

## DV 93-03

L'EXCEPTIONNEL POTENTIEL MINERAL DU QUEBEC, UNE REALITE A DECOUVRIR, SEMINAIRE D'INFORMATION 1993 - RESUME DES CONFÉRENCES

Documents complémentaires

*Additional Files*



Licence



Licence

Cette première page a été ajoutée au document et ne fait pas partie du rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 

*Direction de la recherche géologique*

*"L'exceptionnel potentiel minéral  
du Québec, une réalité  
à découvrir"*

*Résumé des conférences  
Séminaire d'information 1993*



*"L'exceptionnel potentiel minéral  
du Québec, une réalité  
à découvrir"*

*Résumé des conférences  
Séminaire d'information 1993*

**DIRECTION DE LA RECHERCHE GÉOLOGIQUE**

Directeur: J.-L. Caty (par intérim)

**SERVICE GÉOLOGIQUE DU NORD-OUEST**

Chef: A. Simard

**SERVICE GÉOLOGIQUE DE QUÉBEC**

Chef: J.-M. Charbonneau

**Coordination:**

M. Bergeron

**Édition:**

C. Dubé

F. Dompierre

**Collaboration:**

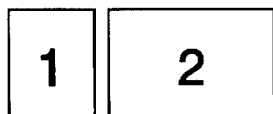
A. Beaulé, R. Bourgeois et P. Brouillette de la Division de l'édition (Service de la géoinformation, DAEM)

**Page couverture:** 1 – Or natif dans l'anorthosite du Complexe de Lac Doré, Chibougamau. Mine Copper Rand  
Valeur approximative de l'échantillon  $\approx$  250,000\$

Photo: Kamal N. M. Sharma (MER)

2 – Vue en coupe d'une des veines de quartz aurifère du gisement Claremont (zone Caputo), canton de Cléricy. La veine est localisée le long du mur d'une zone de cisaillement inverse qui recoupe la tonalite de Cléricy. Notez le rubanement de la veine, les veines de quartz d'extension subhorizontales injectées dans le mur du cisaillement et le pendage subvertical de la foliation dans la zone de cisaillement à gauche de la veine principale.

Photo: Jean-François Couture (MER)



## **AVANT-PROPOS**

*Chaque année, le ministère de l'Énergie et des Ressources consacre une partie importante de ses ressources à l'acquisition de connaissances géoscientifiques. Il compte ainsi favoriser l'exploration minérale en territoire québécois et faciliter la découverte de nouveaux gîtes.*

*Depuis 14 ans, les résultats des travaux réalisés au cours de l'été sont présentés, en primeur, au séminaire annuel d'information. Le présent volume regroupe les résumés des conférences données au séminaire de novembre 1993, présenté sous le thème L'EXCEPTIONNEL POTENTIEL MINÉRAL DU QUÉBEC, UNE RÉALITÉ À DÉCOUVRIR.*

*Les conférences comme les textes qui les résument sont principalement le fait des professionnels de la Direction de la recherche géologique. Nos partenaires de l'industrie minière, des universités, du Centre canadien de télédétection et du Centre géoscientifique de Québec sont également des participants importants. Il y a lieu de les remercier pour leur contribution à un événement qui permet de mettre en relief la qualité des travaux géoscientifiques réalisés au Québec.*

*Mentionnons enfin que les résumés contenus dans le présent volume n'ont subi qu'une édition sommaire en plus de celle requise pour leur mise en page.*

*Le Directeur de la recherche géologique par intérim*

*Jean-Louis Caty*



# Table des matières

Page

## Session 1

### Avenues prometteuses pour l'exploration au Québec

**Président: Martin Doyon (MER)**

Localisation d'anomalies magnétiques circulaires entre les 56 <sup>e</sup> et 58 <sup>e</sup> parallèles <i>Daniel Lamothe, Denis-Jacques Dion et Jean Choinière (MER)</i> . . . . .	3
Diamonds in Quebec: looking for profit <i>Victor S. Gushchin (St. Petersburg University, Russia), Jamie Fisher (Bryson Burke Explorations Inc.), André Audet (consultant)</i> . . . . .	5
Géologie, structure et importance économique de la région de Fort-Coulonge, Outaouais <i>Kamal N. M. Sharma (MER), Louis Madore (UQAC), Josée Lévesque (Carleton University) et Vernon H. Singhroy (Centre canadien de télédétection)</i> . . . . .	7
Le potentiel aurifère des Appalaches: l'exemple de Terre-Neuve <i>Benoît Dubé et Kathleen Lauzière (CGQ)</i> . . . . .	11

## Session 2

### Nouveaux développements dans le Grenville

**Président: Roch Gaudreau (MER)**

Découverte d'un gîte de titane et de phosphate dans la région de Baie-Comeau <i>Émilien Séguin (GASPÉSIE, Société d'exploration pétrolière et minière Inc.)</i> . . . . .	15
Stratification lithologique et minéralogique du complexe de Sept-Îles <i>Jules Cimon (MER)</i> . . . . .	17
Le gîte de titane, grenat, zircon et fer de Natashquan: harmoniser le produit aux marchés <i>Jean-Charles Potvin et John Porritt (Tiomin Resources Inc.)</i> . . . . .	21
La suite plutonique de Rivière-à-Pierre, Portneuf: pétrologie, géochimie et mise en place pendant l'orogénèse grenvillienne <i>Serge Perreault (MER)</i> . . . . .	25

### Session 3

#### Nouvelles connaissances géologiques dans le nord-ouest québécois

**Président: Jean-Yves Labbé (MER)**

Synthèse des données géologiques sur le Groupe de Blake River: état de la question <i>Pierre Verpaelst, J. Goutier et D.-J. Dion (MER), S. Péloquin, K. Lagraa et J.N. Ludden (Université de Montréal) et R. Gaulin (URSTM)</i> .....	33
Potentiel minéral des équivalents métamorphisés des ceintures de roches vertes de l'Abitibi dans la Province de Grenville, à l'est de Senneterre <i>Réjean Girard (IOS) et James Moorhead (MER)</i> .....	37
Évolution des bassins sédimentaires de l'Abitibi <i>W. Mueller (UQAC)</i> .....	43
Relative timing of metamorphism and tectonism during the evolution of the southern Abitibi greenstone belt <i>W. G. Powell, D.M. Carmichael et J.C. Hodgson (Queen's University)</i> .....	49
Évaluer les ressources minérales du Québec: pourquoi et comment? <i>Jean-François Couture, Thomas Clark et Francis Chartrand (MER)</i> .....	51

### Session 4

#### Révision des modèles géologiques dans le Nord-Ouest du Québec

**Président: Francis Chartrand (MER)**

Modèles génétiques pour les gisements d'or filonien archéens et examen du secteur aurifère à l'est de Val-d'Or à la lumière de ces modèles <i>Cecilia L. Jenkins et Alex C. Brown (École Polytechnique)</i> .....	55
Minéralisations aurifères multiphasées dans la région de Val-d'Or: l'exemple de la mine Norlartic <i>Pierre Pilote et Jean-François Couture (MER), J.P. Desrochers (Université de Montréal), N. Machado (UQAM), Petr Pelz (Les Ressources Aur Inc.)</i> .....	61
La mine d'or Kiena: minéralisation magmatique hydrothermale kénoréenne précoce dans la ceinture minérale de Val-d'Or, sud-est de l'Abitibi <i>Suzanne Morasse (Queen's University), Harold A. Wasteneys (Jack Satterly Geochronology Laboratory, Royal Ontario Museum), Michel Cormier (Les Mines d'Or Kiena Ltée), Herb Helmstaedt et Robert Mason (Queen's University)</i> .....	67
Synchronisme et mise en place de la minéralisation aurifère du gisement du lac Troilus <i>Martin Magnan (UQAC)</i> .....	73
Morphologie et développement des cheminées de sulfures massifs atypiques du gisement d'Isle-Dieu, Matagami: implications pour l'exploration <i>Gaétan Lavallière, Jayanta Guha et Réal Daigneault (UQAC), André Bonenfant (Minéraux Noranda Inc., Division Matagami)</i> .....	77
<b>Liste des panneaux présentés au séminaire d'information</b> .....	83



# **Avenues prometteuses pour l'exploration au Québec**

---



# Localisation d'anomalies magnétiques circulaires entre les 56<sup>e</sup> et 58<sup>e</sup> parallèles

Daniel Lamothe, Denis-Jacques Dion et Jean Choinière<sup>(1)</sup>

La signature d'un diatrème kimberlitique (diamantifère ou non) étant généralement caractérisée par une anomalie magnétique positive ou négative approximativement circulaire, de taille inférieure à 1 km, l'étude des cartes magnétiques d'un secteur géologiquement favorable constitue, dès lors, une approche rapide et peu coûteuse permettant d'identifier rapidement des cibles potentielles. Suite à l'intérêt croissant pour le potentiel diamantifère au Québec, notamment dans le socle archéen de l'Abitibi, il nous a paru pertinent d'appliquer la méthodologie utilisée par Moorhead *et al.* (1993) dans le nord-ouest québécois au socle archéen de la sous-province de Minto. La région étudiée comprend les feuillettes SNRC 24C, 24D, 24E, 34A, 34B, 34C, 34F, 34G et 34H à l'échelle 1:250 000.

La pertinence du choix de ce secteur pour l'évaluation du potentiel en intrusions kimberlitiques repose sur les facteurs suivants:

- 1) Les roches appartiennent principalement au craton archéen du Supérieur. Il est généralement reconnu que la plupart des kimberlites et lamproïtes sont associées à des cratons archéens.
- 2) La zone d'étude comprend le graben de Richmond Gulf, ainsi que plusieurs lambeaux de sédiments protérozoïques de la Formation de Sakami déposés au sein de semi-grabens de plusieurs dizaines de kilomètres d'extension latérale. La présence de fractures de grande extension au sein de cratons constitue des zones de faiblesse inhérentes favorisant la montée d'intrusions issues de grande profondeur (100-200 km dans le cas des kimberlites).
- 3) L'importance possible du réseau de graben en tant que corridor d'accès à d'éventuelles intrusions alcalines (dont les kimberlites) est corroborée par la présence de nombreuses intrusions de carbonatites au sein de la Fosse du Labrador dans le prolongement des dépôts du Sakami.
- 4) Le socle a été affecté dans ce secteur par le double impact météoritique des lacs à l'Eau Claire (287 ± 26 Ma), générant vraisemblablement de nouvelles fractures profondes facilitant la mise en place de kimberlites.
- 5) La présence de plusieurs dykes mafiques protérozoïques (?) dans cette région est mentionnée par

Stevenson (1968), Percival *et al.* (1991) ainsi que Rondot *et al.* (1993). Ces dykes, dont certains atteignent environ 100 m d'épaisseur et plus de 50 km d'extension, confirment la présence de fractures profondes dans le craton.

