dans la migmatite.

Les roches ultramafiques sont des clinopyroxénites massives, localement à olivine, à orthopyroxène, à hornblende et à grenat, qui affleurent en filons-couches épais de quelques dizaines de mètres, limités par des niveaux d'amphibolite rubanée à grenat. Ces amphibolites sont en majeure partie des métagabbros mésocrates à mélanocrates, cisailés et recristallisés, qui ne semblent pas être en relation avec les gabbros ophitiques et coronitiques de type Shabogamo. On peut suivre les filons-couches ultramafiques sur des distances de quelques dizaines à quelques centaines de mètres. Lorsque leurs bordures longitudinales sont visibles, les roches ultramafiques et les amphibolites associées apparaissent sous forme d'enclave tectonique dans les gneiss. À partir des observations de terrain, il semble que les relations des filons-couches ultramafiques avec leur encaissant sont principalement contrôlées par la déformation qui, avec le métamorphisme, masque les caractères intrusifs primaires.

Le secteur occidental est constitué de roches (gneiss quartzofeldspathiques plus ou moins migmatitiques, marbres, roches calcosilicatées, formations de fer, paragneiss alumineux à disthène) qui sont les équivalents métamorphiques de sédiments matures et de précipités chimiques ; il est aussi constitué de schistes mafiques à hornblende et grenat (laves?), d'amphibolites massives à grenat (gabbros?) et de quelques filons-couches ultramafiques. Ces lithologies se trouvent dans le prolongement de la Fosse du Labrador, province de Grenville, et sont corrélées avec le Groupe de Gagnon. Elles sont déjà décrites par Clarke (1967). De plus, dans une localité affleure un gabbro leucocrate porphyrique, de type Shabogamo.

Dans les deux secteurs le métamorphisme a atteint les conditions du faciès amphibolite supérieur et le linéament Pécans-Moisie coïncide approximativement avec la disparition de la muscovite au SE. Les roches de la région sont intensesment déformées, les principaux plis ayant une

(1) Université de Montréal

(2) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec

direction N-S. Plusieurs zones de cisaillement, pour la plupart antérieures au pic du métamorphisme, ont été identifiées. La plus importante (plusieurs centaines de mètres de largeur) se trouve le long du linéament Pécans-Moisie et montre des structures «C/s», compatibles avec un mouvement senestre. Il semble donc que ce linéament corresponde à un accident tectonique majeur suivant lequel les gneiss granitiques (secteur oriental) chevauchent les métasédiments (secteur occidental).

Les caractères lithologiques ainsi que la position tectonique relative des deux secteurs permettent de corréler le secteur oriental avec le terrain tectonique de Gagnon, défini plus au nord par Rivers *et al.* (1989), et le secteur occidental avec le terrain tectonique du lac Molson, défini par Connelly *et al.* (1989).

Au point de vue économique, le secteur oriental montre des minéralisations sulfurées disséminées dans des roches ultramafiques et des amphibolites à grenat associées, dans des gabbros mésocrates et mélanocrates, et dans des gneiss localisés juste à l'est de la rivière Moisie. Des sulfures disséminés (pyrite, chalcopryrite, pyrrhotine, pentlandite) ont aussi été observés dans six filons-couches ultramafiques. L'indice le plus important est localisé à l'extrémité sud de la région. Dans tous les sites, la densité des disséminations est irrégulière à l'échelle de l'affleurement et peut atteindre localement 5 % de la roche. Dans les amphibolites à grenat on a observé des lentilles à sulfures finement disséminés (pyrite, chalcopryrite, pyrrhotine), longues de quelques décimètres ou mètres, larges de quelques décimètres et marquées par des chapeaux de fer. On les a observées en quatre sites, associées avec des filons-couches ultramafiques stériles. Des minéralisations (pyrite, chalcopryrite) ainsi que des chapeaux de fer ont été observés sporadiquement dans une zone longue de dix kilomètres, le long de la partie nord de la rivière Moisie. Cette zone coïncide avec l'alignement de certains filons-couches ultramafiques.

Dans le secteur occidental les indices minéralisés les plus connus se trouvent aux alentours du lac Pegma (Clarke, 1967). Il s'agit de minéralisations sulfurées associées à un

filon-couche de péridotite (Cu, Ni) et à des paragneiss (Cu, Zn). Nos travaux dans ce secteur nous ont fait découvrir plusieurs nouveaux indices de sulfures disséminés (jusqu'à 10 %), associés à des paragneiss alumineux et des roches calcosilicatées (pyrite, chalcopryrite, sphalérite), ainsi qu'à des amphibolites à grenat (chalcopryrite, pyrite, pyrrhotine). Ces minéralisations sont souvent associées à des zones rouillées de plusieurs décimètres d'épaisseur et de longueur métrique que l'on retrouve ici et là sur des distances de plusieurs kilomètres parallèlement au grain structural. Finalement, plusieurs indices de graphite et de disthène ont été identifiés dans les paragneiss.

Références

- CLARKE, P.J., 1967 — Région des lacs Gras et Félix. Ministère des Richesses naturelles, Québec ; RG-129, 66 pages.
- CONNELLY, J. — VAN GOOL, J. — RIVERS, T., 1989 — Molson Lake Terrane, a new terrane in the Parautochthonous Belt of the Grenville Province in Southwestern Labrador. Association Géologique du Canada ; programme et résumés N° 14 ; page A23.
- FAHRING, W.F., 1967 — Shabogamo Lake map area, Newfoundland, Labrador and Quebec. Commission géologique du Canada ; Memoir 354, 23 pages.
- INDARÈS, A., 1988 — Région du lac Opocopa-partie sud. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec ; DV 88-03.
- JACKSON, G.G., 1974 — Opocopa Lake. Commission géologique du Canada ; carte 1417A.
- MURPHY, D.L., 1960 — Région des lacs Carheil et Le Gentilhomme. Ministère des Mines, Québec ; RP-412, 10 pages.
- RIVERS, T. — MARTIGNOLE, J. — GOWER, C.F. — DAVIDSON, A., 1989 — A new tectonic subdivision of the Grenville Province. *Tectonics*, volume 8 ; pages 63-84.

Le potentiel minéral de la Côte-Nord, découvrons-le

Thomas Clark et Pierre Marcoux⁽¹⁾

Ire partie: Exploration minérale

La province de Grenville ouvre grand ses portes à l'exploration minérale. Un renouveau d'intérêt pour le potentiel minier de ce vaste territoire se concrétise. Découvrons très brièvement ce potentiel minier.

GÎTES ET INDICES MINÉRALISÉS

La province de Grenville est et a été le site de plusieurs exploitations minérales. Citons les exploitations actuelles ou anciennes de zinc-plomb dans les régions de Balmat (New York) et de Franklin (New Jersey), ainsi qu'à Montauban, Calumet et Maniwaki (Québec). Mentionnons également la mine d'or à Montauban, en production depuis 1983, la mine Renzy (Québec), où l'on a produit du Cu-Ni au début des années 1970, et les mines d'uranium, maintenant fermées, de Bancroft (Ontario). On pense aussi aux mines de fer dans la région de Gagnon-Fermont-Wabush et aux mines de fer-titane à Havre-Saint-Pierre. La province de Grenville est également un territoire privilégié pour l'exploitation d'une vaste gamme de minéraux industriels, tels la pierre architecturale, la tourbe, le graphite, la silice, la dolomie et le mica.

Le secteur du Grenville qui nous intéresse est celui couvrant les Haute, Moyenne et Basse Côte-Nord. Ce territoire est déjà très important pour l'économie québécoise, puisque c'est la source de toute la production de fer et de fer-titane au Québec. Cependant, son potentiel va bien au-delà de l'exploitation de ces substances.

C'est par le biais de l'exploration et de l'acquisition de connaissances géologiques que l'on découvre le potentiel minéral d'un territoire. À titre d'exemple, la ville de Fermont a décidé, en 1986, d'investir directement dans l'exploration de son territoire. Avec l'aide financière du Gouvernement du Québec, la ville a engagé la Société d'exploration minière Mazarin, qui a rapidement découvert un gîte majeur de graphite et des indices importants de kyanite et de dolomie. Tout indique que le gîte de graphite du lac Knife, un des plus gros au monde et consistant en paillettes de haute qualité, pourra être mis en production en 1991. Fait à souligner, ce gîte contient des zones qui titrent environ 1 % de zinc, ce qui suggère un potentiel à évaluer pour les roches hôtes du gîte, soit les paragneiss de la Formation de Menihek. Ces roches couvrent une très grande superficie au sud et à l'ouest de Fermont. De plus, l'exploration récente ailleurs dans la partie est du Grenville a abouti à la découverte d'indices significatifs de Cu-Ni (Haut

Plateau de la Manicouagan, Manic 3, rivière Vachon) et de terres rares (rivière Costabelle).

CIBLES DE PROSPECTION

Afin d'alléger la tâche du prospecteur quant au choix du territoire à explorer, nous proposons des cibles de prospection offrant un bon potentiel pour des découvertes. La délimitation de ces cibles a été effectuée en considérant l'ensemble des facteurs suivants : la géologie, les indices minéralisés et gîtes et les anomalies géochimiques. Une cible est une aire dans laquelle un ou plusieurs de ces facteurs est important. Un ordre de priorité a été établi pour l'ensemble des cibles en attribuant à chacune une cote basée subjectivement sur la qualité de chacun des facteurs. En plus des facteurs énumérés, la cote tient compte également des infrastructures disponibles, de la facilité d'accès, etc.

Ainsi, le territoire de Caniapiscau renferme onze cibles, celui de la Haute Côte-Nord en possède neuf et celui de la Moyenne et Basse Côte-Nord en possède six. Chaque cible contient plusieurs types différents d'indices minéralisés. Pour être efficace, donc, la méthode de prospection doit tenir compte de cette diversité.

Pour citer l'exemple de la première cible dans le territoire de Caniapiscau, celle-ci se définit comme une aire de roches sédimentaires et ignées d'âge protérozoïque, au sud de Fermont, renfermant des indices de Zn, Cu, Ni, Co, Ag, graphite, kyanite, dolomie et silice. Elle contient aussi des anomalies géochimiques en Cu, Zn, Pb et Ba. L'accès, relativement facile, est assuré par la route entre Fermont et Baie-Comeau, les chemins de fer rattachant Fermont à Port-Cartier et à Sept-Iles, ainsi que l'aéroport à Wabush.

Dans le territoire de la Haute Côte-Nord, la cible de priorité 1 est située au NE de Tadoussac et consiste en gneiss et roches intrusives variées d'âges protérozoïque et archéen. Elle englobe des indices de Cu, Au, Ag, Zn, Pb, U et Th, ainsi que des dépôts de pierre architecturale, mica, graphite, ocre, feldspath et grenat. Elle est également associée à des anomalies géochimiques en Cu, Zn, Pb, Ni, Mo et U. Le secteur est relativement facile d'accès.

Sur la Moyenne et Basse Côte-Nord, la première cible visée se situe à l'est de Havre-Saint-Pierre. Les roches de fond consistent en plutons granitiques et paragneiss, tous deux d'âge protérozoïque. Le secteur englobe des indices minéralisés en Cu, U, terres rares et dolomie et est associé à des anomalies géochimiques en Au, W et Sb. L'accès y est facilité par la route côtière et le chemin de fer entre Havre-Saint-Pierre et le lac Tio.

(1) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec

Par analogie avec des lithologies à potentiel minier reconnu ailleurs dans le Grenville et dans la Fosse du Labrador au nord de Schefferville, la partie «Côte-Nord» du Grenville offre des cibles d'exploration propices à la recherche d'or, de Zn-Pb, de Cu-Zn et de Cu-Ni. Pour l'or et le Zn-Pb, l'exploration devrait porter sur les paragneiss pélimitiques d'âge protérozoïque moyen, similaires à ceux de Montauban ou ceux de la partie ouest du Grenville (Supergroupe de Grenville). Pour le Cu-Zn, l'exploration devrait être orientée vers les paragneiss pélimitiques d'âge protérozoïque inférieur, du type se trouvant près de Fermont. La présence d'un indice de Cu-Ni dans l'anorthosite de la rivière Pentecôte suggère une affinité avec l'indice de Cu-Ni de McNickel dans l'anorthosite du lac Saint-Jean. La très grande abondance des paragneiss protérozoïques et des anorthosites dans la partie est du Grenville laisse donc énormément de place à la prospection. Le potentiel pour les métaux des roches granitiques reste à découvrir.

2e partie : stratégie d'intervention du MER-Mines pour la Côte-Nord au cours des prochaines années

La Côte-Nord (région 09) est la première région minière du Québec quant à la valeur des expéditions, avec plus de 35 % du total de la province. Toutefois, le niveau d'exploration y est faible et compte pour à peine 1 % du total du Québec depuis plusieurs années.