La présente étude a été effectuée à l'aide du logiciel RTICAD à partir des fichiers magnétiques corrigés basés sur des lignes de vol au 800 m et recalculées pour constituer une grille à cellules de 200 m de côté. La méthode consiste à localiser sur écran à haute définition, autant au niveau du gradient vertical qu'au niveau du magnétisme résiduel, toute anomalie ponctuelle circulaire positive ou négative apparemment indépendante d'une distribution linéaire d'anomalies. L'étape suivante consiste à caractériser l'anomalie détectée au niveau de son intensité, de sa signature topographique, de son association avec des structures linéaires régionales comme des dykes ou encore avec des cassures à grande extension. La seule information géologique disponible pour la région, soit la carte au 1:1 000 000 de Stevenson (1968), étant trop imprécise pour le niveau d'interprétation exigé, la présence de dykes et de cassures a été interprétée à partir des fichiers magnétiques numérisés, ainsi que d'images radar.

Cette étude permettra de publier, en novembre 1993, une compilation complète des anomalies détectées donnant leurs positions ainsi que leurs caractéristiques physiques.

## Références

- MOORHEAD, J. – GIRARD, R. – BOUDREAU, M.A. 1993 – Anomalies aéromagnétiques circulaires possiblement reliées à des intrusions de kimberlite dans le nord-ouest québécois. Ministère de l'Énergie et des Ressources; MB 93-49, 26 pages.
- PERCIVAL, J.A. – CARD, K.D. – STERN, R.A. – BÉGIN, N.J., 1991 – A geological transect of the Leaf River area, northeastern Superior Province, Ungava Peninsula, Quebec. *In*: Current Research, Part C; Geological Survey of Canada, Paper 91-1C, pages 55-63.
- PERCIVAL, J.A. – MORTENSEN, J.K. – STERN, R.A. – CARD, K.D. – BÉGIN, N.J., sous presse – Giant granulite terranes of northeastern Superior Province: the Ashuanipi Complex and Minto block Canadian Journal of Earth Sciences.

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

RONDOT, J. – PLANTE, L. – SÉGUIN, M.K., 1993 – Géologie postarchéenne de la partie centrale du lac à l'Eau Claire ouest (Nouveau-Québec). Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; ET 92-06, 21 pages.

STEVENSON, I.M. 1968 – A geological reconnaissance of Leaf River map-area, New Quebec and Northwest Territories. Geological Survey of Canada; Memoir 356, 112 pages.

---

# Diamonds in Quebec: looking for profit

Victor S. Gushchin<sup>(1)</sup>, Jamie Fisher<sup>(2)</sup> and André Audet<sup>(3)</sup>

---

## Résumé

Les travaux de terrain de Bryson Burke Explorations Inc. ont résulté en la découverte de plus de 160 micro-diamants dans la Province de Grenville. L'auteur commente cette découverte, ainsi que les techniques utilisées.

\* \* \*

I will present, along with the associates of Bryson Burke Explorations Inc., an explanation of the joint Canadian/Russian prospecting techniques used to locate diamonds in western Quebec. The Russian expertise developed during the discovery of the Arcengelsk diamond field in the Baltic Shield, has culminated in a commercially viable diamond exploitation. The specialized geochemical prospecting techniques employed in prospecting for diamonds will be discussed. A joint Canadian-Russian system that has proven to be effective in the recent diamond discovery in western Quebec will be reviewed.

In addition to the geochemical field work, an explanation will be given of Bryson Burke Explorations' proprietary computer enhanced prospecting system. The computer system will be discussed for the benefit of the participants, since the computer played such a key role in delineating a diamond area in western Quebec, and

was the main prospecting tool utilized by Desmond Burke to find the area.

Bryson Burke proprietary computer software is an integral prospecting tool used by the company. It provides Bryson Burke Explorations Inc. with an added field advantage over other diamond exploration companies. In addition the company has an added advantage of working with an experienced group of diamond experts from St. Petersburg University and from the St. Petersburg Geophysical Expedition.

The knowledge and the experience that the Russians possess in the search for diamonds has been recognized by Bryson Burke Explorations Inc. and has been a key element in the company's success in locating diamonds in western Quebec. I recognized the potential for diamonds based upon the previous geological work commissioned in the area by Bryson Burke Exploration Inc. The results of an extensive geochemical program and computer aided projections of transportation processus for indicator minerals, were used to develop a hypothesis for estimating the likelihood of diamonds occurring in western Quebec.

Diamonds do occur in the Grenville Geological Province. Bryson Burke Explorations Inc. obtained the following results : over 160 micro-diamonds, numerous pyropes, G10 garnets, and over thirty geophysical anomalies that have the same signature as other known kimberlitic bodies. We therefore hope to provide the participants with the knowledge of a new and exciting diamond find, right in their own backyard.

---

(1) St. Petersburg University, Russia.

(2) Bryson Burke Explorations Inc.

(3) Consultant.



# Géologie, structure et importance économique de la région de Fort-Coulonge, Outaouais

Kamal N.M. Sharma<sup>(1)</sup>, Louis Madore<sup>(2)</sup>, Josée Lévesque<sup>(3)</sup>, Vernon H. Singhroy<sup>(4)</sup>

Grâce à sa localisation géographique, la région de Fort-Coulonge occupe une position structurellement unique et intéressante dans la partie ouest de la province de Grenville au Québec (figure 1). Elle se situe à l'ouest de la Ceinture centrale des métasédiments (Wynne-Edwards, 1972) dont la limite occidentale est marquée par le Linéament de Cayamant (Sharma *et al.*, 1993).

Le territoire à l'ouest du Linéament de Cayamant est majoritairement occupé par les roches des complexes gneissiques de composition tonalitique, granodioritique, granitique et amphibolitique. Toutefois, on retrouve également la présence de roches métasédimentaires dans les structures NW. L'étude structurale des images RADAR-SEASAT suivie de travaux de terrain a permis de définir un important corridor de déformation d'épaisseur kilométrique – le Linéament de Baskatong – Désert – au sein des roches de complexes gneissiques. Ce linéament a permis de subdiviser les complexes gneissiques en deux terranes: le Terrane de Baskatong - Dozois au nord du linéament, et le Terrane de Pythonga au sud du linéament (Sharma *et al.*, 1993). Les travaux radiométriques effectués par Guo et Dickin (1992, et communication personnelle) de l'Université McMaster qui montrent des âges modèles Sm/Nd archéens pour le Terrane de Baskatong – Dozois et des âges modèles protérozoïques pour le Terrane de Pythonga, viennent confirmer l'importance du Linéament de Baskatong – Désert.

Le Linéament de Cayamant représente plusieurs éléments géologiques marquants. Plus particulièrement, il définit un corridor de déformation intense de plusieurs kilomètres de largeur résultant du chevauchement des complexes gneissiques par l'empilement volcanosédimentaire de la Ceinture centrale des métasédiments.

Toutes les roches de la région ont subi une déformation ductile pénétrative et un métamorphisme qui varie du faciès amphibolite supérieur au faciès granulite. À l'est du Linéament de Cayamant, la foliation est orientée vers le NE, tandis qu'à l'ouest, elle est essentiellement orientée vers le NW. Cependant, les linéations minérales et d'étirement restent constantes de part et

d'autre du linéament et plongent vers le SE. Les indicateurs cinématiques montrent que la majeure partie du transport tectonique s'est effectuée vers le NW. Cet épisode de chevauchement a généré une déformation pénétrative importante et une foliation régionale d'orientation NE du côté oriental du Linéament de Cayamant. À l'ouest du linéament, le chevauchement a généré une série de nappes étroites aux flancs orientés vers le NW. Ces flancs de nappes soulignent le grain tectonique NW caractéristique de la région de Fort-Coulonge. Ces structures sont évidentes sur l'interprétation des images RADAR-SEASAT.

Les structures NW résultant du chevauchement, du SE vers le NW, de l'empilement métasédimentaire du Supergroupe de Grenville sur les roches des complexes gneissiques sont utiles pour délimiter la "Zone de l'avant-pays de la ceinture monocyclique" telle que définie par Sharma *et al.* (1993). Ces structures impliquent un transport tectonique en chevauchement de plusieurs dizaines de kilomètres.

L'interprétation d'images RADAR-SEASAT met également en évidence les structures cassantes reliées au graben d'Ottawa – Bonnechère. La fréquence de ces structures augmente en s'approchant de la rivière des Outaouais vers le sud. Une attention particulière devra être portée à toutes ces structures cassantes qui pourraient s'avérer des sites privilégiés pour la mise en place de roches, telles que les kimberlites, lamproïtes, lamprophyres, carbonatites etc., caractéristiques des cassures affectant les cratons archéens ou protérozoïques. En effet, il est bien connu que les kimberlites peuvent renfermer du diamant si le contexte de leur mise en place a réuni toutes les conditions gîtologiques favorables.

Une importante anomalie aéromagnétique positive orientée N-S se trouve dans la partie centrale du feuillet 31K. Elle mesure plus de 50 km de longueur et plus de 15 km de largeur. Au cours de nos travaux, nous avons noté plusieurs affleurements de roches ultramafiques (péridotites et pyroxénites) dans la zone occupée par cette anomalie. Ces roches sont très denses, elles sont accompagnées d'une altération rouille et contiennent de la pyrrhotine, de la chalcopryrite et de la pyrite en dissémination ou en taches. L'importance de cette anomalie découle du fait qu'une anomalie isolée de même intensité mais de dimension beaucoup plus restreinte est située juste à l'est de l'extrémité nord de