Le manque de données géoscientifiques de base semble être une contrainte importante pour l'exploration minière sur la Côte-Nord. Dans le but d'améliorer l'effort d'exploration, la Direction de la recherche géologique du MER a élaboré un programme d'acquisition de connaissances géoscientifiques pour cette vaste région de 330 000 km², située en grande partie dans la province de Grenville.

ÉTAT DES CONNAISSANCES

Un examen de l'état de couverture du territoire permet une évaluation du niveau de connaissance que nous en avons et des besoins en travaux de toutes sortes.

La cartographie géologique de reconnaissance (échelle $\leq 1:250\ 000$) couvre la presque totalité du territoire : la partie nord cependant (30 % de la région), qui est comprise dans la province du Supérieur, n'a fait l'objet que d'un levé au 1:500 000. Environ 25 % du territoire a été couvert par des levés régionaux (1:50 000 ou 1 mille au pouce) et 5 % par des levés géologiques et études spécifiques.

Le MER a complété à l'été 1989 la couverture géochimique (fonds de lac) de l'ensemble du territoire. Toutefois, la région de Tadoussac à Sept-Iles n'est couverte que par un levé partiel, limité à quelques éléments, qui devra être complété par de nouveaux prélèvements.

Tout le territoire a été couvert par des levés aéromagnétiques régionaux (1:50 000). Des levés radiométriques ont été réalisés en différents secteurs le long de la côte. Enfin,

des levés électromagnétiques ont été effectués sur environ 5 % de la région.

PROGRAMMATION

Le niveau de connaissance géoscientifique de la Côte-Nord est très variable d'un secteur à l'autre. À l'intérieur de la programmation envisagée, les efforts seront consentis suivant six activités : levés de reconnaissance (1:100 000 à 1:500 000), levés régionaux (1:50 000), levés détaillés (1:10 000 à 1:20 000), études thématiques, synthèses et évaluation du potentiel minéral.

Une large part de notre intervention au cours des prochaines années sera consacrée à l'amélioration des connaissances du territoire, car il s'agit-là de la première lacune à combler. En 1989-1990, le MER-Mines a consacré 1,35 million \$ à l'acquisition de connaissances sur la Côte-Nord. Ainsi, environ 90 % des sommes investies devraient être destinées à la réalisation de levés de reconnaissance, régionaux ou détaillés, et 10 % à des études thématiques. Le choix des projets tient compte des secteurs cibles qui ont été identifiés, de l'intérêt manifesté par les compagnies minières, ainsi que des infrastructures disponibles et de la facilité d'accès.

Plus spécifiquement, le MER-Mines prévoit effectuer au cours des prochaines années les travaux suivants sur la Côte-Nord :

- Comme activités de reconnaissance, le Ministère rendra publics au cours de l'année 1990 les résultats du levé géochimique de la Basse Côte-Nord et prévoit compléter la géochimie des fonds de lac entre Tadoussac et Baie-Comeau. Ces activités représentent environ 10 % du budget de la programmation proposée.
- Nous prévoyons consacrer environ 35 % de notre budget pour des levés régionaux. Il s'agit surtout de levés géologiques à l'échelle de 1:50 000 destinés à définir des contextes favorables à l'exploration. Nous avons l'intention de poursuivre nos levés dans la région de Fermont près du «Front de Grenville» et dans le Supérieur au nord-ouest de la ville, ainsi que dans la région de Forestville – Baie-Comeau. De plus, nous nous proposons d'entreprendre de nouveaux programmes dans la région de Manic-3, dans la partie est du plateau de Manicouagan, dans le secteur du lac Magpie et, à moyen terme, dans la région de la rivière Petit Mécatina sur la Basse Côte-Nord.
- Les levés détaillés devraient représenter entre 40 et 50 % du budget de la programmation proposée. Cette activité comprend les levés géophysiques, géochimiques ou géologiques effectués à des échelles variant de 1:10 000 à 1:20 000 dans le but de mieux cerner les environnements favorables à des découvertes minérales et d'en préciser l'importance. L'étude métallogénique des roches mafiques et ultramafiques de la région de Fermont que nous avons amorcée en 1988 sera complétée au cours de l'année qui vient. Nous prévoyons poursuivre des levés géophysiques de type INPUT au sud-est de Fermont et

entreprendre de nouveaux levés sur le plateau de Manicouagan, dans la région de Baie-Comeau et de la rivière Magpie. Des levés de géochimie (sédiments de ruisseau et minéraux lourds) seront effectués dans les régions de Sept-Iles, Fermont et Havre-Saint-Pierre dans le but de mieux définir des zones anormales détectées par les levés de fonds de lac. Enfin, des levés géologiques détaillés sont envisagés dans la région de Gagnon (enclaves d'amphibolite), sur la bordure nord de l'anorthosite de Rivière-Pentecôte (minéraux industriels) et dans la région de Saint-Augustin (granitoïdes).

- Nous prévoyons effectuer des études spécifiques dans certains secteurs où le niveau de connaissance le permet. Nous avons l'intention de poursuivre ou d'entreprendre des études géologiques dans la région du plateau de Manicouagan (cuivre-nickel et oxydes), de Fermont (zinc), de Manic-3 (cuivre-nickel), de Natashquan (zircon et terres rares dans les sables), au nord de Baie-Johan-Beetz (métaux usuels) et sur l'île d'Anticosti (plomb-zinc). Environ 5 % du budget sera consacré à ces activités.

- Des travaux de compilation et d'inventaire et certaines synthèses sont envisagés à court terme. Nous entendons réaliser une compilation géologique de la région de la Basse Côte-Nord et de Fermont, compléter l'inventaire des tourbières de la Côte-Nord et entreprendre celui des granulats dans les secteurs de Sept-Iles et de Baie-Comeau. Enfin une synthèse portant sur les minéraux industriels de la Côte-Nord est envisagée. Ces activités représentent un peu plus de 3 % du budget de la programmation.

Une échéance d'environ cinq ans est prévue pour la réalisation de l'ensemble de ces travaux si le niveau d'investissement actuel du MER-Mines sur la Côte-Nord est conservé. La programmation envisagée pourra être modifiée en cours de route à la lumière des informations qui seront acquises. À la fin de cette période, il sera possible de faire une évaluation plus précise du potentiel minéral pour une partie appréciable du territoire.

Apport des différentes fractions granulométriques à la prospection dans la région de la Gatineau (Grenville)

Michel Jebrak⁽¹⁾, Jean Choinière⁽²⁾ et Claude Bellehumeur⁽¹⁾

Depuis 1987, un vaste programme régional d'exploration géochimique a été entrepris dans la province du Grenville par le ministère de l'Énergie et des Ressources. Il consiste en un double échantillonnage des minéraux lourds et des sédiments de ruisseau à la maille d'un échantillon tous les 10 km².

L'interprétation de ces résultats n'est pas toujours évidente : des programmes antérieurs avaient montré que de fortes anomalies ne semblaient pas correspondre à des concentrations primaires ; à l'inverse, certains districts connus ne semblaient pas pouvoir être retracés par la géochimie. Nous présentons ici les éléments préliminaires d'une étude visant à interpréter les résultats afin d'en valoriser l'information. La zone de la Gatineau au nord d'Ottawa ayant été choisie, 1661 échantillons y furent étudiés.

Le contexte géologique correspond à la limite occidentale du bassin de Mont-Laurier, avec les gneiss de la ceinture polycyclique allochtone au NW (Rivers *et al.*, 1989) et les formations supracrustales essentiellement carbonatées de Mont-Laurier, appartenant à la ceinture métasédimentaire centrale. Un magmatisme alcalin lui est associé (Corriveau et Gorton, 1989). Cette zone est connue pour son potentiel en métaux de base (Gauthier et Brown, 1986) et en terres rares.

Les anomalies ne montrent pas un déplacement glaciaire très important (inférieur à 5 km) à l'échelle considérée. Quatre aires géochimiques sont distinguées :

- au SE, près du graben d'Ottawa, une zone fortement marquée par des dépôts de la mer de Champlain, caractérisée par un fort contenu en baryum ;
- au centre, le bassin de Mont-Laurier, marqué par l'abondance de calcium, un fond moyen en zinc et plus élevé en terres rares ;
- au NW, la zone gneissique montrant des teneurs relativement plus élevées en sodium ;
- à la limite entre la zone gneissique et le bassin de Mont-Laurier, un ensemble de massifs à caractère alcalin, fortement enrichis en terres rares et strontium.

Un grand nombre de nouvelles anomalies en métaux de base (Cu, Pb, Zn), en métaux précieux (Au, Ag) et en terres rares sont mis en évidence. Plusieurs nouvelles zones aurifères apparaissent ainsi en limite du bassin de Mont-Laurier, et des anomalies intenses en terres rares à l'est du réservoir Baskatong et dans le secteur du lac David.

La comparaison entre les deux modes d'échantillonnage fait ressortir des teneurs moyennes plus élevées dans la fraction fine que dans la fraction lourde. La comparaison des contrastes montre que la fraction fine est plus significative pour les métaux de base et les éléments majeurs, tandis que la fraction lourde montre de bons contrastes pour l'or, le chrome, les terres rares et le strontium.

Il est parfois nécessaire de procéder à des calculs de rehaussement des teneurs (rapport fraction lourde/fraction fine, ou fraction chimique du signal) pour faire ressortir les anomalies en aval des zones d'indices connues. Il est également possible de calculer par régression de nouvelles données correspondant seulement à la fraction hydromorphique composée de colloïdes, de minéraux légers et de composés chimiques adsorbés sur des oxy-hydroxydes. Enfin, la prise en compte du poids relatif des différentes fractions permet de pondérer les anomalies.

On montre que le comportement des terres rares est directement associé à celui de l'apatite. Utilisant un diagramme ternaire P-La-Y, il est possible de distinguer les anomalies liées à la dissolution de l'apatite et au comportement résiduel des terres rares de celles correspondant à des oxydes associés au magmatisme alcalin.

Références

- CHOINIÈRE, J., 1988 — Géochimie des minéraux lourds, région de la Gatineau. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec ; MB 88-35.
- CORRIVEAU, L. - GORTON, M.P., 1989 — Proterozoic alkaline plutons, SW Grenville : a record of ultrapotassic magmas and tectonic setting. Geological Association of Canada / Mineral Association of Canada ; Programs with abstract, N° 13, page A26.
- GAUTHIER, M. - BROWN, A.-C., 1986 — Zinc and iron metallogeny in the Maniwaki-Gracefield District, Southwestern Québec. *Economic Geology* ; volume 81, pages 89-112.
- JEBRAK, M., 1989 — Étude comparée des minéraux lourds et des sédiments de ruisseau de la région de la Gatineau. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec ; en préparation.
- RIVERS, T. - MARTIGNOLE, J. - GOWER, C.F. - DAVIDSON, A., 1989 — New Tectonic Divisions of the Grenville Province, Southeast Canadian Shield. *Tectonics* ; volume 8, N° 1, pages 63-84.

(1) Université du Québec à Montréal

(2) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec

**Les éléments du groupe du platine (EGP)
dans l'environnement secondaire**



Identification de cibles d'exploration pour les éléments du groupe du platine à partir de leur distribution régionale dans les dépôts quaternaires de l'Estrie

Yvon Maurice⁽¹⁾

La Commission géologique du Canada effectue, depuis 1984, la cartographie systématique d'une quarantaine d'éléments à partir de l'analyse de concentrés de minéraux lourds alluvionnaires, récoltés au moyen d'une drague à sluice portative. Jusqu'à présent, plus de 1600 échantillons ont été cueillis sur près de 19 000 km². La répartition des minéraux lourds est contrôlée presque exclusivement par les processus glaciaires et tardi-glaciaires qui ont profondément affecté la région durant le Pléistocène.

Le chrome et trois métaux du groupe du platine (Pt, Pd et Ir) comptent parmi les éléments qui sont analysés de façon routinière. La distribution du chrome montre des traînées de dispersion, longues de plusieurs dizaines de kilomètres, orientées vers le sud-est à partir des masses de roches ultrabasiqes du complexe ophiolitique ordovicien. Cette direction correspond à la direction d'écoulement du glacier Lennoxville, le dernier à parcourir le sud du Québec à l'exclu-

sion des mouvements locaux reliés à la déglaciation. Ces derniers sont responsables d'une faible dispersion orientée vers le nord, surtout perceptible dans la partie est de la région échantillonnée.