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

(2) Université du Québec à Chicoutimi

(3) Carleton University, Ottawa

(4) Centre canadien de télédétection, Ottawa

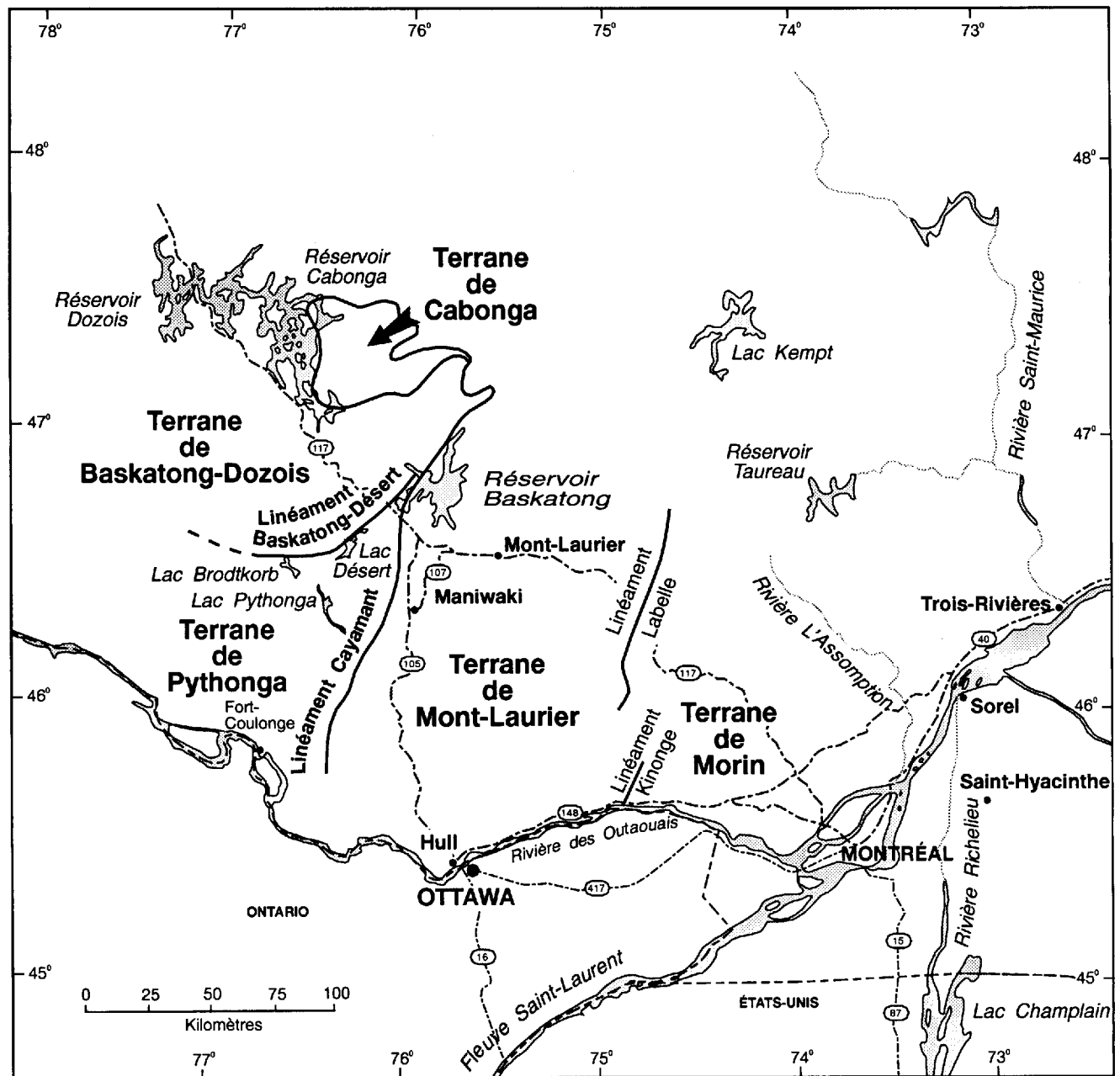


FIGURE 1 - Subdivisions tectoniques dans le Grenville de l'Outaouais et de la Gatineau.

l'anomalie principale. Elle correspond aux roches ultramafiques de l'ancienne mine Renzy d'où on a extrait, entre 1969 et 1972, 765 753 tonnes de minerai, à une teneur moyenne de 0,44 % Ni et 0,5 % Cu. Conséquemment, l'anomalie principale devient une cible de grande importance pour la recherche de Ni-Cu et des éléments du groupe des platinoïdes.

Les travaux effectués dans la région de Fort-Coulonge ont aussi permis de mettre à jour de nouveaux indices minéralisés. Ils ont aussi permis d'identifier de nouveaux sites favorables à l'exploration de minéraux industriels et de pierre dimensionnelle. Nous avons remarqué des minéralisations en sulfures, sous forme

disséminée ou massive, reliées aux zones de cisaillement et de mylonitisation, que ce soit dans les roches du Supergroupe de Grenville ou dans les roches du complexe gneissique. Lorsque ces zones de cisaillement affectent les paragneiss ou les complexes gneissiques, elles engendrent souvent le développement de la sillimanite. De telles zones sont particulièrement communes dans les corridors de déformation délimitant la Ceinture centrale des métasédiments (Linéament de Cayamant) et dans le corridor de déformation délimitant les terranes de Pythonga et de Baskatong - Dozois (Linéament de Baskatong - Désert), et également dans les zones de déformation associées aux



nappes de charriage dans la région de Fort-Coulonge. Plusieurs zones de silicification contenant des minéraux secondaires tels le grenat, la biotite, la fluorine et la tourmaline ont été identifiés. Ces zones silicifiées possèdent des quantités significatives de pyrite et de pyrrhotine. La pyrrhotine est particulièrement abondante dans des horizons de diopsidite associés aux roches calcosilicatées. Des zones riches en pyrrhotine sont aussi observées dans des niveaux de marbre dolomitique riche en olivine et serpentine. La pyrrhotine est très abondante dans certaines intrusions gabbroïques. Quelques grains de sphalérite et de galène ont été observés dans les marbres.

Les marbres dolomitiques sont particulièrement abondants dans la partie nord de l'île du Grand Calumet et à proximité de Portage-du-Fort. Certains de ces marbres dolomitiques contiennent de la brucite ou d'importantes quantités de trémolite. Les gneiss roses et gris du secteur de Vinton possèdent une couleur et

une texture attrayantes et pourraient s'avérer intéressants pour l'exploitation de la pierre dimensionnelle.

## Références

- GUO, A. – DICKIN, A. P., 1992 – Tectonic significance of Nd model age mapping in the Grenville province of western Québec. LITHOPROBE – Abitibi – Grenville Transect; Report n° 25.
- SHARMA, K. N. M. – HOCQ, M. – LÉVESQUE, J. – RIVE, M., 1993 – Région de Grand-Remous – Maniwaki – Danford Lake: Observations structurales et importance économique; Excursion des Amis du Grenville au Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 93-50.
- WYNNE-EDWARDS, H. R., 1972 – The Grenville Province. *In* : Variations in Tectonic Styles in Canada, (Edited by R. A. Price and R. J. W. Douglas). Geological Association of Canada; Special Paper n° 11, pages 263-334.



# Le potentiel aurifère des Appalaches: l'exemple de Terre-Neuve

Benoit Dubé et Kathleen Lauzière<sup>(1)</sup>

Les zones aurifères présentes à Terre-Neuve témoignent du potentiel des Appalaches pour ce type de minéralisation. La mine Hope Brook prévoit produire, au cours de cette année, plus de 120 000 onces d'or, devenant ainsi potentiellement un des dix producteurs aurifères canadiens les plus importants. Les tableaux 1 et 2 indiquent qu'il existe également plusieurs autres dépôts et indices aurifères significatifs. Notre étude de ces principales zones aurifères nous a permis de constater que les contrôles structuraux et l'influence chimique des lithologies hôtes varient. Il importe donc de bien les documenter dans le but d'identifier des critères d'exploration propres à la problématique appalachienne et non pas uniquement basés sur l'expertise acquise dans les ceintures de roches vertes archéennes.

**TABLEAU 1 – Dépôts aurifères à Terre-Neuve**

DÉPÔTS	Réserves (Millions de tonnes)	Teneur en Au (g/t)
Hope Brook	11,2 (prouvées)	4,5
Cape Ray	0,45 (prouvées) 0,99 (géologiques)	10,0 6,3
Pine Cove	2,8 (prouvées)	2,74
Hammer Down	0,43 (géologiques)	11,6
Nugget Pond	0,51 (géologiques)	14,1

**TABLEAU 2 – Indices aurifères majeurs à Terre-Neuve**

Indices majeurs	Résultats significatifs
Cape Ray	
- Isle aux Morts	15 mètres à 8,13 g/t Au
- Big Pond	3 mètres à 15,43 g/t Au
- Windowglass Hill	3 mètres à 6,17 g/t Au
Deer Cove	2,9 mètres à 14,25 g/t Au
Stog'er Tight	7 mètres à 23 g/t Au
Dorset	2,5 mètres à 56 g/t Au
Glover Island	54 mètres à 2,40 g/t Au 14 mètres à 6,86 g/t Au

Ainsi, plusieurs dépôts montrent principalement un contrôle structural. L'or se trouve alors: 1) dans des veines d'extension bréchiques, localisées dans le mur

d'une faille inverse de deuxième ordre et orientées perpendiculairement à celle-ci (ex: Deer Cove); et 2) dans des veines de quartz rubanées, localisées dans des zones de cisaillement cassant-ductile reliées au développement de plis et/ou à l'anisotropie induite dans le milieu par la présence de dykes compétents (ex: Hammer Down, Dorset). D'autres dépôts montrent une forte influence chimique des lithologies hôtes. La minéralisation à l'indice Stog'er Tight (Kirkwood et Dubé, 1992) est pratiquement confinée dans les éponges altérées de filons-couches gabbroïques dont la rhéologie et la chimie sont très favorables à la précipitation de l'or. De même, le long de la faille de Cape Ray (tableaux 1 et 2), l'or est associé principalement à la présence de schistes à graphite et à des sédiments riches en fer. Ces unités ont joué un rôle critique en contrôlant la précipitation de l'or, suite à la diminution de la fugacité de l'oxygène et à la production de CO<sub>2</sub> induite par la présence du graphite, ou en provoquant une diminution de l'activité du soufre et une déstabilisation du complexe aurifère, par réaction du fluide avec les roches riches en fer.

Les gîtes filoniens étudiés présentent donc des caractéristiques structurales et minéralogiques, typiques des gîtes mésothermaux. Des données isotopiques récentes confirment cette classification (Ramezani *et al.*, 1992). Comme illustré le long de la faille de Cape Ray et dans la péninsule de Baie Verte, ces zones minéralisées sont reliées à un épisode majeur de magmatisme et de métamorphisme associé à une phase orogénique post-taconique. Des datations U-Pb récentes sur des zircons hydrothermaux à l'indice Stog'er Tight (Ramezani *et al.*, 1992) et des datations <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar sur des muscovites de l'indice Deer Cove (Lydon *et al.*, 1990) suggèrent, en effet, que la minéralisation est tardi-Silurien à Dévonien précoce et pourrait être reliée à l'orogénie silurienne.

En terme d'exploration, cette étude suggère que les zones aurifères sont associées aux zones de failles majeures en chevauchement ou en transpression. Les zones minéralisées se situent fréquemment dans le toit de zone de faille de deuxième et troisième ordres. La détermination précise de l'histoire structurale et la cinématique de ces failles sont des éléments clés, car l'attitude des veines minéralisées et la géométrie des zones altérées sont directement reliées à la nature du mouvement le long de ces failles. Au site de dépôt, la

(1) Centre géoscientifique de Québec

minéralisation se retrouve dans les épontes altérées ou, plus typiquement, sous forme de veines de quartz sub-parallèles ou à angle fort par rapport à la zone de faille. Localement, les veines minéralisées sont localisées dans des zones de forte déformation associées au développement de plis et représentant des structures accommodant la déformation durant le développement et le serrage de ces plis. Les filons-couches de gabbro, les basaltes, les dykes felsiques, les schistes à graphite et les sédiments riches en fer constituent fréquemment les unités hôtes de la minéralisation, étant donné leur comportement rhéologique et/ou leur composition chimique, favorable à la déstabilisation du complexe aurifère véhiculant l'or.

Le Québec englobe un très grand segment des Appalaches qui, bien que les environnements tectono-stratigraphiques puissent varier, fournit tout de même certaines structures importantes au point de vue métallogénique. À titre d'exemple, le potentiel aurifère de la ligne Baie Verte-Brompton est souligné par l'indice Bellechasse (Burzynski, 1991). Cet indice illustre bien la relation entre structure majeure et lithologie favorable, documentée dans plusieurs dépôts de Terre-Neuve. La minéralisation est confinée à l'intérieur d'un filon-couche de gabbro situé dans la zone de Dunnage, à quelques kilomètres à l'ouest de la ligne Baie Verte-Brompton, et témoigne du potentiel aurifère du segment québécois des Appalaches.

## Références

- BURZYNSKI, J.F., 1991 – Geology of the Bellechasse gold deposit, Bellechasse Township, Quebec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, du Québec; Séminaire d'information 1991, résumés des conférences; DV 91-26, pages 7-9.
- KIRKWOOD, D. – DUBÉ, B., 1992 – Structural control of sill-hosted gold mineralization: The Stog'er Tight gold deposit, Baie Verte Peninsula, northwestern Newfoundland. In : Current Research, Geological Survey of Canada, Paper 92-1D, pages 211-221.
- LYDON, J.W. – LAVIGNE, J.G. – RODDICK, J.C.M., 1990 – The relationships of gold mineralization to the thermal and tectonic history of the Baie Verte Peninsula, Newfoundland. Geological Survey of Canada; Minerals Colloquium, Program with Abstracts, pages 26.
- PATEY, K.S. – WILTON, D.H.C., 1990 – The Deer Cove mesothermal lode gold deposit, Baie Verte Peninsula, Newfoundland – A Mother Lode Analogue. GAC-MAC, Program with abstracts, pages 102.
- RAMEZANI, J. – DUNNING, G. – WILSON, M., 1992 – Geochemical and isotopic study of the Stog'er Tight gold project, Baie Verte peninsula, Newfoundland. GAC-MAC meeting, Wolfville, Program with abstracts, pages A93.

# **Nouveaux développements dans le Grenville**

---



# Découverte d'un gîte de titane et de phosphate dans la région de Baie-Comeau

Émilien Séguin<sup>(1)</sup>

## Localisation

Le gîte est localisé près de la rive sud du lac Dissimieux, à 140 km au nord-ouest de la ville de Baie-Comeau. La route la plus près se rend au lac de la Blache (22K/4) et passe à 25 km à l'est du lac Dissimieux (22F/13).

## Géologie

Le gîte est situé dans une bande d'anorthosite qui longe la bordure sud du massif d'anorthosite du lac de la Blache. Il a une direction N40° E et un pendage sub-vertical et est associé à une grande zone de cisaillement.

La minéralisation a été observée sur une distance de 4 km dans l'axe de la zone de cisaillement et sur une largeur de 200 à 300 mètres. À la date de la rédaction de ce sommaire, un seul échantillon a été analysé. Il a donné 6 % de TiO<sub>2</sub> correspondant à 12 % d'ilménite et 4,5 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> correspondant à 11 % d'apatite.

## Minéralogie

Une section polie a été fabriquée au Centre de Recherche minérale de Québec à partir d'un échantillon considéré comme étant représentatif du gîte minéralisé. On y a identifié de l'ilménite et de l'apatite, accompagnées d'un peu de magnétite, le tout disséminé dans l'anorthosite.

Dix plages d'ilménite ont ensuite été analysées par spectrométrie de dispersion de l'énergie (microscopie électronique à balayage) en vue de déterminer la qualité de l'ilménite d'après ses teneurs en TiO<sub>2</sub>, CaO et MgO. Les analyses ont donné les résultats suivants:

Oxyde	Minimum	Maximum	Moyenne
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	49,2	50,9	49,9 %
TiO <sub>2</sub>	48,3	49,4	48,7 %
MgO	0,2	1,5	0,8 %
CaO	0,0	0,3	0,1 %
MnO	0,3	0,6	0,5 %

Selon les informations reçues verbalement de sociétés américaines spécialisées dans la transforma-

tion de l'ilménite (FeO. TiO<sub>2</sub>) en rutile synthétique (TiO<sub>2</sub>), l'ilménite doit contenir au moins 45 % de TiO<sub>2</sub> et au plus 1,5 % de MgO et 0,10 % de CaO, pour que la transformation puisse être envisagée.

L'ilménite du lac Dissimieux rencontre donc ces trois exigences et à notre connaissance, elle est la seule ilménite au Canada à pouvoir le faire. Nous ne connaissons qu'un gîte qui soit comparable; il est situé au Minnesota et appartient à la société BHP-Utah.

## Le titane

Plus de 90 % du titane produit dans le monde est utilisé pour la production de pigment blanc dans la fabrication de peinture, de plastique et de papier. Le reste est utilisé sous forme de métal, dans la production d'alliage spéciaux requis surtout dans l'industrie des armements.

Présentement, la majeure partie du titane mondial provient de sables titanifères où l'ilménite et le rutile sont concentrés avec d'autres minéraux lourds, dont la monazite. Les principaux gîtes de sables titanifères sont situés aux États-Unis, en Afrique du Sud, à Madagascar et en Australie. Selon nos informations, les réserves de sables titanifères sont limitées et représentent une possibilité de production d'environ 10 ans. De plus, la présence de monazite qui est un minéral radioactif, pénalise ces gîtes.

Dans ce contexte, les spécialistes en la matière sont d'avis qu'à moyen et long termes, l'industrie du titane devra compter principalement sur la transformation de l'ilménite (FeO.TiO<sub>2</sub>) en rutile synthétique (TiO<sub>2</sub>).

C'est dans cet esprit que GASPÉSIE s'intéresse depuis quelques années à l'identification au Québec d'un gîte d'ilménite "rutilable", tenant compte du fait que de nombreux gîtes d'ilménite sont connus, particulièrement au Québec dans les formations géologiques du Grenville.

## L'apatite

L'apatite est un minéral de phosphate utilisé pour la production d'engrais agricole. Il n'y a présentement aucun producteur de phosphate au Canada. Les principales exploitations d'apatite associée à une roche cristalline sont localisées en Russie, en Afrique du Sud et au Brésil où les teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sont respectivement

(1) GASPÉSIE, Société d'exploration pétrolière et minière Inc.

de 17 %, 7 % et 14 %. Au lac Dissimieux, l'apatite (11 %) s'ajoute à l'ilménite (12 %) et augmente d'autant l'intérêt économique du gîte.

### **Programme de travail**

*GASPÉSIE* se propose de réaliser cet automne un programme de travaux présondages, comprenant l'établissement d'une grille de lignes, un levé détaillé de magnétométrie et le prélèvement d'échantillons.

Étant donné l'absence de route au lac Dissimieux, *GASPÉSIE* aimerait utiliser un chemin d'hiver, tirant avantage des nombreux lacs, pour y entrer des foreuses, idéalement en janvier prochain, si son budget le permet.

Le programme de travail proposé est évalué à 3,4 millions de dollars et il comprend:

a) la réalisation d'un programme de 20 000 mètres de sondages carottés;

b) des travaux de laboratoire en vue de la production de concentrés d'ilménite et d'apatite, à partir d'un échantillon de plusieurs tonnes;

c) une étude de pré faisabilité couvrant l'exploitation du gîte, le traitement du minerai au lac Dissimieux et la transformation de l'ilménite en rutile synthétique dans une usine à être construite à Baie-Comeau.

Le coût de la mise en oeuvre du projet global comprenant la construction d'un concentrateur au lac Dissimieux, la mise en place des infrastructures (routes, camps, électricité), la préparation de la carrière et la construction d'une usine de transformation de l'ilménite en rutile synthétique à Baie-Comeau est de l'ordre de 180 millions de dollars.

La région de Baie-Comeau pourrait être appelée à jouer un rôle d'importance dans l'industrie du titane et du phosphate pour de nombreuses années.



# Stratification lithologique et minéralogique du complexe de Sept-Îles

Jules Cimon<sup>(1)</sup>

## Généralités

Les roches de la région de Sept-Îles ont depuis longtemps intrigué les scientifiques. Déjà dans la première moitié du 19<sup>e</sup> siècle, en effectuant un levé hydrographique du Bas-Saint-Laurent, Bayfield (1840) en reconnut le caractère particulier. Associées aux roches intrusives de la série de Morin par Faessler (1942), Wynne-Edwards (1972) en fit cependant mention comme un bon exemple d'anorthosite peu métamorphosée comparativement aux autres anorthosites précambriennes du Bouclier.

Entre-temps, Kumarapeli et Saull (1966) décrivent la vallée du Saint-Laurent comme une zone de rift comparable au rift Est Africain. Cette zone de rift a été associée par la suite à l'ouverture d'Iapetus (Kumarapeli, 1985), laquelle s'est accompagnée de produits volcaniques et magmatiques, dont les carbonatites localisées le long des grabens du Saguenay et d'Ottawa et datées à 564 Ma (Doig et Barton, 1968). En 1977, Higgins et Doig (1977) établissaient l'âge du complexe à 544 Ma à partir de phases felsiques décrites comme contemporaines aux anorthosites encaissantes.

À partir de levés gravimétriques et magnétiques, Loncarevic *et al.* (1990) ont établi la géométrie tridimensionnelle du complexe en le décrivant comme une masse quasi circulaire d'un diamètre de 20 km, dont la forme ressemble à celle d'un entonnoir d'environ 5,6 km de profondeur au centre, et d'un volume de l'ordre de 20 000 km<sup>3</sup>. Ces caractéristiques en font, loin derrière le Bushveld, cependant, l'une des plus importantes intrusions stratifiées ignées au monde (Feininger, 1986).

Une infime partie du complexe, évaluée à 5 % de sa superficie totale, affleure à l'ouest de la ville de Sept-Îles, de la bordure de la baie des Sept-Îles jusqu'au lac Hall, sur la presqu'île de Marconi et sur les îles de l'archipel.

Les cartes géologiques disponibles donnent une géologie assez bien détaillée des îles et de la péninsule sur lesquelles sont bien exposées les séquences sommitales (Higgins et Doig, 1981). Cependant, sur la partie dite continentale, outre la limite entre la série litée et la série transitionnelle, aucune définition géologique plus détaillée n'est disponible.

Le travail entrepris en 1992 et continué en 1993 a donc consisté à faire la cartographie de la partie continentale du complexe en vue d'établir la succession stratigraphique en fonction des unités lithologiques rencontrées, la variation des principales phases minéralogiques et le comportement de certains éléments en traces dans les minéraux.

## Méthodes de travail

**Nomenclature:** Un certain nombre de travaux ont déjà été publiés sur le complexe de Sept-Îles et la nomenclature utilisée respecte assez bien la terminologie proposée par Irvine (1982) pour les intrusions étagées, et utilisée par Daigneault et Allard (1990) dans leur mémoire sur le complexe du lac Doré. Les termes "complexe" et "série" qui ont déjà reçu une certaine consécration, ont donc été repris et, lorsque possible, les séries ont été divisées en zones et en sous-zones.

**Lithologies:** Les termes lithologiques utilisés suivent la classification de Streckeisen (1976) et les proportions minéralogiques ont été estimées visuellement en faisant abstraction des oxydes.

**Minéraux:** La composition minéralogique des principaux silicates a été déterminée par microsonde sur la partie centrale des minéraux en phase cumulus. Le comportement de certains éléments en traces, dont le chrome, le nickel et le manganèse, a été déterminé de la même façon.

## Série de bordure

La position du contact entre les roches du complexe et les gneiss encaissants ne fait pas l'unanimité parmi les principaux auteurs, de sorte que certains incluent comme faisant partie du complexe, sans l'identifier comme roche de bordure, une séquence de gabbro à olivine finement grenu que l'on retrouve tout au long de la zone de contact. Dans la présente étude, cette séquence est associée pour le moment au complexe et définie comme la série de bordure.