On note une étroite relation entre le Pd et le Cr dans les différentes traînées, mais le rapport Pd/Cr varie appréciablement d'une traînée à l'autre. Cela pourrait aider à identifier les masses de roches ultrabasiqes les plus susceptibles de renfermer des concentrations économiques d'éléments du groupe du platine. Parmi les concentrations les plus intéressantes, on note une série de valeurs très élevées en Pd associées à une dispersion tardi-glaciaire vers le nord à partir du dyke de Pennington. D'autres valeurs anormales en Pd, Pt et Ir ont été détectées en aval glaciaire d'un amas de sulfures dans des skarns, situé du côté nord du granite de Saint-Sébastien.

(1) Commission géologique du Canada

Dispersion des EGP dans les sédiments de ruisseau à partir de la minéralisation ferro-chrome (platinifère) de la région de Coleraine

Marc Beaumier et Jean Choinière⁽¹⁾

Le ministère de l'Énergie et des Ressources effectue depuis une vingtaine d'années des campagnes d'inventaires géochimiques sur de vastes territoires afin d'y mettre à jour des indices de concentrations minérales. Avec les années, les développements technologiques ont fait passer la gamme d'éléments analysés de 5 (en 1965) à plus de 42 en 1989. Le platine, malgré son importance économique, ne fait toujours pas partie des éléments analysés de façon routinière. Les raisons sont : le coût élevé des méthodes d'analyses actuelles et la quantité importante de matériel qu'elles requièrent. De nouvelles techniques analytiques (Bergeron et Beaumier, en préparation) permettent maintenant d'éliminer ces inconvénients, laissant donc entrevoir la possibilité d'analyser le platine systématiquement sur tous les échantillons. Encore faut-il que le platine contenu dans la roche soit mobilisé dans l'environnement secondaire. C'est dans le but de le vérifier que nous avons entrepris la présente étude dans la région de Thetford Mines.

La région de Thetford Mines présente, dans la séquence de roches ophiolitiques, plus particulièrement dans les cumulats de dunite et de péridotite, diverses minéralisations chromifères. Les travaux de Gauthier et Trottier (1987) ont démontré que certaines de celles-ci étaient platinifères dont, entre autres, la minéralisation de Hall (référence : fiche de gîte # 21L/3-76).

Dans un premier temps, quatre échantillons de sédiments de ruisseau furent prélevés à intervalle de 150 m dans un petit affluent de la rivière Ashberham. Cet affluent d'une longueur approximative de 500 m trouve sa source à une centaine de mètres de la zone minéralisée de Hall. De plus, deux autres échantillons furent prélevés sur la rivière Ashberham, un en amont de l'embouchure de l'affluent et l'autre en aval.

Les échantillons ont été analysés par spectrométrie d'émission au plasma après avoir préconcentré 15 g de matériel par fusion. La limite de détection analytique était de 5 ppb. Les quatre échantillons prélevés dans l'affluent ont donné des teneurs, à partir de la source vers l'embouchure, de 36, 86, 145 et 142 ppb de Pt respectivement. L'échantillon prélevé sur la rivière Ashberham, en aval de l'affluent contenait 10 ppb de Pt, tandis que celui en amont indiquait une teneur à la limite de détection, soit 5 ppb.

Ces résultats indiquent qu'il y a une dispersion du Pt dans l'environnement secondaire à partir de la minéralisation de

Hall et que celle-ci peut être mesurée en aval dans le bassin de drainage. La teneur à la limite de détection, retrouvée dans la rivière Ashberham en amont de l'embouchure de l'affluent, indique bien qu'il s'agit d'une dispersion fluviale à partir du socle. La corrélation directe entre le Pt et le chrome, en tous points semblables à celle présentée par Trottier (1988) pour des échantillons de la minéralisation, suggère aussi que la dispersion est de nature détritique.

Dans un second temps, nous avons vérifié si ce signal anormalique pouvait être mesurable dans le cadre d'une campagne d'inventaire géochimique telle qu'effectuée par le MER. Environ 130 échantillons de sédiments de ruisseau prélevés antérieurement, à l'intérieur d'un quadrilatère de 117 km² immédiatement au sud de Thetford Mines (figure 1), furent sélectionnés pour être réanalysés pour le Pt par absorption atomique au four au graphite.

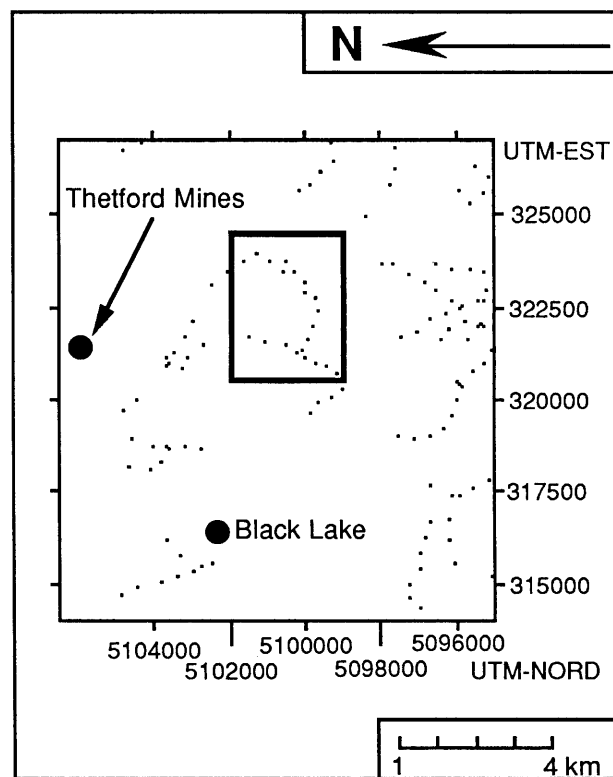


FIGURE 1 - Localisation des échantillons réanalysés pour le Pt. L'encadré représente le secteur agrandi à la figure 2.

(1) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec

Étude préliminaire de la dispersion du platine, du palladium et de l'or dans le milieu de surface à proximité de deux prospectes de cuivre, de nickel et de EGP, au Québec

Scot A. Wood et Dimitri Vlassopoulos⁽¹⁾

Les sols, les sédiments de lac, les eaux souterraines et les eaux de lac autour de deux indices de Cu-Ni-Pt-Pd, situés au Québec (lac Sheen et lac Long-lac Montauban) ont été échantillonnés et analysés afin de déterminer leurs teneurs en Pt, Pd et Au. Dans les deux régions, la teneur en Pd des eaux de lac varie de 0,1 à 0,3 µg/l et la plupart du Pd semble être en vraie solution. Cependant, la portion de particules suspendues est plus importante dans les eaux souterraines, le Pd total variant entre 0,25 et 17 µg/l. Dans toutes les eaux, les teneurs en Pt et en Au sont en dessous de la limite de détection 25 ng/l), bien que les teneurs en Pt soient parfois plus élevées, surtout dans les eaux souterraines. Le rapport Pt/Pd dans les échantillons d'affleurements ou d'erratiques cueillis au lac Sheen correspond, presque sans exception, à 1:1 ; cependant les sols sont très

enrichis en Pt par rapport au Pd, fait qui suggère que le Pd soit dissout préférentiellement. Cela est en accord avec les analyses d'eaux. Les teneurs en Pd des sédiments de lac sont toutes très faibles (moins de 3 ppb). Les teneurs de Pt sont généralement aussi faibles mais atteignent parfois des valeurs élevées (jusqu'à 200 ppb). Les teneurs en Au dans les sédiments de lac sont très variables, de moins de 1 ppb à 213 ppb, mais les valeurs élevées sont plus fréquentes que dans les cas du Pt. Les résultats de l'étude appuient l'idée que les platinoïdes soient transportables dans les milieux de surface, le Pd étant transporté préférentiellement en solution. D'ailleurs, l'échantillonnage des eaux de lac pourrait être efficace soit comme une alternative soit comme un complément à l'échantillonnage des sédiments de lac pour l'exploration de reconnaissance.

(1) Université McGill, IREM

Utilisation d'arbres et d'arbustes dans la détermination des emplacements de minéralisations de platine sous les forêts canadiennes

Colin E. Dunn⁽¹⁾

Les forêts qui recouvrent de grandes parties du Bouclier canadien peuvent faciliter la tâche du prospecteur à la recherche de minéraux. En effet, les plantes absorbent par leurs racines les éléments qui se trouvent dans les sols, les tills, les roches et les eaux souterraines et envoient ces éléments à des tissus particuliers. En général, bon nombre de métaux lourds, dont le platine, se retrouvent en plus forte concentration dans les extrémités des arbres, c'est-à-dire le bout des rameaux et l'écorce externe. Ce phénomène se produit vraisemblablement parce que la plante n'a pas besoin de ces éléments, qui sont donc fixés à des endroits où ils ne nuiront pas à la croissance. Cette situation est tout à l'avantage du prospecteur puisque les extrémités des plantes sont les parties les plus faciles à prélever.

Jusqu'à tout dernièrement, les prospecteurs ne disposaient généralement que de deux méthodes analytiques pour déterminer les très faibles concentrations de Pt et de Pd que referme la cendre des plantes, soit l'essai pyrognostique combiné à la spectrométrie avec plasma à courant continu et l'activation neutronique suivant le prélèvement fort coûteux de platinoïdes par essai pyrognostique au NiS. On doit cependant avoir au moins 10 g de cendre pour pouvoir utiliser ces méthodes : cela sous-entend qu'il faut recueillir des échantillons très volumineux et pour cette raison, ces méthodes ne sont pas utiles à des fins d'exploration. Toutefois, grâce à une nouvelle technique analytique mise au point à la Commission géologique du Canada, il est possible de mesurer des concentrations de Pt, Pd et Rh de l'ordre de quelques ppb à partir de seulement 1 g de cendre. La nouvelle technique fait d'abord appel à une méthode de coprecipitation du tellure ; les échantillons sont ensuite analysés par spectrométrie avec plasma induit par haute fréquence et spectrométrie de masses (PIHF-SM). Il est maintenant possible d'avoir accès dans le commerce à une méthode d'essai pyrognostique et de PIHF-SM dont la sensibilité est semblable. Ainsi, les méthodes biogéochimiques sont devenues un outil d'exploration simple et rentable qu'il convient d'ajouter à la liste des techniques qui peuvent aider les prospecteurs à découvrir des minéralisations de platinoïdes bien cachées.

Des échantillons de végétation recueillis en Saskatchewan à proximité d'un gisement d'arséniure et de sulfure de cuivre et de nickel platinifère, abandonné il y a plus de 20 ans, ont été analysés afin de déterminer les concentrations relatives de platinoïdes dans différentes parties de

plantes. Le tableau ci-après donne la concentration de quatre platinoïdes dans la cendre de tissus d'épinette noire (*Picea mariana*), de bouleau (*Betula papyrifera*), d'aulne crispé (*Alnus crispa*), de saule (*Salix discolor*), de thé du Labrador (*Ledum groenlandicum*) et d'une espèce de foin des marais. Il est manifeste que des platinoïdes ont été libérés par une altération chimique des hôtes sulfurés ; c'est ainsi qu'ils ont pu être absorbés par la plupart des espèces étudiées. Les rameaux et l'écorce externe de l'épinette noire sont de loin les tissus les plus sensibles à la présence de platinoïdes car c'est là que l'on retrouve des concentrations relativement élevées des quatre platinoïdes analysés.

Concentrations de différents platinoïdes dans la cendre d'espèces végétales courantes qui poussent près d'un gisement abandonné d'arséniure et de sulfure de cuivre et de nickel platinifère

Tissus échantillonnés	Pt (ppb)	Pd (ppb)	Rh (ppb)	Ir* (ppb)
Rameaux d'épinette noire	800	1 443	72	62
Écorce externe d'épinette noire	1 187	1 662	57	54
Écorce interne d'épinette noire	126	212	6	< 3
Aiguilles d'épinette noire	83	244	6	< 4
Bois d'épinette noire (tronc)	89	70	< 2	< 3
Rameaux de bouleau	125	306	11	< 5
Feuilles de bouleau	87	326	10	< 4
Bois de bouleau (tronc)	10	45	< 2	< 5
Rameaux d'aulne	62	170	13	< 5
Feuilles d'aulne	35	158	3	< 5
Rameaux de saule	16	74	< 2	< 4
Rameaux de thé du Labrador	166	368	14	15
Feuilles de thé du Labrador	279	499	28	15
Foin de marais	18	30	2	< 7
Concentrations de fond**	< 5	< 2	< 2	< 2

* Analyse instrumentale par activation neutronique

** Concentrations habituelles dans les espèces courantes des forêts nordiques

Une étude des platinoïdes présents dans des plantes cueillies à proximité de chromitites platinifères du complexe de Tulameen, en Colombie-Britannique, n'a révélé qu'un léger enrichissement (quelques ppb) dans les cendres des tissus végétaux. De toute évidence, les platinoïdes sont emprisonnés dans le réseau cristallin serré des chromitites et ne sont pas facilement relâchés dans l'environnement secondaire. Par conséquent, les racines des plantes n'ont pas accès à ces éléments. Il est douteux que les méthodes biogéochimiques puissent aider à déterminer l'emplacement de ce genre de minéralisation, bien que l'on puisse déceler un enrichissement d'autres éléments généralement associés aux platinoïdes (Ni, Co et Se, par exemple).

(1) Commission géologique du Canada

Utilisation des sédiments de ruisseau pour l'exploration géochimique des éléments du groupe du platine : problématique et techniques analytiques

Mario Bergeron⁽¹⁾ et Marc Beaumier⁽²⁾

Une recherche géologique efficace de gîtes riches en éléments du groupe du platine (EGP : Ir, Os, Pd, Pt, Rh, Ru) implique l'utilisation de tous les outils géochimiques et géophysiques mis à la disposition des géologues. Parmi ceux-ci, les campagnes d'exploration géochimique utilisant les sédiments de ruisseau sont appelées à jouer un rôle important dans la localisation de cibles riches en EGP, particulièrement dans les régions où la présence d'une couverture quaternaire ne permet pas un échantillonnage exhaustif de la roche. Ces campagnes, dans le cas des EGP, sont encore au stade expérimental étant donné les problèmes analytiques découlant de la détermination de ces éléments dans des échantillons de sédiments de ruisseau. En effet, l'analyse de ce type de matériau doit respecter trois critères bien précis.

- 1° La méthode analytique choisie doit être sensible, afin d'assurer d'excellentes limites de détection (de l'ordre du ppt ; ng/kg).
- 2° La teneur mesurée par l'analyste doit être représentative de celle réellement présente sur le terrain dans les prises de quelques grammes habituellement fournis au laboratoire (ces prises relativement modestes découlent de la préparation des échantillons de sédiments de ruisseau : après tamisage de l'échantillon, seulement quelques grammes de matériel ($> 177\mu$) sont alors disponibles pour analyse).
- 3° Le coût analytique doit permettre l'analyse de milliers d'échantillons à des taux compétitifs.

Afin de développer une technique analytique répondant à ces trois critères, nous avons suivi une démarche en deux parties. Dans la première partie une étude de représentativité a été réalisée sur un échantillon de sédiments de ruisseau provenant d'un gîte Cr-EPG-Ni (Coleraine, région de Thetford Mines). Nos résultats démontrent que, pour ce type de gîte, l'analyse de 5 grammes de sédiments de ruisseau assure pour le Pt et l'Ir des résultats analytiques similaires (moyennes et écarts-types) à ceux découlant de l'analyse de 50 g, soit une représentativité adéquate. Il nous a été impossible de juger de la représentativité des prises de 5 g en regard des déterminations du Pd, Rh, Ru, ces éléments se trouvant sous ou près des seuils de détection. Dans la deuxième partie, présentement en cours, nous travaillons à la mise au point d'une méthode analytique pour les EGP, basée sur une attaque acide de l'échantillon (*aqua regia*) suivie de la séparation des EGP de la matrice minérale acide par des résines échangeuses d'ions (SuperligTM). Après désorption sélective des EGP, les solutions seront analysées par absorption atomique au four au graphite (AA-FG). Cette technique assure potentiellement des limites de détection de l'ordre du ppt pour tous les EGP tout en conservant les coûts analytiques à un niveau raisonnable. Des modifications mineures à la méthode permettront son adaptation à des déterminations par spectroscopie de masse au plasma (ICP-MS).

(1) INRS-Géoressources

(2) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec

Synthèse géoscientifique de la région de Chapais

Rémy Morin, Denis-Jacques Dion, Hélène Church⁽¹⁾ et Pierre Keating⁽²⁾

Le présent projet s'inscrit dans le cadre de la révision de la cartographie géologique du feuillet 32G/15 (Chapais). L'objectif principal de ce projet est d'intégrer les différentes lithologies au modèle stratigraphique régional et d'en arriver à une synthèse structurale. Plus des deux tiers de la superficie du feuillet ont fait l'objet de levés de terrain et de révision au cours des années 1988 et 1989. Les plutons d'Opémisca et de Chibougamau, qui occupent le reste de la région, n'ont fait l'objet que d'une vérification sommaire.

Le feuillet de Chapais présente une couverture géophysique régionale, parmi les plus systématiques au Québec. La région a été couverte par deux levés géophysiques aéroportés. Le premier, un levé aéromagnétique, a été effectué en 1949 et le second, un levé électromagnétique de type INPUT*, a été effectué en 1977. Les données de ce dernier levé ont été traitées afin de produire des cartes synthèses contours et couleurs, à l'échelle 1:50 000, des anomalies du champ magnétique total et du gradient magnétique vertical, en plus de la carte des anomalies électromagnétiques. Cette dernière carte nous permet de suivre les horizons conducteurs et ainsi de mieux localiser certains contacts géologiques. Un dernier traitement a été effectué sur les profils du champ magnétique total, il s'agit du calcul des profils magnétiques accentués. Les cartes du gradient magnétique vertical, des anomalies EM et des profils

magnétiques accentués sont parmi les outils géophysiques régionaux les plus performants pour prolonger les contacts géologiques dans les régions à recouvrement quaternaire.

Le levé gravimétrique, qui couvre également le feuillet voisin de Chibougamau et dont la densité d'échantillonnage est d'environ une station / 1,5 kilomètre carré, nous a permis d'interpréter les différentes lithologies selon l'axe de la profondeur. Ces données se prêtent bien au calcul des gradients gravimétriques vertical et horizontal. La carte de la dérivée verticale permet de mieux définir les anomalies de densité en mettant en relief celles de courte longueur d'onde et en supprimant celles de grande extension spatiale (régionale). Afin d'augmenter le degré de fiabilité des diverses interprétations (aussi bien magnétiques que gravimétriques) nous avons procédé à un échantillonnage des lithologies caractéristiques afin de mesurer la densité et la susceptibilité magnétique de ces formations. Au total, 190 échantillons ont été analysés, ce qui nous a permis, lors de l'interprétation quantitative des profils magnétiques et gravimétriques, de fixer la valeur de la densité et de la susceptibilité magnétique, en plus des contacts géologiques.

Tous ces travaux de synthèse et d'interprétation géophysique ainsi que les résultats de la cartographie géologique des deux dernières années nous conduisent à la synthèse géologique que nous présentons, sous forme schématique à la figure 1.

(1) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec

(2) Commission géologique du Canada

* Marque déposée de Barringer Research Ltée.

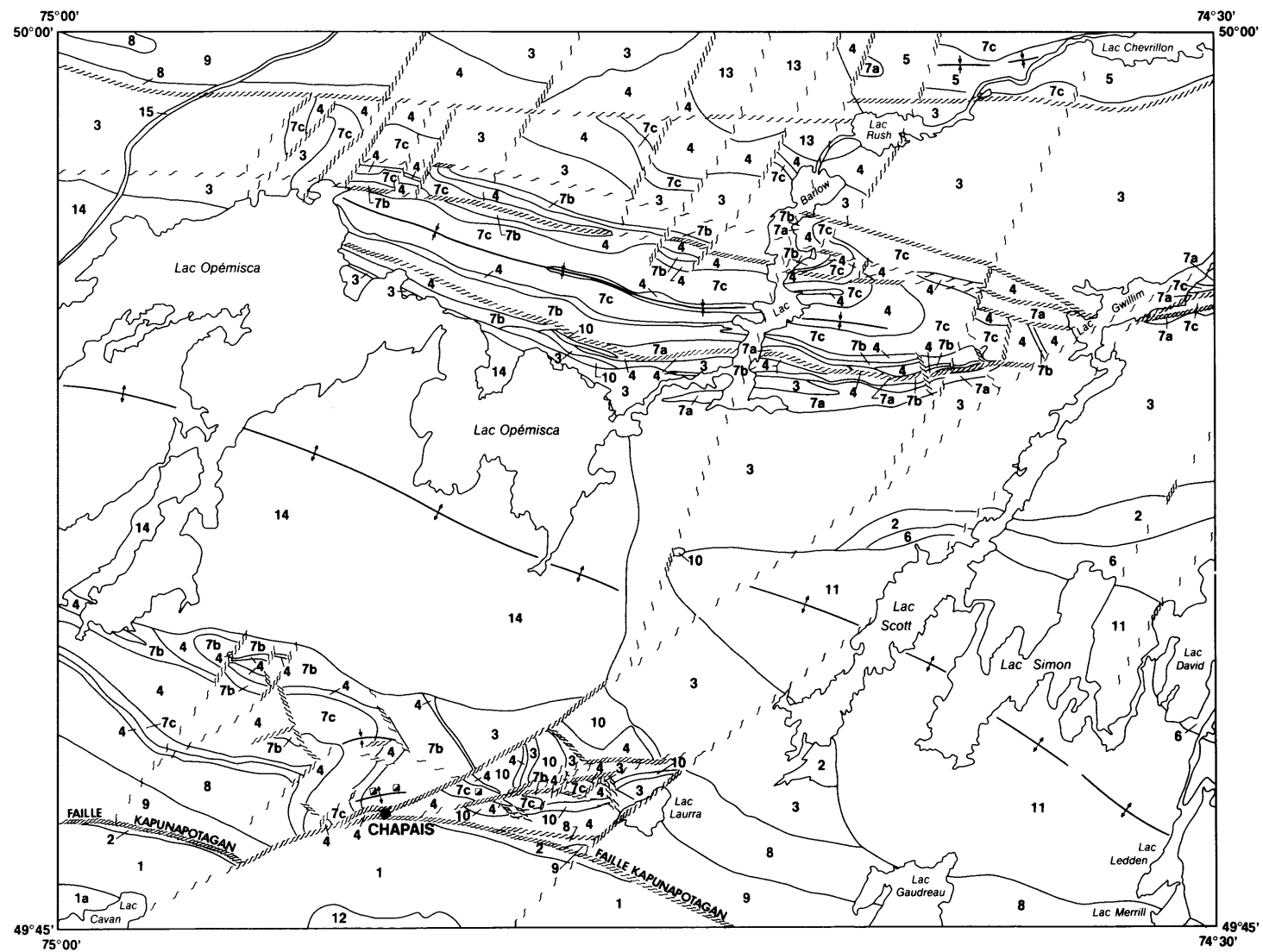


FIGURE 1 - Carte géologique simplifiée de la région de Chapais (1:200 000).

1 - Formation d'Obatogamau (lave mafique porphyrique) : 1a - Membre de Crissie (pyroclastite felsique) ; 2 - Formation de Waconichi (rhyolite et pyroclastite felsiques) ; 3 - Formation de Gilman (basalte, andésite et gabbro comagmatique) ; 4 - Formation de Blondeau (volcanoclastites intermédiaires à felsiques) ; 5 - Formation de Bordeleau (volcanoclastite felsique) ; 6 - Complexe du Lac Doré (granophyre, anorthosite et gabbro) ; 7 - Complexe de Cummings ; 7a - Filon-couche de Roberge (dunite, périclote et pyroxénite) ; 7b - Filon-couche de Ventures (pyroxénite et gabbro) ; 7c - Filon-couche de Bourbeau (pyroxénite et leucogabbro) ; 8 - Formation de Daubrée (grauwacke, argilite, siltstone) et de Stella (conglomérat, grès, argilite) ; 9 - Formation de Haüy (lave andésitique et sédiments) ; 10 - Intrusion du lac Springer (gabbro, leucogabbro et pyroxénite) ; 11 - Pluton de Chibougamau (tonalite et diorite) ; 12 - Pluton de Presqu'île (tonalite) ; 13 - Pluton tonalitique ; 14 - Pluton d'Opémisca (granodiorite) ; 15 - Dyke de diabase.

**Les métaux de base : nouvelles découvertes
et nouvelles idées**



Évaluation du potentiel en métaux de base de la région de Rouyn-Noranda (32D/6) : une nouvelle approche

Francis Chartrand, Pierre Verpaelst, Denis Racicot, Charles Roy et Alain Simard⁽¹⁾

Au cours de la dernière année, le ministère de l'Énergie et des Ressources (MER) s'est engagé résolument dans une nouvelle activité : l'évaluation du potentiel minéral du territoire. En effet, le Service géologique du Nord-Ouest (SGNO) a amorcé un important projet-pilote visant l'évaluation du potentiel en métaux usuels d'une partie du Nord-Ouest québécois.