La série de bordure a une épaisseur apparente variant de 150 à 900 mètres. Relativement mince dans le secteur du lac Hall, elle s'épaissit considérablement dans le secteur du lac des Îles où elle peut être subdivisée en deux zones, soit une zone de leucogabbro à olivine comme enveloppe intérieure et une zone de

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

leucogabbro à olivine, hornblende et biotite comme enveloppe extérieure. Il s'agit d'une roche massive, finement grenue, non stratifiée, souvent bréchique et réinjectée de matière de composition identique mais de granulométrie différente. La zone de contact avec les gneiss est fortement laminée et les gneiss encaissants sont souvent injectés de dykes vermiformes de microgabbro de quelques centimètres à quelques mètres de puissance reliés entre eux ou isolés et qui s'estompent rapidement en s'éloignant de la zone de contact.

Le contact entre la série litée et la série de bordure est net mais discordant, et son attitude en profondeur est inconnue.

L'ensemble des roches de la série de bordure semble avoir été l'objet d'une recristallisation. L'olivine ne semble pas primaire, mais se présente en grands cristaux déchiquetés, en continuité optique, souvent sertis de petits grains arrondis de plagioclase et de magnétite et noyés dans une masse de plagioclase et de clinopyroxène en petits grains polygonaux. L'olivine et le clinopyroxène sont beaucoup plus ferrifères que dans la série litée, et le plagioclase est plus sodique.

### Série litée

La série litée constitue en superficie l'unité la plus importante dans la région visitée. Sur le gradient magnétique vertical, le caractère stratifié de cette série est accentué par la présence de trois bandes arquées qui s'estompent au voisinage de la zone de bordure. L'épaisseur stratigraphique exposée est de l'ordre de 1 000 mètres et se compose d'une alternance de séquences dominées tantôt par des troctolites et tantôt par des gabbros interstratifiés de couches de magnétite.

La séquence localisée au sommet de la série litée affleure particulièrement bien le long des lignes de haute tension d'Hydro-Québec et a pu être définie avec un niveau de fiabilité très élevé sur une distance de douze kilomètres. Quant au reste de la région, en raison d'une piètre qualité d'affleurements, les unités n'ont pu être retracées que sporadiquement en bordure des lacs et des quelques chemins de pénétration existants.

Quelques séquences ultramafiques affleurent le long de la berge sud du lac des Rapides et à sa décharge; des clinopyroxénites, des werhlites et des dunités partiellement serpentinisées sont intercalées en lentilles métriques dans des séquences gabbroïques. Une pyroxénite à biotite poécilitique affleure aussi sur les berges du lac Hall.

La magnétite titanifère est omniprésente avec des concentrations variables mais à des teneurs moyennes excédant 10 %. Au sein des zones à dominance troctolitique, la ségrégation minéralogique est très fortement développée, de sorte que la magnétite forme des couches centimétriques à métriques presque pures al-

ternant avec des couches de troctolite très peu porteuses de magnétite.

Dans les séquences gabbroïques, d'autre part, la présence de magnétite en couches massives est plutôt rare; celle-ci se présente plutôt en grains équigranulaires dans des proportions très variables pouvant excéder 50 %. Dans les séquences bien litées, la ségrégation des minéraux par densité est omniprésente, la magnétite se concentrant à la base des lits et les plagioclases au sommet. La présence de xénolites d'anorthosite presque pure est fréquente. Ces anorthosites blanchâtres à granulométrie grossière sont fortement altérées en épidote, séricite et carbonate. Les minéraux opaques sont sous forme cristalline squelettique, associés avec du leucoxène et du sphène. Les minéraux ferromagnésiens sont transformés en chlorite biotite et hornblende. Ces xénolites d'anorthosite sont concentrés sur certaines couches. Leur lien de parenté avec le magma du complexe n'a pas été établi.

Au sommet de la série litée et coïncidant avec l'anomalie du gradient magnétique vertical la plus intense, sur une trentaine de mètres d'épaisseur stratigraphique, se succèdent quatre couches de magnétite de quelques mètres de puissance alternant avec des troctolites et des gabbros à olivine. Ces couches sont suivies d'une séquence d'environ 75 mètres de puissance, particulièrement riche en apatite et regroupant des nelsonites à magnétite et/ou à olivine et des troctolites finement grenues et fortement laminées. Cette séquence est souvent porteuse de nombreux fragments arrondis de provenance locale et résultant probablement de l'action abrasive de courants de turbidité.

L'apatite se présente en petits cristaux automorphes de quelques millimètres de section en phase cumulus généralement disséminée dans la magnétite intercumulus, mais aussi en inclusions dans la plupart des autres phases minérales. L'analyse de quelques nelsonites a indiqué des teneurs entre 4,5 et 8,8 % de  $P_2O_5$ , soit un apport d'apatite pouvant atteindre 20 % de la roche totale en poids. Ces teneurs sont de beaucoup supérieures à celles rapportées dans les zones d'apatite des principaux complexes stratiformes décrits dans la littérature. La précipitation de l'apatite coïncide avec la formation d'orthopyroxène au détriment de l'olivine et parfois du clinopyroxène et avec le développement de textures coronitiques.

### Série transitionnelle

La série transitionnelle est décrite comme une séquence massive de gabbro et d'anorthosite noires, de granulométrie grossière à très grossière (Loncarevic *et al.*, 1990), dont seuls la base et le sommet sont visibles. Même si en apparence ces roches ne sont pas litées, une forte anomalie du gradient magnétique ver-

tical au coeur de cette série suggère fortement de telles séquences litées.

Dans la région étudiée, outre les caractéristiques déjà énumérées, nous avons noté le développement de couronnes réactionnelles autour de l'olivine et de la magnétite et la présence d'inclusions opaques aciculaires dans les plagioclases. Les couronnes les plus fréquentes font voir trois enveloppes autour de l'olivine. Celles-ci sont composées de l'intérieur vers l'extérieur d'orthopyroxène, d'un enchevêtrement de hornblende et de biotite et d'une frange en gerbes de plagioclase très calcique (An<sub>80</sub>). Dans les cas où l'olivine a été totalement transformée, le coeur des nucleus coroniques est constitué d'un agrégat d'orthopyroxène.

### **Cryptostratigraphie**

La composition du plagioclase, celle de l'olivine et celle du pyroxène varient très peu au sein de la série litée, sauf au voisinage de la zone à apatite où la calcicité du plagioclase et la teneur en magnésium des olivines diminuent abruptement. Cette évolution s'inverse cependant au passage de la série litée à la série transitionnelle. Des points additionnels de référence seront cependant nécessaires pour documenter davantage ce phénomène inusité dans la cristallisation fractionnée des principales phases du complexe.

### **Comportement de certains éléments en traces dans les silicates**

À quelques exceptions près, la concentration de nickel dans l'olivine et celle du chrome dans le pyroxène sont sous le seuil de détection des analyses par microsonde. Ces deux minéraux montrent cependant un enrichissement constant en manganèse en évoluant vers la partie supérieure du complexe.

### **Géologie économique**

Au cours des deux dernières années Inco Exploration Technologie et Services a entrepris une vaste campagne d'exploration sur le complexe. Elle a effectué trois sondages totalisant près de 5000 mètres dans le but de vérifier l'existence d'une série ultramafique en profondeur, suspectée par l'anomalie gravimétrique, et de vérifier la présence possible d'éléments du groupe du platine. Les forages les plus profonds ont atteint une profondeur de 2400 mètres sous la surface, malheureusement sans recouper la zone ultramafique suspectée, mais ont fourni une quantité considérable d'informations sur l'évolution du complexe en profondeur.

Au cours de nos travaux sur le terrain, nous avons noté l'omniprésence de sulfure disséminé (pyrite, chalcopryrite et pyrrhotine) à l'état de traces (< 1 %). Les

meilleures concentrations ont cependant été observées près de la base de la série transitionnelle où les sulfures et particulièrement la chalcopryrite se présentent en une fine imprégnation. Les importantes variations minéralogiques et texturales observées au contact entre la série litée et la série transitionnelle témoignent de perturbations importantes dans la cristallisation fractionnée du magma. Ces perturbations ont pu favoriser la précipitation de sulfures faisant de ce niveau une cible privilégiée pour la présence de métaux.

La zone riche en apatite, localisée au sommet de la série litée, a été retracée sur quelque douze kilomètres et affleure sur une bande de quelques centaines de mètres. Compte tenu des teneurs obtenues, elle constitue une source de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> potentiellement intéressante.

### **Références**

- BAYFIELD, H.W., 1840 – Notes on the geology of the North Coast of the St. Lawrence. Geological Society of London; Transactions, 2nd series, volume 5, pages 89-102.
- DAIGNEAULT, R. – ALLARD, G., 1990 – Le Complexe du Lac Doré et son environnement géologique. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 89-03.
- DOIG, R. – BARTON, J.M., 1968 – Ages of carbonatites and other alkaline rocks in Québec. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 5, pages 1401-1407.
- FAESSLER, C., 1942 – Région de Sept-Îles, côte nord du St-Laurent, Comté de Saguenay, Québec. Ministère des Mines du Québec; RG-11.
- FEININGER, T., 1986 – A major layered mafic intrusion at Sept-Îles, Québec. Geological Association of Canada; Program with abstracts, volume 11.
- HIGGINS, M.D. – DOIG, R., 1981 – The Sept-Îles anorthosite complex: field relationship geochronology and petrology. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 18, pages 561-573.
- HIGGINS, M.D. – DOIG, R., 1977 – 540 Myr-old anorthosite complex in the Grenville province of Québec, Canada. Nature (London); volume 167, pages 40-41.
- IRVINE, T.M., 1982 – Terminology of layered intrusions. Journal of Petrology; volume 23, part 2, pages 127-162.
- KUMARAPALI, P.S. – SAULL, V.A., 1966 – The St. Lawrence Valley system: A North American equivalent of the East African Rift Valley System. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 3, pages 639-658.
- KUMARAPALI, P.S., 1985 – Vestiges of Iapetan rifting in the craton west of the northern Appalachians. Geoscience Canada; volume 12, pages 54-59.

LONCAREVIC, B.O. – FEININGER, T. – LEFEBVRE, D., 1990 – The Sept-Îles layered mafic intrusion: géophysical expression. *Journal canadien des Sciences de la Terre*; volume 27, numéro 4, pages 501-512.

STRECKEISEN, A., 1976 – To each plutonic rock its proper name. *Earth Sciences Reviews*; volume 12, pages 1-33.

WYNNE-EDWARDS, H.R., 1972 – The Grenville Province. *In: Variations in tectonic styles in Canada* (R.A. Price and R.Y.W. Douglas). Geological Association of Canada; Special Paper 11, pages 203-334.

# Le gîte de titane, grenat, zircon et fer de Natashquan: harmoniser le produit aux marchés

Jean-Charles Potvin et John Porritt<sup>(1)</sup>

## Projet d'exploitation

L'industrie des sables minéralisés se développe rapidement. À titre d'exemple, au plan mondial, les revenus tirés de l'exploitation de sables minéralisés s'élevaient en 1990 à \$ 5,8 milliards comparativement à \$ 5,2 milliards pour le nickel et à \$ 6,7 milliards pour le zinc.

Des pays tels que l'Australie et l'Afrique du Sud sont déjà engagés dans l'exploitation de leurs dépôts de sables minéralisés et, près de nous, l'état de la Floride est aussi engagé, de façon moins importante, dans ce courant mondial. Les principaux joueurs au sein de l'industrie des sables minéralisés sont RTZ (Afrique du Sud), Du Pont de Nemours, Renison (Australie) et Nord Resources.

TIOMIN Resources Inc. est une société minière junior, inscrite sur le marché boursier de Montréal, qui détient les droits sur un dépôt de sables minéralisés situé sur la Côte-Nord.

Au cours des dernières années, ce dépôt a fait l'objet de nombreuses études de caractérisation, d'estimation des réserves et d'évaluation des possibilités d'exploitation. Historiquement, ces études ont presque toujours été réalisées dans la seule perspective de valorisation des minéraux de fer (magnétite).

En 1984, TIOMIN entreprenait l'évaluation du potentiel de développement de ce dépôt pour l'ilménite. Parallèlement, au cours des trois dernières années, des études réalisées au Centre de recherches minérales (CRM) ont démontré que le grenat et le zircon s'ajoutent à la magnétite et à l'ilménite comme minéraux pouvant être extraits des sables et ce, en quantité potentiellement suffisante pour en justifier l'exploitation. Les résultats de ces analyses et les conditions de marché prévalant actuellement au plan international incitent TIOMIN à poursuivre ses travaux d'évaluation du potentiel de développement de son dépôt de sables minéralisés.

Par une approche intégrée qui tire profit des quatre minéraux qui peuvent en être extraits, TIOMIN compte lancer les efforts d'exploitation de son dépôt sablonneux.

## Le dépôt

Le dépôt sur lequel TIOMIN détient les droits miniers est localisé à l'embouchure de la rivière Natashquan, dans le golfe du Saint-Laurent, à quelque 300 km à l'est de Sept-Îles. Il est situé à proximité de deux villages côtiers, dont un est desservi journalièrement par un grand transporteur aérien. En outre, il donne accès à un port de mer en eau profonde qui permettrait d'atteindre les marchés européen et américain à des coûts très compétitifs, voire même inférieurs à ceux des exploitants australiens ou africains.

Les réserves du dépôt de TIOMIN s'établissent à 1,3 milliard de tonnes sur environ 30 % de sa propriété qui s'étend sur 208 km<sup>2</sup>. La teneur moyenne du dépôt en minéraux lourds est à 6,5 %, comparativement aux teneurs de 6 % et de 3 % obtenue respectivement aux dépôts de RTZ (Afrique du Sud) et de Renison (Australie). Il est prévu que cette teneur moyenne, devrait atteindre les 10 % pour les dix premières années d'exploitation du dépôt et que le potentiel d'exploitation de la mine s'échelonne sur plus de 50 ans.

## L'exploitation des sables minéralisés

La technologie d'exploitation des sables minéralisés est bien établie et peut de bénéficier de l'expérience l'Australie et de l'Afrique du Sud.

L'extraction des sables de la région de Natashquan se ferait par dragage en bassin artificiel, des opérations similaires étant d'ailleurs réalisées au Yukon depuis le début du siècle. Avec une telle approche, la période de dragage pourrait s'étendre sur une dizaine de mois par année. TIOMIN n'entend cependant pas toucher à la partie fluviale de sa propriété au cours de son exploitation éventuelle, l'extraction des sables minéralisés se limitant à un dépôt localisé hors de la rivière Natashquan. De plus, les méthodes de traitement des sables minéralisés qui sont privilégiées ne font intervenir aucun produit chimique. Les répercussions sur le plan environnemental seront donc réduites au minimum.

Grâce à la forte teneur en minéraux lourds de son dépôt, à la diversité des quatre minéraux pouvant être extraits, à la grande accessibilité aux marchés internationaux que lui procure sa localisation et à des coûts

(1) Tiomin Resources Inc.

énergétiques relativement avantageux, TIOMIN croit fermement à la viabilité de son projet d'exploitation. Elle est toutefois désireuse de recueillir les appuis nécessaires quant à son projet qui, à moyen terme, pourrait permettre la création de quelque 150 emplois.

## Les minéraux à être exploités

Tel que mentionné précédemment, la magnétite, l'ilménite, le zircon et le grenat sont les principaux minéraux pouvant être extraits du dépôt de TIOMIN. Ces minéraux, qui font l'objet des études à être réalisées, seront maintenant décrits sommairement.

### LA MAGNÉTITE

Contrairement à la plupart des producteurs de fer de la Côte-Nord qui exploitent l'hématite, le dépôt de Natashquan se caractérise par de la magnétite dont le contenu en fer est légèrement plus élevé. Cet avantage de la magnétite est cependant réduit à cause d'une teneur en titane légèrement trop élevée dans le concentré, ce qui rend le produit non acceptable pour certains marchés.

La bonne infrastructure reliée au minerai de fer sur la Côte-Nord et de bonnes techniques de séparation de la magnétite associées à la production du concentré militent en faveur de la recherche de marchés pour ce produit.

### L'ILMÉNITE

L'ilménite fait partie des minéraux regroupant le fer et le titane. Sa formule chimique théorique à l'état pur est  $\text{FeO-TiO}_2$  et les teneurs trouvées s'échelonnent entre un contenu minimum de 35 à 40 % de  $\text{TiO}_2$  pour atteindre jusqu'à 60 %.

Pour des considérations pratiques, l'ilménite n'est jamais utilisée dans sa forme brute; elle est affinée et ses caractéristiques fondamentales sont modifiées. Elle devient alors un produit commercial manufacturé tel que les scories de titane ou le rutil synthétique. Les teneurs d'ilménite les plus élevées peuvent cependant être incorporées au procédé de fabrication au sulfate et devenir des pigments de bioxyde de titane. Le procédé d'affinage de l'ilménite a pour objectif d'en réduire le contenu ferreux et les autres impuretés.

À cause de son opacité, le pigment de bioxyde de titane est utilisé dans les industries suivantes :

Utilisations	% du marché
Revêtement (peinture, vernis et laques)	57 %
Papier	16 %
Plastique	17 %
Latex	2 %
Divers	8 %

Le Canada n'exporte pas d'ilménite. La totalité de l'ilménite produite par la QIT entre dans la fabrication des scories de titane. Tel qu'il a été évoqué précédemment, les États-Unis ne sont pas un important pays producteur d'ilménite et l'ensemble de la production est utilisée, à quelques exceptions près, au plan domestique.

Malgré la récession, le prix de l'ilménite est demeuré sensiblement au même niveau soit à 85-90 \$ (60-63 \$ US) f.o.b. Australie pour de l'ilménite d'une teneur moyenne de 54 % de bioxyde de titane.

### LE ZIRCON

Le Canada ne produit pas de zircon, 100 % de sa consommation étant importée dans des proportions vraisemblables de deux tiers de l'Australie et d'un tiers des États-Unis. Les importations américaines sont très variables allant de 45 000 tonnes en 1988 à 15 000 tonnes en 1990 pour remonter à 23 000 tonnes en 1992. N'étant pas producteur, le Canada n'exporte pas de zircon. Les exportations des États-Unis sont peu significatives et surtout destinées au Canada.

En Amérique du Nord, les utilisations les plus courantes du zircon sont les suivantes :

Utilisations	% du marché
Fonderies	28 %
Réfractaires	24 %
Abrasifs	13 %
Alliages, tiges à souder, produits chimiques, etc.	35 %

### LE GRENAT

Les utilisations du grenat en Amérique du Nord sont les suivantes :

Utilisations	% du marché
Produits de sablage (sandblasting)	41 %
Filtration de l'eau	29 %
Coupe au jet d'eau	15 %
Enduits abrasifs	13 %
Surfaçage et polissage	2 %

En fonction de sa dureté et de sa densité relative, le grenat est un excellent médium pour le sablage au jet.

Plusieurs systèmes de filtration d'eau utilisent des couches filtrantes multiples utilisant le grenat, la silice et le charbon.

La coupe au jet d'eau inclut de la poudre de grenat laquelle, combinée à de l'eau à haute pression, utilise les qualités abrasives du composé eau-grenat avec une précision quasi chirurgicale pour la coupe de matériaux comme l'acier, le verre, le plastique, les textiles etc.

De petites quantités de grenat moulu très fin sont également utilisées pour le polissage d'écrans cathodiques ou autres produits de verre.

La consommation du grenat en Amérique du Nord se situe entre 55 000 et 60 000 tonnes métriques par année et est répartie selon les utilisations mentionnées

précédemment. La consommation totale sera en hausse au cours des prochaines années.





# La suite plutonique de Rivière-à-Pierre, Portneuf: pétrologie, géochimie et mise en place pendant l'orogénèse Grenvillienne

Serge Perreault<sup>(1)</sup>

## Introduction

La suite plutonique de Rivière-à-Pierre (RAP) s'étend sur plus de 100 km de long soit de la région de Saint-Raymond-de-Portneuf jusque dans la région du lac Métabetchouane, dans la région du Saguenay – Lac-Saint-Jean (figure 1). Sa largeur varie de 10 à 30 km et elle forme la bordure est du feuillet SNRC 31P. Elle est composée principalement de granite porphyrique à hornblende et biotite (adamellite), de monzonite porphyrique pyroxénifère (mangérite verte) et de quantité mineure de gabbro, gabbro anorthositique et de monzogabbro à biotite. La localité type de la suite se trouve dans la région de Rivière-à-Pierre, région de Portneuf (environ 100 km au nord-ouest de Québec); des roches similaires sont bien connues dans la Réserve faunique des Laurentides et dans les régions de Charlevoix et du Saguenay (ex.: granite de Chicoutimi, granite de Ville de La Baie).

La suite RAP est dans le prolongement occidental des masses de granite, de monzonite et de monzonite pyroxénifère (mangérite) porphyrique du Complexe du Parc des Laurentides (Rondot, 1978). Compte tenu de la présence de paragneiss, d'orthogneiss et de roches plutoniques variées d'âges indéterminés, mais présumément pré-grenvilliens, Nadeau *et al.* (1992a) ont restreint le terme "Complexe du Parc des Laurentides" (CPL) aux monzonite pyroxénifère et granite porphyriques tardi- ou post-grenvilliens et ils ont utilisé le terme général de domaine lithotectonique du Parc des Laurentides (DLPL) pour décrire l'ensemble géologique qui compose la partie est du feuillet SNRC 31P.

Le RAP est aussi intrusif dans les unités du domaine lithotectonique de Portneuf-Mauricie (DLPM; domaine lithotectonique du Saint-Maurice de Nadeau *et al.*, 1992a). Les évidences du caractère intrusif du RAP sont la présence d'enclaves de paragneiss similaire au groupe de Montauban et la présence de plutons avec des contacts intrusifs (ex.: pluton du lac Gagnon, SNRC 31P1; Hébert, C., communication personnelle). Le DLPM est principalement composé du groupe de Mon-

tauban, du complexe plutonique de La Bostonnais et de masses d'anorthosites (anorthosite de Langelier) déformées avec leurs enveloppes de mangérite-charnockite (Nadeau *et al.*, 1992a; Perreault, 1992). Des masses de gabbro peu déformées tel que le gabbro de Lapeyrère, le gabbro du lac Edouard et le gabbro anorthositique du lac Étoile (secteur de Summit) recoupent les unités du DLPM.