Dans le cadre de cette activité, le MER compte fournir aux explorationnistes : (1) des cartes de cibles contenant les limites de zones à potentiel différent pour divers types de dépôts ; (2) des estimés quantitatifs fiables (probabilités) permettant de mieux évaluer les chances de découvertes. Les estimés quantitatifs s'appuieront sur les données relatives à la fréquence de dépôts, à leur tonnage et à leurs teneurs.

Le projet-pilote vise l'évaluation du potentiel pour les dépôts de sulfures massifs volcanogènes (métaux usuels) du secteur défini par le feuillet SNRC 32D/6. Dans le cadre de ce premier essai, les dépôts de sulfures massifs volcanogènes furent choisis pour les raisons suivantes :

- ils sont nombreux et importants dans le secteur choisi ;
- le modèle génétique général est bien établi ;
- ils sont la principale source de métaux usuels au Québec et les réserves sont basses.

Quant au secteur choisi, il le fut pour les raisons suivantes :

- il englobe, à l'est, la Série des Mines, laquelle contient les principaux dépôts de sulfures massifs volcanogènes de l'Abitibi québécois ;
- on y trouve la plus importante base de données géoscientifiques du Québec ;
- il inclut à l'ouest, une région dont le potentiel est mal connu.

Il est bien entendu que les résultats obtenus à l'ouest du secteur choisi ne pourront être crédibles que dans la mesure où le caractère exceptionnel de la Série des Mines, à l'est, pourra être reconnu.

La méthode choisie s'inspire, dans une certaine mesure, de celle utilisée dans les programmes d'évaluation des ressources américaines (USGS). Notre projet nécessite la participation de plusieurs géologues du MER, des instituts de recherche et de l'industrie : il comporte trois phases qui pourront se dérouler concurremment. Pierre Verpaelst est responsable de la première phase : la mise à jour de la base de données scientifiques se rapportant à 32D/6. Francis Chartrand est responsable de la seconde phase : la « régionalisation » du modèle gîtologique, soit (1) la compilation et la vérification de toute l'information géoscientifique se rapportant aux gîtes ; (2) la définition des caractères favorables qui peuvent être essentiels ou accessoires ; (3) la pondération des critères. Enfin la troisième phase, sous la responsabilité de Denis Racicot et Charles Roy, comporte l'élaboration d'un système expert capable de gîtologie prévisionnelle et d'évaluation quantitative.

L'implication du MER dans l'évaluation du potentiel minéral est issue du besoin d'exploiter davantage une base de données géoscientifiques importante. Nous croyons être ainsi en mesure de mieux soutenir l'industrie minière dans ses travaux d'exploration en lui fournissant un portrait fidèle du potentiel minéral du territoire lui facilitant de cette manière, l'élaboration de stratégies d'exploration et le choix des régions à explorer. Le MER, quant à lui, disposera d'un outil de planification sans pareil. En effet, l'évaluation d'un territoire lui permettra d'identifier les lacunes dans la base de données et les projets susceptibles d'augmenter les probabilités de découverte.

(1) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec

La nouvelle découverte de Ressources Aur à Val-d'Or : un important dépôt de sulfure massif dans un camp minier sous-estimé pour son potentiel en métaux de base

D.S. Bubar, J.W. Gill, G.N. Mannard et H.R. Stockford⁽¹⁾

Résumé

Un nouveau gisement de sulfures massifs en Cu-Zn a été découvert sur une propriété de Ressources Aur - Louvem. La minéralisation est près de la base de la Formation de Val-d'Or, qui est l'hôte d'importantes minéralisations en Cu-Zn d'où on a déjà extrait plus de 30 millions de tonnes de minerai.

La minéralisation en sulfures massifs est contenue dans une unité de roches pyroclastiques felsiques entourée de laves intermédiaires. Elle est sus-jacente à une zone étendue de chalcopryrite filonienne. Elle est entourée de laves intermédiaires. On n'y a pas découvert de structures qui pourraient modifier sa continuité. Selon le modèle génétique, il y aurait eu de l'activité hydrothermale ascendante ; il y a aussi des évidences d'une migration latérale de fluides hydrothermaux le long d'horizons perméables tels que ceux rencontrés à la mine Louvem.

La nouvelle découverte de Ressources Aur sur la propriété Louvem démontre sans équivoque le potentiel de la région de Val-d'Or pour des sulfures massifs ; plus spécifiquement pour la découverte de nouveaux gisements en Cu-Zn-Ag-Au. Cela souligne aussi le besoin d'explorer plus en profondeur les camps miniers québécois déjà établis.

* * *

AUR RESOURCES' COPPER-ZINC MASSIVE SULPHIDE DISCOVERY, VAL-D'OR, QUÉBEC : AN IMPORTANT NEW DEPOSIT IN A NEGLECTED MASSIVE SULPHIDE CAMP

A major new copper-zinc massive sulphide deposit was discovered in the Val-d'Or area in June of this year by Aur Resources on a property held jointly with La Société minière Louvem. Drill results released to August 23, 1989 indicate that the deposit is a large one, exceeding 18 million tons in size and containing a high grade core of at least 9 million tons grading 4.2% Cu, 4.9% Zn, 56.25 g/t Ag, 2.18 g/t Au. The deposit was found through a program of deep drilling to test the depth extension of the past-producing Louvem mine horizon. The main mass of the deposit seems to be centred below the 1500-foot level and is geophysically blind from surface. The deposit remains open in most directions and delineation drilling is continu-

ing in an effort to outline the extent of the massive sulphide zone.

The Louvem property is located approximately 15 miles past of Val-d'Or, Québec, in the northcentral part of Louvicourt Township. The new discovery is situated on the southwest part of the property, approximately one mile east of the shaft of the old Louvem mine. The new discovery lies along a newly-recognized mineralized exhalative horizon which parallels the past-producing Louvem mine horizon approximately 600 feet to the south, and is one of at least four known exhalative horizons on the southern part of the Louvem property. These all occur near the base of the Val-d'Or Formation near its contact with the underlying Malartic Groupe (Imreh, 1974). The Val-d'Or Formation, also known as the Central Pyroclastic Belt (Sharpe, 1968), consists of a mixed felsic pyroclastic sequence dominated by ash and lapilli tuffs but also containing coarse agglomerates and fine-grained cherty tuffs as well as intercalated dioritic sills and intermediate lava flows. The sequence has an overall east-west strike and is overturned, dipping steeply to the north. Regionally, the Louvem property covers the thickest accumulation of felsic volcanic rocks within the Central Pyroclastic Belt. The Val-d'Or Formation is locally strongly deformed within corridors of intense shearing oriented parallel with the Cadillac Break Tectonic Zone to the south.

The Central Pyroclastic Belt hosts numerous important occurrences of copper-zinc sulphide mineralization, including four past-producing mines: the East Sullivan, Golden Manitou, Dunraine and Louvem mines. These four mines collectively produced over 30 million tons of Cu-Zn massive sulphide ore, at an average grade of 1.02% Cu, 0.16% Pb, 2.45% Zn and 50.63 g/t Ag with the East Sullivan and Golden Manitou mines accounting for most of the production, producing 16 million and 12.2 million tons respectively. Ten more undeveloped deposits are also known in the Central Pyroclastic Belt which together represent an additional resource of approximately 5 000 000 tons. Surprisingly, despite these impressive figures, Val-d'Or has never been commonly regarded as an important massive sulphide camp and, with the exception of Aur Resources recent work, no significant exploration for base metals has been carried out in the Val-d'Or area since the closure of the Louvem mine in 1981.

(1) Ressources Aur Inc.

However, the announcement of the new discovery in June 1989 has definitely revived interest in the area with companies scrambling to acquire land with base metal potential.

The geology of the new discovery on the Louvem property is typical in many ways of classical Noranda or Kuroko-type volcanogenic massive sulphide deposits. The massive sulphide mineralization, which locally exceeds 300 feet in thickness, lies within a distinctive sub-unit of felsic ash and lapilli tuffs and finely laminated cherty tuffs now called the Aur Horizon. It is underlain by an extensive zone of stringer chalcopyrite mineralization accompanied by intense black chlorite alteration which grades outward into an envelope of strong sericite alteration. Chemically, the alteration is characterized by intense Na_2O - CaO depletion and MgO - K_2O enrichment and local aluminous alteration. The Louvem Horizon lies within the sericitic fringe approximately 600 feet stratigraphically below the Aur Horizon. It is characterized by narrow lenses of wispy pyrite-sphalerite mineralization underlain by a felsic agglomerate unit consisting of rhyolitic clasts in a chloritic matrix. The mineralized felsic pyroclastic sequence is enclosed by intermediate lava flows.

The footwall andesite flows are locally strongly sheared but the felsic pyroclastic rocks, sulphide zones and caprock flows exhibit moderate deformation characterized by a relatively weak schistosity. The zone dips at an average of 70° to the north and, to date, no major structural complexities that might disrupt the continuity of the mineralization, have been recognized. From a longitudinal projection of drill holes completed to date, a moderately-steep easterly plunge trend to the mineralized zone can be inferred which is consistent with the direction of regional structural extension, recognized in most gold deposits of the area (Robert, in press). This is similar to the observed orientation of the known sulphide zones in the Louvem Mine Horizon which are typically elongated in a 3:1 length to width ratio. Ongoing exploration work is focussing on tracing the easterly down-plunge extension of the deposit.

The present genetic model for the discovery area involves recurrent, intermittent hydrothermal activity propagating upwards through an actively-accumulating felsic volcanic edifice. There is also evidence for significant lateral migration of hydrothermal fluids along permeable horizons

such as the Louvem Horizon. The Aur Horizon, a thick sequence of fine, well-sorted volcanoclastic-epiclastic material and chemical sedimentation, represents the culmination of a volcanic cycle and a transition from a high to low energy depositional regime. Interestingly, the thickest accumulation of Cu-rich massive sulphides along the Aur Horizon appears to be due to proximal deposition on a paleotopographic high. Distal basinal facies are characterized by thick accumulations of pyritic oozes, muds and cherts and isolated Zn-rich lenses in significant paleotopographic depressions. The Aur Horizon is overlain by intermediate lavas which appear to have «capped» the hydrothermal system resulting in the preservation of the exhalative sequence and possibly also enhancing secondary enrichment of the massive sulphide zone.

Aur Resources' new discovery on the Louvem property demonstrates unequivocally that the Val-d'Or area is an important massive sulphide camp and proves that the area still has excellent exploration potential for discovery of new Cu-Zn-Ag-Au deposits. This discovery also demonstrates the need for deeper exploration in favourable areas as major deposits can exist below the limits of conventional geophysical search techniques. Systematic deep drilling utilizing borehole geophysical survey methods is required in all of Quebec's established base metal camps. In addition, deep exploration should make extensive use of litho-geochemical analyses in order to map hydrothermal alteration patterns. Lithostratigraphic mapping is also an important tool and the importance of paleotopographic highs as potential deposition sites of very large tonnage proximal massive sulphide deposits should not be overlooked.

References

- IMREH, L., - 1984 — Sillon de LaMotte-Vassan et son avant-pays méridional : synthèse volcanologique, lithostratigraphique et gîtologique. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec ; MM 82-04, 72 pages.
- ROBERT, F. (in press) — Internal structure of the Cadillac Tectonic Zone southeast of Val-d'Or, Abitibi Belt, Quebec. Canadian Journal of Earth Sciences.
- SHAPR, J.I., 1968 — Canton de Louvicourt. Ministère des Richesses naturelles, Québec ; RG-135.

Le gisement d'Isle-Dieu : géométrie du dépôt et caractérisation géochimique de la cheminée d'altération

Réal Tanguay⁽¹⁾, Mathieu Piché⁽¹⁾, Gaétan Lavallière^(1,3) Charles Beaudry⁽²⁾ et André Bonenfant⁽³⁾

Introduction

Le gîte Isle-Dieu, découvert en juin 1985, est en production officielle depuis janvier 1989. Ses réserves sont évaluées à 2.06 millions de tonnes avec des teneurs diluées de 17.9 % de zinc, 1.0 % de cuivre, 0.37 % de plomb, 71.87 g/t Ag et 0.375 g/t Au.

Le gisement est situé à 12 km au SW de la ville de Matagami, dans le Nord-Ouest québécois. Le gîte est situé sur le flanc sud de l'anticlinal de Galinée, à l'ouest des mines épuisées de Lac Mattagami et d'Orchan.

Cette étude est réalisée dans le cadre du projet Matagami de L'UQAC et résulte d'une coopération entre Explorations Noranda Ltée et Minéraux Noranda.