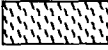
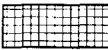

Les unités gneissiques du DLPL et du DLPM ont été fortement déformées et métamorphosées aux faciès des amphibolites supérieur et des granulites au cours de l'orogénèse grenvillienne. Le RAP montre des évidences de déformation ductile en bordure de certaines masses (ex.: dans la région du lac Ventadour (31P/16) et de la rivière Jeannotte (31P/8)), telles que foliations minérales d'origine tectonique avec écrasement et étiement des phénocristaux d'orthose et foliation mylonitique. Le RAP est aussi recoupé par des zones de cisaillement ductiles tardives dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à plus de un mètre de largeur. Ces zones de déformation produisent une mylonitisation du granite et de la monzonite pyroxénifère porphyriques et elles présentent des assemblages minéralogiques caractéristiques du faciès des amphibolites. En général, le centre des masses plutoniques du RAP est massif avec peu d'évidence de déformation ou de métamorphisme, à l'exception de certaines masses de granites porphyriques qui sont très déformées, avec une structure ocellée, dont la minéralogie et les caractères géochimiques (lorsque disponibles) sont similaires au RAP (ex.: granites porphyriques déformés dans le secteur de Summit). Ces granites porphyriques se trouvent à l'intérieur du DLPM et ils sont à proximité ou à l'intérieur d'importants corridors de déformation.

Le granite et la monzonite pyroxénifère porphyritiques de Rivière-à-Pierre sont exploités comme pierre architecturale depuis plus de 100 ans. Les carrières principales sont situées dans la région immédiate de Rivière-à-Pierre. Les variétés de granites exploités portent plusieurs noms commerciaux dont le *Calédonia* (granite porphyrique beige à rose), le *Vert Prairie* (mangérite verte), le *Newport* (granite rose porphyrique) et le *Deer Brown* (mangérite de couleur brunâtre).






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






## LÉGENDE

-  Granite de Summit
-  Gabbro et gabbro anorthositique (gabbro de Lapeyrère, gabbro du lac Étoile)
-  Suite plutonique de Rivière-à-Pierre (RAP) (monzonite pyroxénifère et granite porphyriques à hornblende et biotite avec gabbro, gabbro anorthositique et monzogabbro)
-  Gabbro, monzonite et granite à hornblende du Complexe plutonique du lac Travers

### Domaine lithotectonique Portneuf-Mauricie (DLPM)

-  Monzonite et granite à hornblende massifs à déformés
-  Mangérites, charnockites et granites porphyriques, foliés à gneissiques, localement à texture ocellée, avec métagabbros massifs à gneissiques
-  Méta-anorthosite de Langelier
-  Complexe plutonique de La Bostonnais: gabbro, diorite, tonalite et granodiorite à hornblende, massifs à gneissiques, localement migmatisés
-  Groupe de Montauban: gneiss quartzofeldspathique, paragneiss grenatifère, paragneiss alumineux (sillimanite-cordiérite), amphibolites et gneiss calco-silicatés

### Domaine lithotectonique du Parc des Laurentides (DLPL)

-  Alaskite massive à gneissique
-  Orthogneiss charnockitique
-  Gneiss granitiques migmatitiques, orthogneiss tonalitique, gneiss quartzofeldspathique à biotite, gneiss rubané (métatexites) à hornblende et lambeaux de paragneiss migmatisés grenatifères

## La suite plutonique de Rivière-à-Pierre (RAP)

### PÉTROGRAPHIE ET PÉTROLOGIE

La suite plutonique de Rivière-à-Pierre est composée de deux faciès lithologiques: l'un mafique, en faible proportion (moins de 10 %) et l'autre, felsique, qui est dominant (plus de 90%). La définition de ces deux faciès est basée 1) sur l'association étroite entre le pluton de Sanford et les monzonites et granites porphyriques et 2) sur les caractéristiques géochimiques similaires dans l'évolution des éléments traces des deux faciès.

### LE FACIÈS MAFIQUE

Le faciès mafique du RAP est principalement observé dans la région de la station Sanford (31P/8) et au sud du lac aux Perles. Il est composé de gabbro à olivine, de gabbro anorthositique et de monzogabbro. Il présente une évolution magmatique dans les phases mafiques. Sa bordure est définie par un microgabbro altéré dont la hornblende et la biotite remplacent les pyroxènes. Cette lithologie de bordure est recoupée par un gabbro à olivine à grains grossiers qui passe graduellement à un gabbro anorthositique à magnétite, le tout recoupé par des veines et dykes de gabbro anorthositique pegmatitique. Le monzogabbro forme des veines et dykes métriques à décamétriques; il est à grains grossiers avec 20-40% de phénocristaux de plagioclase et de mésoperthite.

### LE FACIÈS FELSIQUE

Le faciès felsique se divise en deux lithologies principales: une monzonite pyroxénifère et un granite à grains grossiers avec 25 à 50 % de phénocristaux d'orthose perthitique (1 à 3 cm) et contenant de la hornblende et de la biotite. Les phénocristaux d'orthose sont en général entourés d'une couronne d'albite typique d'une texture rapakivi. La distinction entre les deux lithologies est basée sur la présence ou l'absence d'orthopyroxène et la teneur en quartz. Les minéraux accessoires, dont la proportion peut atteindre 5%, sont composés de zircon, d'allanite, de titanite, de magnétite, parfois de monazite, d'épidote et d'apatite.

## Géochimie du RAP

### FACIÈS MAFIQUE

Le gabbro anorthositique et le monzogabbro de Sanford montrent un enrichissement en TiO<sub>2</sub>, en K<sub>2</sub>O et en éléments traces tels que le Ba, Ce, Y, Zr, Sr, La, Ga.

### FACIÈS FELSIQUE

La monzonite pyroxénifère et le granite porphyriques présentent des caractères géochimiques identiques à l'exception de la teneur en SiO<sub>2</sub> qui est moins

élevée dans la monzonite. On note une forte teneur en K<sub>2</sub>O (4,5 à 6,5%) et des teneurs élevées en Sr (400-1500 ppm), Zr (500-1000 ppm), Ba (1000 à 3500 ppm), Ce (150-450 ppm), La (100-300 ppm) et Nd (100-150 ppm). Ces roches présentent une teneur en Ga (20 à 30 ppm) similaire aux granites anorogéniques de type A (Whalen *et al.*, 1987).

### INTERPRÉTATION DES DONNÉES GÉOCHIMIQUES

Le RAP montre des teneurs élevées de certains éléments traces et de terres rares. Ces teneurs élevées résultent de l'abondance de minéraux accessoires (jusqu'à 5%) tels que le zircon et l'allanite. La forte teneur en Ba et Sr peut s'expliquer, en partie, par la cristallisation importante du feldspath potassique et d'une contamination crustale importante.

L'utilisation de diagrammes de discrimination d'éléments majeurs et d'éléments traces est courante dans une étude pétrogénétique (Pearce *et al.*, 1984). Les diagrammes Ba, Ce, K<sub>2</sub>O, Zr en fonction du SiO<sub>2</sub> montrent une nette différence entre les granitoïdes du complexe plutonique de La Bostonnais et le faciès felsique des RAP qui est très enrichi dans ces éléments. Les diagrammes Rb (ppm) versus Y+Nb (ppm), de Pearce *et al.* (1984), montrent que les granitoïdes du complexe plutonique de La Bostonnais possèdent les caractéristiques des granites d'arcs alors que le RAP possède des caractéristiques géochimiques typiques des granites d'intérieur de plaque continentale. Le diagramme FeO/MgO versus Zr+Nb+Ce+Y indique que le RAP a un caractère géochimique typique des granites de type A alors que les granitoïdes du complexe plutonique de la Bostonnais sont du type I.

## Âge de la suite plutonique de Rivière-à-Pierre

Les données géochronologiques de la région sont fragmentaires. Des âges ont été obtenus sur des granitoïdes du complexe plutonique de la Bostonnais, un échantillon du RAP et sur un échantillon du gabbro de Lapeyrère (Nadeau *et al.*, 1992-1992b). L'âge U/Pb obtenu sur des zircons extraits d'un granite du RAP est de ca. 1060 Ma (Nadeau *et al.*, 1992b) alors que les âges obtenus pour le complexe plutonique de la Bostonnais et le gabbro de Lapeyrère sont de ca. 1400 Ma et de ca. 1050 Ma respectivement. L'âge de 1060 Ma obtenu pour le RAP correspond bien à l'âge de ca. 1070 Ma pour le granite de Ville de La Baie qui est similaire au faciès felsique du RAP (Higgins et van Breemen, 1992b). Un âge de 1079 ± 22 Ma (isochrone Sm/Nd) a été obtenu sur l'anorthosite de Saint Urbain (Ashwal et Wooden, 1983). D'autre part, Higgins et van Breemen (1992a) ont démontré que l'anorthosite du Lac-saint-Jean (1157 Ma à 1145 Ma) est plus âgée que le RAP.

## Conclusion

La suite plutonique de Rivière-à-Pierre (RAP) couvre une grande superficie ( $\approx 5000 \text{ km}^2$ ) qui recoupe les unités gneissiques des domaines du DLPL et du DLPM. Elle est caractérisée par un faciès mafique mineur et un faciès felsique dominant qui est composé de monzonite pyroxénifère et de granite porphyriques à phénocristaux d'orthose, de hornblende et de biotite.

Le RAP est caractérisé par des teneurs élevées en Sr, Zr, Ba, Ca, La et Nd et présente un caractère géochimique similaire aux granites anorogéniques.

Les similarités pétrographiques, minéralogiques et géochimiques, la concordance des âges de cristallisation entre le RAP, le granite de Ville de La Baie et l'anorthosite de Saint-Urbain, et leur distribution géographique à l'intérieur du DLPL suggèrent un lien génétique entre ces unités géologiques. Néanmoins, le RAP recoupe les unités du DLPM ce qui implique qu'il n'est pas limité exclusivement au DLPL.

La mise en place du RAP s'est effectuée vers la fin de l'orogénèse grenvillienne, soit après le pic du métamorphisme et de la déformation majeure qui ont affecté les unités du DLPM et du DLPL, dans un environnement tectonique relativement stable. Les évidences de déformation observées dans le RAP sont associées à des mouvements tardigrenvilliens limités à des corridors de déformation et à la bordure des masses de monzonite et de granite.