Géologie régionale

La stratigraphie des roches volcaniques du camp minier de Matagami est divisée en deux formations ; à la base, la Formation du Lac Watson, composée de lave felsique et, au sommet, la Formation de Wabasse, composées de lave mafique. L'intrusion gabbroïque litée de la rivière Bell recoupe la base de la séquence. Les roches sont métamorphosées au faciès des schistes verts et sont plissées en une large structure anticlinale d'orientation WNW appelée *anticlinal de Galinée*.

Les roches du flanc sud de l'anticlinal pendent à environ 50° vers le SW et sont peu déformées.

Géologie du gîte Isle-Dieu

Le gisement se situe au sommet de la Formation du Lac Watson, plus précisément, au niveau de la «Tuffite Clef», un horizon exhalatif sédimentaire siliceux et sulfuré d'une grande étendue latérale. Les deux lentilles de sulfures du dépôt ainsi que la «Tuffite Clef» sont recouvertes par le basalte de la Formation de Wabasse. Des dykes gabbroïques subconcordants recoupent la stratigraphie volcanique et, localement, un dyke tonalitique sépare en deux une lentille du gisement (figure 1).

La cheminée d'altération sous-jacente à la lentille de sulfures massifs recoupe verticalement la rhyolite porphyrique à quartz de la Formation du Lac Watson. Celle-ci est située immédiatement sous les sulfures massifs.

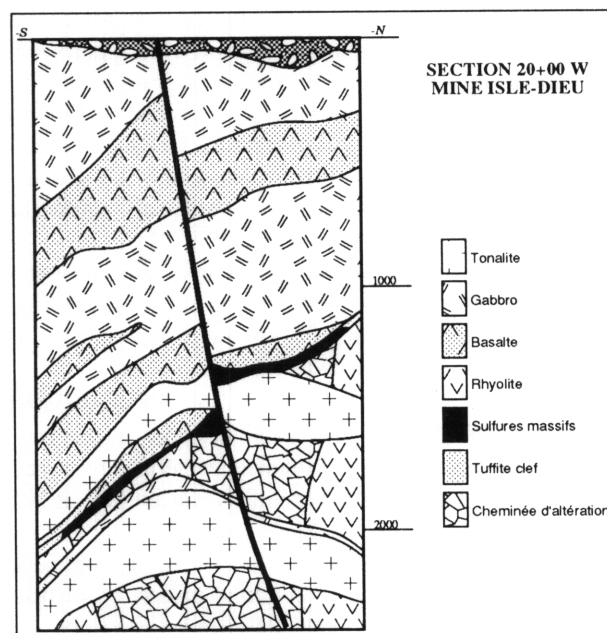


FIGURE 1 - Dyke tonalitique séparant en deux une lentille du gisement.

Géochimie de la cheminée d'altération

Les roches de la cheminée d'altération du gisement Isle-Dieu sont caractérisées par des changements importants de minéralogie et de composition chimique par rapport aux roches avoisinantes. L'intensité de l'altération a été subdivisée en trois catégories progressives selon des critères minéralogiques et géochimiques. La *zone externe* est caractérisée par une séricitisation des plagioclases et une légère chloritisation de la mésostase de la lave. Par rapport à la roche fraîche la roche est déficiente en SiO_2 , CaO , Na_2O et par endroits en K_2O . La roche a été enrichie en Fe_2O_3 et MgO . La *zone intermédiaire* est caractérisée par une séricitisation complète des plagioclase et une chloritisation plus poussée de la matrice. La roche y est fortement lessivée des éléments alcalins, alcalino-terreux et de la silice ; elle est enrichie en magnésium, en fer et en manganèse. La *zone interne* est caractérisée par une minéralogie de chlorite et de talc avec des traces de séricite. La roche y est très for-

(1) Université du Québec à Chicoutimi

(2) Exploration Noranda Ltée, Matagami

(3) Minéraux Noranda Inc, Matagami

tement lessivée en silice, en calcium, et en éléments alcalins ; elle est enrichie en fer, en magnésium et en manganèse. Les roches de la zone interne sont également déformées ; une schistosité subverticale oblitère les textures primaires de la lave.

Les changements chimiques à l'intérieur de la cheminée d'altération sont accompagnés d'une diminution de volume des roches. Les zones externes et intermédiaires sont caractérisées par des facteurs volumétriques de 0.8 et 0.7, calculés à partir des équations de Greisen, (1967). La diminution la plus importante a lieu dans la zone interne, où le facteur volumétrique n'est que de 0.4.

Ces changements de volume expliquent en partie les augmentations relatives des éléments traces immobiles tels le zirconium, le niobium et les terres rares en fonction de l'augmentation de l'intensité de l'altération.

La distribution spatiale des zones d'altération suggère un alignement de la cheminée d'altération dans des directions NNE et E-W. La figure 2 montre le patron de distribution du contenu en fer des roches de la cheminée d'altération. À petite échelle, la cheminée d'altération a l'aspect d'un réseau anastomosé de conduits hydrothermaux possédant chacun leur propre zonation.

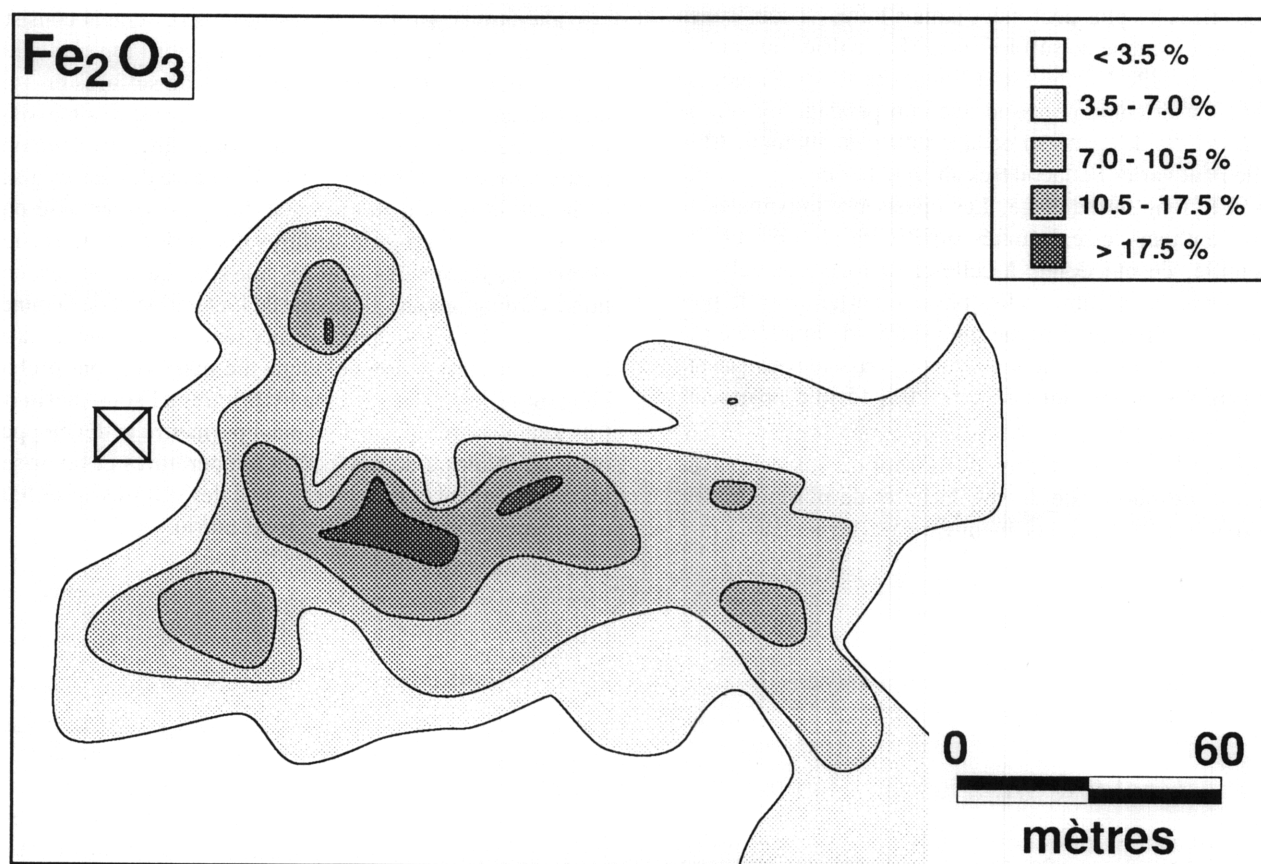


FIGURE 2 - Patron de distribution du contenu en fer des roches de la cheminée d'altération.

La géologie du gisement Ansil, Rouyn-Noranda (Québec)

Gérald Riverin⁽¹⁾

Le gisement Ansil est localisé dans le centre du camp minier de Noranda, dans la partie sud de la ceinture de roches vertes de l'Abitibi. Il a été découvert en 1981 et mis en production en juillet 1989 avec des réserves prouvées de 1,5 million de tonnes métriques titrant 7,2 % de cuivre, 0,8 % de zinc, et 1,7 g/t Au et 26 g/t Ag. Le gisement est centré à une profondeur de 1,3 km et représente une des découvertes les plus profondes jamais faites. Il consiste en une lentille unique de sulfures massifs localisée au contact entre la rhyolite Northwest et l'andésite Rusty Ridge. La lentille est orientée nord-sud avec un pendage moyen de 50° vers l'est. L'épaisseur de la lentille peut atteindre 30 m et elle peut varier de façon très abrupte le long de la direction et le long du pendage. Les épaisseurs maximales se retrouvent dans les extrémités supérieure et inférieure de la lentille, ce qui donne à celle-ci sa forme actuelle de deux dômes de sulfures reliés par une partie centrale plus mince. Le dôme de la partie inférieure est caractérisé par une épaisse accumulation de magnétite massive sous-jacente aux sulfures et pouvant atteindre 10 à 15 m d'épaisseur.

La partie ouest et supérieure de la lentille consiste essentiellement en chalcopyrite et pyrrhotine massive avec absence presque totale de sphalérite et de pyrite. À l'est du dôme inférieur, le gisement est caractérisé par la pré-

sence de tufs à cristaux interlités avec des lits de chert fortement minéralisés en sphalérite et contenant des quantités moindres de pyrite et chalcopyrite. Cette zonation minéralogique se reflète bien dans la distribution zonée du cuivre et du zinc dans le gisement. L'or et l'argent montrent aussi une distribution zonée, mais celle-ci semble indépendante de celle des autres métaux.

L'altération hydrothermale associée au gisement consiste principalement en chloritisation et séricitisation. La chlorite est intimement associée aux zones de sulfures en veinules situées en dessous et au-dessus des sulfures massifs. La séricite est présente dans des zones diffuses enveloppant les zones chloriteuses. À la différence des autres gisements de la région, le gisement Ansil est caractérisé par un volume important de sulfures disséminés et de roches altérées au-dessus des sulfures massifs. La teneur exceptionnelle du gisement, l'étendue de l'altération et de la minéralisation dans les épontes supérieures, de même que l'épaisse accumulation de magnétite massive, sont probablement reliées à un système hydrothermal sous-marin de très longue durée. Cela a pu ainsi permettre le développement de fluides à de très hautes températures et favoriser le remplacement et l'enrichissement des sulfures après leur accumulation initiale sur un fond marin.

(1) Minnova Inc.

Les relations entre les dépôts de fonds marins et les gisements de sulfures massifs anciens

J.M. Franklin⁽¹⁾

Résumé

Dans l'étude des dépôts de sulfures volcanogènes massifs, l'accent a été mis sur les points suivants : 1) la zone de génération de fluides ; 2) la zone de montée des fluides ; 3) l'environnement immédiat du sous-sol océanique ; 4) l'environnement de précipitation et 5) les régions distale et proximale du fond océanique et la colonne d'eau entourant les cheminées. De nouvelles informations sur ces points ont été recueillies par la Commission géologique du Canada au moyen de recherches sur les systèmes hydrothermaux actifs de haute température du fond océanique.

* * *

VOLCANOGENIC MASSIVE SULPHIDE DEPOSITS, ANCIENT AND MODERN

The study of volcanogenic massive sulphide (VMS) deposits has focussed on five aspects : 1) the zone of generation of metalliferous fluid ; 2) the zone of fluid ascent ; 3) the immediate sub-seafloor environment ; 4) the precipitation environment ; 5) the near- and farfield areas of the seafloor and water column surrounding the vent sites. New information on most of these has been gained from recent Geological Survey of Canada research on active high-temperature seafloor hydrothermal systems.

The high-temperature reaction zone is well exposed about 1 to 2 km stratigraphically below VMS deposits in Cyprus, Oman and in the Snow Lake, Manitoba and Noranda and Mattagami Lake (Québec) districts. High-T° interactions between modified Mg-deficient seawater and dykes and apophyses extending from large subvolcanic magma chambers, have formed lower semiconformable alteration zones delineated by extensive silicification, epidotization and albitization. About 90 % of the original copper and zinc contents of these fossil interaction zones entered a hydrothermal fluid, under low water/rock ratio conditions in basalt, at about 385°C (Seyfried and Janecky, 1985). The most intense alteration is along the margins of feeder dykes and sills to the volcanic rocks which host the deposits. Highly efficient cooling of the subvolcanic magma chambers has resulted in unusually intensive magmatic fractionation. Some felsic intrusions have a carapace of mafic rocks that formed through disequilibrium fractional crystallization. The residual felsic melt, together with associated felsic volcanic products, have distinctive REE

patterns with well-defined negative Eu anomalies (Campbell *et al.*, 1982). In the basaltic sequence associated with the Galapagos sulphide deposits, anomalously abundant andesite is also the result of excessive cooling and fractionation of a high-level magma chamber by convective heat transfer into a hydrothermal fluid (Embley *et al.*, 1988). Finally, some very high temperature interaction between rising magma (into dykes ?) and modified seawater is evident in the volcanically active zones at Southern Juan de Fuca Ridge. Vent fluids have NaCl contents about twice that of seawater (Von Damm *et al.*, 1988) ; these were probably produced through super-critical phase separation which accompanied rapid contact between magma and seawater. Fluid inclusions in the stockwork under the Millenbach deposits have variable, but very high salinities, also perhaps the product of super-critical phase separation (Kheang, 1984).

High-temperature metalliferous fluids collect and move upwards in synvolcanic faults. The fluids have low specific gravities (ca. 0.5 g/cm³) and rise at about 1-2 m/s. Only the major faults which form the margins of the rift valleys seem capable of reaching the fluid «reservoir» in the largest seafloor hydrothermal systems (Kappel and Franklin, 1989). In some ancient bimodal volcanic sequences, and presently at Axial Seamount, caldera-margin faults focus(ed) most of the high-temperature fluid.

Approximately 100 m below the seafloor, the fluids depart from the slightly inclined major faults, and move up along secondary fractures, forming the alteration pipe. The latter fractures are the site of interaction between large volumes of high-temperature fluid and the immediate foot-wall rocks. The rapidly rising fluid induces draw-down around its periphery, causing large volumes of locally - heated seawater to circulate around the margins of the discharge zone. Under the Galapagos deposits, the high-temperature reaction zone in the alteration pipe has a core of silica, Fe-chlorite and sulphide deposition (Embley *et al.*, 1988). High fluid pressure produced crack-seal veins. The margins of the discharge zone were altered to clays, including Mg-smectite. Following the high temperature alteration event, progressively heated, locally advected, seawater pervaded all parts of the alteration pipe, overprinting the earlier-formed high temperature assemblage with lower-T°, Mg-dominant minerals. Under ancient deposits, late Mg-metasomatism may have obscured much of the

(1) Commission géologique du Canada

earlier alteration, forming the Mg-dominated pipes typical of the Noranda district (Riverin and Hodgson, 1980).

The alteration pipe assemblages seem to be a function of water depth. Pipes beneath deposits formed in deep water are typified by Fe- and Mg-chlorite with sericite (and paragonite) in their margins, and are variably, but not predominantly silicified (e.g. Noranda, Mattagami Lake, Snow Lake). Metamorphosed equivalents of these contain cordierite and anthophyllite cores, with staurolite in both their core and marginal zones. Under deposits that formed in sequences where volcanic textures such as hydroexplosion breccia, limited welding and exceptional vesicularity indicate depositional depths of about 1 km or less, a broad «blanket» of carbonate alteration, commonly associated with pervasive Na-depletion, extends for several kilometres within the immediate footwall strata. At Sturgeon Lake, Ontario, the carbonate zone contains pervasive andalusite. The carbonate species are a function of primary rock type, but immediately under the deposits, siderite is dominant. Alteration pipes of this type are extensively silicified, and contain abundant aluminosilicate minerals (usually andalusite and kyanite) and paragonite. Those that are metamorphosed to upper greenschist assemblages contain chloritoid and spessartine.

Precipitation of sulphides in the footwall zone is largely affected by conductive cooling of the hydrothermal fluid, with very little mixing with locally advecting seawater. Silicified pipes seem to provide better thermal insulation than chlorite-dominated pipes; consequently the latter have more extensive stringer zones than the former. Some interaction with previously deposited anhydrite or unmodified seawater may allow a small amount of seawater-derived sulphate to enter into the hydrothermal fluid, causing a slight increase in ^{34}S .

The vertical extent of pipe development is a function of cross-strata permeability of the footwall rocks. Massive flows and pelagic sediments have very low permeability, and thus may have inconspicuous alteration pipes. Talus piles, explosion breccia and drained pillows and sheet flows are highly permeable, generating extensive alteration zones and sub-seafloor deposition.

Initial sulphide precipitation forms chimneys, which range up to about 10 m in height. Initially precipitated anhydrite (through heating of seawater) is overprinted by sphalerite, Cu-Fe sulphides and cristobalite. As the chimneys thicken and pore space is reduced during early growth, the chimney becomes thermally insulated. A central pipe forms, lined with isocubanite, and leading upwards to the vent orifice. This pipe, typically 3-10 cm in diameter, is semipermeable, enabling much of the high-temperature fluid to escape into the ocean, forming «black smoke». However, some fluid leaks through the walls of the pipe, and cools rapidly to precipitate sphalerite and pyrite, which overgrow and displace anhydrite, causing the chimney to grow by over-plating and inflation. The outer margins of large chimney structures become infested with *vertiferimenta* (tube

worms) which coexist symbiotically with chemosynthetic (reduced-sulphur consuming) bacteria. The latter induce formation of a marcasite-silica coating on the outer wall of the chimney. This coating greatly inhibits the influx of seawater into the chimney, and promotes precipitation from the hydrothermal fluid by conductive cooling. Preliminary age data indicate that a single chimney may remain active for 50-100 years.

In areas of sustained hydrothermal discharge, a series of chimneys grow along fractures. These eventually coalesce to form sulphide mounds as high as 50 m. Discharge of high-temperature fluids continues into these mounds. They continue to grow by internal fracturing and inflation, as they trap metals. Another very important mechanism for forming large sulphide mounds involves discharge of hydrothermal fluid into poorly consolidated sediment of volcanic debris, as illustrated in the Middle Valley (Juan de Fuca Ridge) and also at Escanaba Trough. Strata such as turbidite and hyaloclastite beds, particularly where they are sealed by thin layers of pelagic sediment, apparently fill with hydrothermal fluid. Precipitation in such protected layers is by conductive cooling. These layers may also grow by inflation and replacement, and may give rise to «Besshi»-like tabular sulphide bodies.

The way in which a hydrothermal fluid is modified in the pipe and mound/chimney areas greatly affects the distribution of metals, including gold and silver. In deposits that form in sufficiently shallow water to permit boiling, (e.g. Axial Seamount) the formation of two phases will affect their temperature, pH, and H_2S activity. At Axial Seamount, which has very gold-rich sulphide chimneys, two fluids are emerging. Normal salinity (3.5 % weight), high temperature (330°C) fluid transports metals and produces sulphide chimneys. However, only 30 m away, very low salinity, metal deficient, condensed vapour-phase fluid is discharging at 299°C , and forming deposits of pure anhydrite. Significantly, both fluids contain subequal amounts of gold (150-200 ppt Au) and have elevated pH values (pH ca. 4). Hannington and Scott (1989) has shown that the lower temperature and increased pH conditions favour transport of gold as a bisulphide, rather than a chloride complex. Gold bisulphide complexes are completely destroyed by oxidation; consequently gold is quantitatively precipitated at an oxidation boundary. Bisulphide complexing also provides a zone-refining mechanism for concentrating gold by late-stage low-temperature fluids.

Hydrothermal fluids that have undergone fractional precipitation through cooling (possibly accompanied by boiling) become enriched in lead, barium and silver relative to copper and zinc; low-temperature chimneys, typically peripheral to the main centers of venting, are commonly enriched in these elements, as well as gold.

«Distal» sulphide products of hydrothermal activity are not abundant in modern systems, in part because of the highly oxidative nature of bottom seawater. Plume particulates are rapidly oxidized and partially dissolved. In

Archean seas and in locally restricted basins of any age, however, bottom waters were possibly sufficiently reduced to enable the accumulation of plume particles. The Key Tuffite unit at Mattagami Lake and the sulfidic tuffs at Noranda and Snow Lake may have formed from such fallout.

The more significant product associated with the apron to many vent areas are small mounds and thin beds of ferruginous silica, which have formed as a replacement of bacterial mounds and mats. These bacteria live only where the supply of H_2S is sufficient, in and around the chimneys. As the supply of H_2S is removed, the bacteria die and are replaced by silica and iron oxide. Low temperature, unfocused venting within a few hundred metres of the high temperature sites provides a source of silica and iron. Such beds would eventually form ferruginous chert.

Finally, the size of VMS deposits on the seafloor varies from just a few tonnes (EPR, Southern Juan de Fuca and Axial Seamount) to around 1 million tonnes (Endeavour and Explorer Ridge, TAG), and to possibly several millions to tens of millions in the Middle Valley and Escanaba Trough areas. Size is a function of longevity and extent of the hydrothermal discharge, and also of the ability to preserve sulphides from oxidative destruction through burial, in a tectonically inactive environment. The largest or most sustained systems in volcanic-dominated ridges are those that formed at the terminal phase of excessive volcanism; these occur in the axial graben to major elongate volcanoes, such as at Endeavour and Explorer ridges. Evidently the very thick carapace of volcanic rocks, and the absence of prolific active volcanism has promoted the development of a longlived, stable hydrothermal system, with its source zone just above or within the cracking front of the cooling, but only slightly active magma chamber. Such a system is capable of delivering metalliferous fluid to a single area for a long time. The physical characteristics of these volcanically mature areas (inflated pillows, no drain-out features or collapse breccias) also provide a hydrologically well-sealed environment through which the upward-moving fluid can pass, without mixing or dispersion. The immature areas (EPR, SJDF) are replete with collapse breccias and cavities, inhibiting sustained flow to the seafloor.

The best cap to a hydrothermal system is a veneer of sediments above a cooling magma chamber. Tectonic quiescence, coupled with sustained heat generation, have provided the energy for the largest deposits on the seafloor.

In ancient environments, those areas within volcanic terrains where penecontemporaneous sedimentation can be demonstrated, have very good potential for new resources.

References

- CAMPBELL, I.H. - COAD, P. - FRANKLIN, J.M. - GORTON, M.P. - SCOTT, S.D. - SOWA, J. - THURSTON, P.C., 1982 — Rare Earth elements in volcanic rocks associated with Cu-Zn massive sulphide mineralization: a preliminary report; *Canadian Journal of Earth Sciences*, Volume 19, N° 3, pages 619-623.
- EMBLEY, R.W. - JONASSON, I.R. - PERFIT, M.R. - TIVEY, M.A. - MALAHOFF, A. - FRANKLIN, J.M. - SMITH, M.F., 1988 — Submersible Investigation of an Extinct Hydrothermal System on the Galapagos Ridge: Sulfide Mounds, Stockwork Zone and Differentiated Lavas. *Canadian Mineralogist*, Volume 26, part 3, pages 517-540.
- KAPPEL, E.S. - FRANKLIN, J.M., 1988 — Relationships between Geological Development of Ridge Crests and Sulfide Deposits in the Northeast Pacific Ocean. *Economic Geology*, Volume 84, N°3, pages 485-505.
- HANNINGTON, M. - SCOTT, S.D., 1989 — Gold mineralization in volcanogenic massive sulfides: implications of data from active hydrothermal vents on the modern seafloor: *Economic Geology Monograph 6, Geology of Gold deposits: The perspective in 1988* (in press).
- KHEANG, L., 1984 — Magmatic water/seawater mixing in an Archean hydrothermal system related to the formation of the Millenbach Cu-Zn deposit, Rouyn-Noranda, Quebec (abstracts). *Geological Association of Canada, Program with Abstracts*, Volume 9, page 78.
- RIVERIN, G. - HODGSON, C.J., 1980 — Wallrock alteration at the Millenbach Cu-Zn mine, Noranda, Quebec. *Economic Geology*, Volume 75, pages 414-444.
- SEYFREID, W.E. - JANECKEY, D.R., 1985 — Heavy metal and sulfur transport during subcritical and supercritical hydrothermal alteration of basalt: influence of fluid pressure and basalt composition and crystallinity. *Geochimica and Cosmochimica Acta*, Volume 49, pages 2545-2560.
- VON DAMM, K.L. - BISCHOFF, J.L., 1987 — Chemistry of hydrothermal solutions from the Southern Juan de Fuca Ridge. *Journal of Geophysical Research*, Volume 92, pages 11, 334-11-346.



Liste des panneaux présentés dans la salle de bal

Panneau n°	Service/organisme	Titre des affiches	Auteurs
1	SGG	Banque d'analyses de roches du Québec (BAROQ)	N. Simard L. Piché (MER)
2	SGG	Géochimie des minéraux lourds, région du Bas-Saint-Laurent	Y. Maurice (CGC)
3	SGG	Géochimie du till en Abitibi	P. LaSalle (MER)
4	SGG	Les minéraux lourds dans la région de Papineau-Labelle	J. Choinière (MER)
5	SGG	La géochimie du till de base dans la région de Montauban	M. Beaumier M. Pelletier (MER)
6	SGG	La géochimie du till de base au sud-ouest de Valleyfield	N. Tassé (INRS-Géoressources)
7	SGG	La géochimie des sédiments de lac, région de Havre-Saint-Pierre	M. Beaumier (MER)
8	SGG	La cartographie géochimique du Québec	J. Choinière M. Beaumier (MER)
9	SGG	Banque d'analyses géochimiques, sur disquettes	F. Kirouac M. Leduc (MER)
10	SGG	Prospection géochimique en Gatineau, minéraux lourds vs sédiments de ruisseaux	C. Belhumeur M. Jebrack (UQAM)
11	SGG	La géochimie des sols dans la région de Chibougamau	M. Beaumier (MER)
12	SGG	Interprétation géophysique, région de Chapais	D.-J. Dion (MER) R. Morin (MER) P. Keating (CGC) H. Church (MER)
13	SGG	Banque de données géophysiques du Québec (MAGGY)	R. Boivin C. Gravel (MER)
16	SGQ	La géologie et le potentiel économique de la région au sud de Fermont	A. Indarès (MER)
17	SGQ	Géologie de la région du lac Courdon	R. Girard (MER)
18	SGQ	Zones lithotectoniques du nord de la Fosse du Labrador	R. Wares (IREM) J. Gonthier (IREM) S. Perreault (McGill)
19	SGQ	Métallogénie des gîtes de sulfures au nord de la Fosse du Labrador	R. Wares J. Gonthier (IREM)
20	SGQ	Cartographie et métallogénie de l'or dans le complexe d'Ashuanipi	S. Chevé P. Brouillette (INRS-Géoressources)
21	SGQ	Géologie de la région du lac Cassette (22C/4), au nord de Forestville	S. Genest (MER)
22	SGQ	Géologie de la région du lac Gensar	S. Perreault (MER)
23	SGQ	Le potentiel minéral de la Côte-Nord, découvrons-le	Y. Chidiac P. Marcoux T. Clark (MER)
24	SGQ	La géologie de la région de Montebello	H. Dupuy K.N.M. Sharma (MER)

Panneau n°	Service/ organisme	Titre des affiches	Auteurs
25	SGQ	Géobotanique sur le gîte zincifère de Lafontaine-Norzinc	K.N.M. Sharma (MER) J. Lévesque H. Gwyn (U. de Sherbrooke) V. Singhroy F. Kenny (Centre ontarien de télédétection)
26	SGQ	Synthèse géologique de la région du lac Sainte-Marie	L. Langlais (MER)
27	SGQ	Cartes de compilation de la Gaspésie	G. Lachambre D. Brisebois (MER)
28	SGQ	Métallogénie du basalte cupro-barytinifère du ruisseau Gagnon, Gaspésie	I. Thivierge (MER)
29	SGQ	Structure et métallogénie de la région du mont de la Serpentine, Gaspésie	J. Berger É. Ramsay (MER)
30	SGQ	Étude des volcanites siluro-dévonienne de la Gaspésie	M. Doyon C. Dalpé (MER)
31	SGQ	Structure et métallogénie de la faille du Grand Pabos, Gaspésie	M. Malo (INRS-Géoressources)
32	SGQ	Reconnaissance gîtologique dans le Grenville	C. Hébert (MER)
33	SGQ	La géologie du Groupe de Montauban	L. Corriveau É. Lemieux (MER)
34	SGQ	Programme de cartographie de l'Estrie	J. Brun (MER)
35	SGQ	La géologie de la région de Sutton	M. Colpron (MER)
36	SGQ	La géologie de la région du mont Orford	R. Marquis (MER)
37	SGQ	La géologie de la région de Massawippi	A.-B. Tremblay (MER)
38	SGQ	La géologie de la région des monts Stoke	M. Bardoux (MER)
39	SGQ	La géologie de la région de Saint-Raphaël	D. Lebel (MER)
40	SGQ	1- La situation actuelle au nord du lac Saint-Jean	S. Lachance G. Benoit (MER)
		2- Programme d'assistance financière	G. Archambault (MER)
41	SGQ	Les marbres dolomitiques de qualité industrielle dans la région de Mont Wright - Fermont	A. Petryk (MER)
42	SGQ	Inventaire des sources en granulats au nord de Montréal	A. Brazeau (MER)
43	SGQ	Les gîtes de silice au Québec	H.-L. Jacob Y. Boutin (MER)
44	SGQ	Les tourbières au sud du Québec	P. Buteau (MER)
45	SGQ	Rapport sur les substances spécifiques	Y. Hébert (MER)
46	SGNO	Sillon volcanique Harricana-Turgeon, synthèse géologique	S. Lacroix (MER)
47	SGNO	Blake River Ouest : phase 3	S. Péloquin (URSTM) P. Verpaelst (MER) B. Dejou (URSTM)
48	SGNO	Géochronologie par datation U-Pb des différentes suites intrusives de la sous-province du Pontiac	N. Machado (UQAM) M. Rive (MER) A. Simard (MER) C. Gariépy (UQAM)
49	SGNO	Projet Carpentier-Tavernier : phase II	J. Moorhead (MER)
50	SGNO	Projet Vezza-Bruneau : phase I	C. Dussault (MER)
51	SGNO	Synthèse géologique de la région du lac Madeleine	M. Proulx (MER)
52	SGNO	Révision de la géologie du secteur du lac Doda (feuille 32G/6)	R. Midra (UQAC) E.H. Chown (UQAC) K. Lauzière (UQAC) L. Tait (MER)
53	SGNO	Géologie du secteur de Caopatina Est	K. Lauzière (UQAC) E.H. Chown (UQAC) L. Tait (MER)

Panneau n°	Service/organisme	Titre des affiches	Auteurs
54	SGNO	Géologie du secteur du lac Lacroix, projet Urban-Barry : phase II	M. Joly L. Tait (MER)
55	SGNO	Projet Levy : phase II	R. Morin (MER)
56	SGNO	La métallogénie et la gîtologie des métaux de base dans le Nord-Ouest du Québec : les gisements Norbec, Delbridge, Ansil et Mobrùn	S. Cattalini J. Barret J. Riopel L. Hay W. Maclean (IREM)
57	SGNO	Métallogénie des gisements d'or du secteur de Rouyn-Noranda : phase I	J.-F. Couture P. Pilote (MER)
58	SGNO	Zones de cisaillement aurifères dans la région de Belleterre	G. Tourigny W.M. Schwerdtner (IREM)
59	SGNO	Le gisement Francoeur	J.-F. Couture P. Pilote (MER)
60	SGNO	Métallogénie de l'or à la mine Elder	P. Trudel (IREM) R. Gaulin (CAT)
61	SGNO	Un gisement d'or sur la faille Cadillac : McWatters	M. Jebrack N. Goulet M. Bardou D. Morin H. Zadeth (UQAM)
62	SGNO	Levé structural de la région de Val-d'Or et de Malartic	J.-P. Desrochers C. Hébert (U. de Montréal) P. Pilote (MER)
63	SGNO	Métaux de haute technologie en Abitibi-Témiscamingue	M. Boily (IREM) P. Pilote (MER)
64	SGNO	Métallogénie aurifère de la bande Caopatina-Desmaraisville : secteur Joe Mann (Chibex)	C. Dion J. Guha (CERM)
65	SGNO	Métallogénie aurifère de la bande Caopatina-Desmaraisville : secteur du lac Shortt	H. Brisson J. Guha (CERM)
66	SGNO	La métallogénie et la gîtologie de la région de la baie James : phase I	F. Chartrand (MER)
67	SGNO	Carte lithotectonique des sous-provinces de l'Abitibi et du Pontiac	M. Hocq (MER)
70	Service de la géo-information	La géomatique au MER, Secteur mines	L. Chauvin G. Martineau C. Roy (MER)
71	Service de la géo-information		J. Remick (MER)
72	SS	Les statistiques minières, une connaissance en profondeur	SS
73	STM	Titres miniers	
74	CRM	Le Centre de recherches minérales	
75	DGIM	1- Service du développement minier 2- Service de l'économie minérale	SDM SEM
76	SATF	Base de données sur les gîtes minéraux au Québec	Y. Bellemare (MER)
77	SATF	Le programme d'assistance financière à la prospection minière dans le Bas-Saint-Laurent et la Gaspésie	L. Caron (MER)
78	SATF	Projet «Géologie pour tous»	G. Martineau L. Charbonneau (MER)
79	INRS-Géo-ressources	Les activités de recherche au Centre géoscientifique de Québec	

Panneau n°	Service/organisme	Titre des affiches	Auteurs
80	INRS-Géo-ressources	Les minéralisations de Ba-Zn des Appalaches ; exemple à Upton, Québec	S. Paradis T.C. Birkett R. Godue (INRS-Géoressources)
81	INRS-Géo-ressources	Les mégafaciès des Calcaires supérieurs de Gaspé (Dévonien inférieur)	D. Lavoie N. Tassé (INRS-Géoressources)
82	INRS-Géo-ressources	Minéralisations aurifères et zones de failles majeures dans les Appalaches : l'exemple de Terre-Neuve	B. Dubé (INRS-Géoressources)
83	INRS-Géo-ressources	Cartographie, transport et écoulement glaciaire en Abitibi	J. Veillette S. Paradis (CGC)
84	UQAM	Département des sciences de la Terre, UQAM	
85	UQAM	Département des sciences de la Terre, UQAM	
86	UQAM	Département des sciences de la Terre, UQAM	
87	UQAM	Département des sciences de la Terre, UQAM	
88	Université McGill	Université McGill, sciences géologiques	
89	Université McGill	Université McGill, sciences géologiques	
90	UQAC	Le Centre d'études sur les ressources minérales, UQAC	
91	UQAC	Études avancées en sciences de la Terre à l'UQAC	
92	UQAC	Études avancées en sciences de la Terre à l'UQAC	
93	Collège de la région de l'Amiante	Centre spécialisé en technologie minérale, le Collège de la région de l'Amiante	
94	URSTM	Unité de recherches et services en technologie minérale (URSTM)	
95	Université Laval	Département de géologie, Université Laval	
96	École Polytechnique	École Polytechnique, département de génie minéral	
97	École Polytechnique	École Polytechnique, département de génie minéral	
98	IREM	IREM (Université McGill/École Polytechnique/Université de Montréal)	
99	IREM	IREM (Université McGill/École Polytechnique/Université de Montréal)	
100	Université de Montréal	Université de Montréal, Association des étudiants de géologie	
101	Université de Montréal	Université de Montréal, Département de géologie	
102	Université de Montréal	Université de Montréal, Département de géologie	
103	Université de Montréal	Université de Montréal, Département de géologie	
104	APGGQ	Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec	

Ministère de l'Énergie et des Ressources (MER)

CRM	Centre de recherches minérales
SDM	Service du développement minier
SEM	Service de l'économie minérale
SGG	Service de la géochimie et de la géophysique
SGNO	Service géologique du Nord-Ouest
SGQ	Service géologique de Québec
SS	Service de la statistique
SATF	Service de l'assistance technique et financière
STM	Service des titres miniers

Organismes divers

APGGQ	Association des professionnels en géologie et en géophysique du Québec
CAT	Collège de l'Abitibi-Témiscamingue
CERM	Centre d'études sur les ressources minérales (Université du Québec à Chicoutimi)
INRS	Institut national de la recherche scientifique
IREM	Institut de recherche en exploration minérale
UQAC	Université du Québec à Chicoutimi
UQAM	Université du Québec à Montréal
URSTM	Unité de recherche et de service en technologie minérale de l'Abitibi-Témiscamingue (Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue et Collège de l'Abitibi-Témiscamingue)



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources (Mines)
Direction générale de l'exploration géologique et minérale