## Références

- ASHWAL, L.D. – WOODEN, J.L., 1983 – Isotopic evidence from the eastern Canadian shield for geochemical discontinuity in the Proterozoic mantle. *Nature*; volume 306, pages 679-680.
- HÉBERT, C. – NADEAU, L., 1990 – Géologie du feuillet SNRC 31P/01 (Talbot), implications tectoniques et économiques. Rapport d'activité, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, DV 90-10, pages 15-17.
- HIGGINS, M.D. – van BREEMEN, O., 1992a – The age of the Lac-St-Jean Anorthosite intrusion and associated mafic rocks, Grenville Province, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 29, pages 1412-1423.
- HIGGINS, M.D. – van BREEMEN, O., 1992b – U-Pb geochronology and geochemistry of four late granitoid plutons in the Saguenay-Lac-St-Jean region, Quebec. LITHOPROBE Abitibi-Grenville Project; Report 33, pages 155-160.
- NADEAU, L. – BROUILLETTE, P. – HÉBERT, C., 1992a – Geology and structural relationships along the east margin of the St. Maurice tectonic zone, north of Montauban, Grenville Orogen, Quebec. Dans: Recherche en cours, Commission géologique du Canada, étude 92-1C, pages 139-146.
- NADEAU, L. – van BREEMEN, O. – HÉBERT, C., 1992b – Géologie, âge et extension géographique du groupe de Montauban et du complexe de La Bostonnais. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 92-03, pages 35-39.
- PEARCE, J.A. – HARRIS, N.B.W. – TINDLE, A.G., 1984 – Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*; volume 25, pages 956-983.
- PERREAULT, S., 1992 – Géologie de la région du Grand lac Bostonnais (31P/16), partie centrale de la province de Grenville. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 92-02, pages 23-24.
- RONDOT, J., 1978 – Région du Saint-Maurice. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DPV-594, 85 pages.
- WHALEN, J.B. – CURRIE, K.L. – CHAPPELL, B.W. – 1987 – A-types granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*; volume 95, pages 407-419.



# **Nouvelles connaissances géologiques dans le nord-ouest québécois**

---





# Synthèse des données géologiques sur le Groupe de Blake River: état de la question

Pierre Verpaelst<sup>(1)</sup>, Shirley Péloquin<sup>(2)</sup>, Karima Lagraa<sup>(2)</sup>, John Ludden<sup>(2)</sup>, Jean Goutier<sup>(1)</sup>, Denis-Jacques Dion<sup>(1)</sup> et Raymond Gaulin<sup>(3)</sup>

## Introduction

Depuis vingt ans, beaucoup de travaux ont été effectués sur le Groupe de Blake River, tant au point de vue géologique que géochimique, structural et gîtologique. On connaît déjà les travaux d'intégration des données entrepris par Dimroth *et al.* (1982, 1983a et b) et Hubert *et al.* (1984). Ceux-ci ont été les premiers à proposer des modèles d'évolution de ce secteur important de la Province du Supérieur, dans la région de Rouyn-Noranda. Les travaux subséquents viennent modifier et affiner ces modèles (Hubert et Ludden *et al.*, 1986; Péloquin *et al.*, 1990; Laflèche *et al.*, 1992) ou essaient de les intégrer dans le contexte évolutif de la ceinture de l'Abitibi (Ludden *et al.*, 1986; Chown *et al.*, 1992).

Nous ferons ici état des connaissances acquises récemment sur le Groupe de Blake River, à partir des travaux du MER, des compagnies et des institutions de recherche oeuvrant dans le secteur.

Le Groupe de Blake River (BR; figure 1) est constitué principalement de roches volcaniques mafiques à felsiques, elles-mêmes recoupées par des intrusions mafiques à felsiques synvolcaniques et post-tectoniques. Le groupe est délimité par des structures majeures: la zone tectonique de Cadillac au sud (CTZ), la faille Porcupine-Destor au nord (PDF) et la faille Parfouru à l'est. Le groupe lui-même est affecté par des plis et des failles, principalement orientés ENE et SE. Ces plis et ces failles perturbent de façon importante la stratigraphie telle qu'établie et nous obligent à la remettre en question.

## Stratigraphie

Le principal obstacle à l'établissement de la stratigraphie de la séquence volcanique est l'absence apparente d'horizons-repères et l'extension latérale généralement limitée des unités volcaniques. Dans la "séquence des Mines" (SM), on a bien identifié le contact principal (*main contact*) et le contact "C" le long desquels se trouvent la plupart des gisements de sulfures massifs volcanogènes. Il existe cependant plusieurs horizons d'exhalites semblables, tant dans la

séquence qu'ailleurs dans le Groupe de Blake River, notamment dans la partie ouest. Mais jusqu'à récemment, les tentatives de corrélation entre la "séquence des Mines" et les unités à l'extérieur de cette séquence avaient été peu fructueuses. De plus, les unités rhyolitiques sont particulièrement difficiles à distinguer les unes des autres; très souvent, c'est leur position stratigraphique qui permet de distinguer deux unités ayant les mêmes textures et la même géochimie. Toutefois, l'amélioration des techniques d'analyse a permis d'utiliser les éléments en traces pour distinguer des unités volcaniques du Blake River qui semblaient identiques par leurs éléments majeurs (Verpaelst 1985; Cattalani *et al.*, 1993).

Ainsi, les études pétrographiques et géochimiques détaillées montrent que la rhyolite de Fish-roe (Fr) constitue une unité qui se distingue nettement des autres unités rhyolitiques. Elle est caractérisée par une texture glomérophyrique à plagioclases, en plus d'être sphérolitique. La géochimie montre des teneurs plus élevées que dans les autres rhyolites pour le Ti, P et les éléments en traces hygromagmatophiles (Y, Zr, Nb, terres rares). Suite à cette caractérisation, on a pu identifier plusieurs unités de roches felsiques avec les mêmes particularités.

Les travaux antérieurs montraient que les unités en bordure et dans la partie ouest du Blake River constituaient la base du groupe et que les unités devenaient plus jeunes au centre (Gélinas *et al.*, 1984). Or, la rhyolite sphérolitique à teneur élevée en éléments en traces a été repérée au centre, dans la partie ouest et en bordure du Blake River (secteur du Québec). Le modèle stratigraphique doit donc être réévalué puisque les unités des trois secteurs semblent être contemporaines: par exemple, l'unité tholéiitique de Rouyn-Noranda (secteur de la CTZ) en bordure sud et l'unité calcalcaline de Dufault où se trouve la "séquence des Mines" (SM).

## Structure

La faille de Hunter Creek (FHu C), de direction ENE, est perçue comme une structure majeure qui sépare la "séquence des Mines" (SM) de la partie ouest du Blake River. Les corrélations de part et d'autre de cette faille sont loin d'être évidentes. Seule la rhyolite de Fish-roe

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

(2) Université de Montréal

(3) Unité de recherche et de service en technologie minérale, CEGEP Abitibi-Témiscamingue

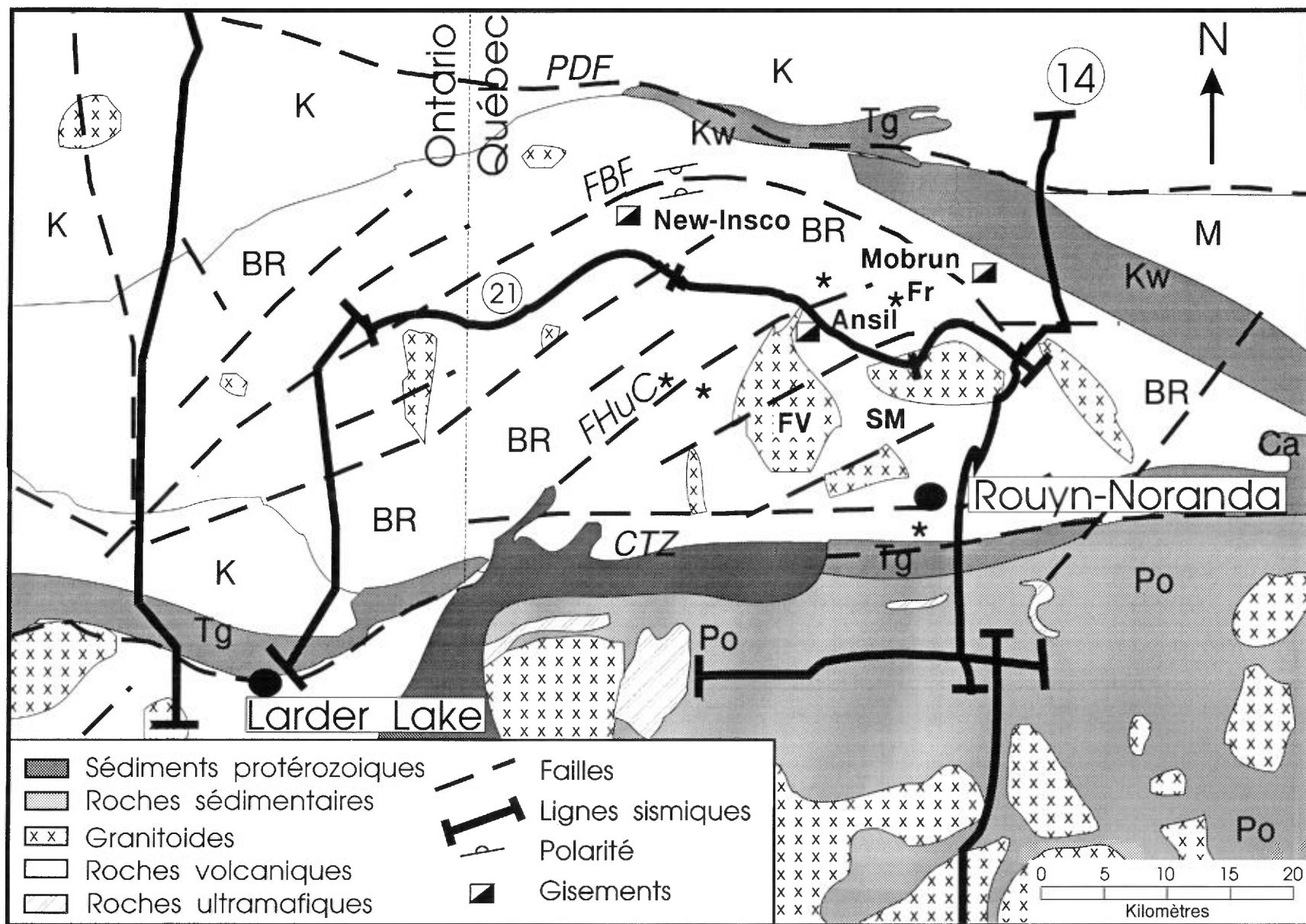


FIGURE 1 - Carte géologique simplifiée de la région de Rouyn-Noranda (Groupes: BR: Blake River; K: Kinojévis; M: Malartic; Tg: Timiskaming; Po: Pontiac Ca: Cadillac; Kw: Kewagama).  
 \*: rhyolite sphérolitique; FV: pluton de Flavrian; Fr: rhyolite de Fish-roe; SM: séquence des Mines.

(Fr) a pu être clairement identifiée des deux côtés de la faille.

Mais il y a d'autres failles de direction ENE et SE, souvent parallèles à la stratigraphie, qui séparent des unités montrant des polarités opposées de part et d'autre de ces structures. Ces inversions de polarités sont souvent attribuées à des plis. Cependant, on peut rarement en observer la charnière. De plus, les unités sont la plupart du temps différentes sur les deux flancs des plis. Sans nier la présence de plis-failles, le mouvement le long de ces structures semble avoir été assez important pour juxtaposer des unités qui ne se corrèlent pas.

Enfin, certaines de ces structures sont de véritables couloirs de déformation. Par exemple, la trace axiale du synclinal de la Baie Fabie est réinterprétée comme étant une faille (FBF) qui sépare deux structures monoclinales à polarités opposées. Cette structure comprend en fait la faille du Ruisseau Després à l'ouest, la faille de la Baie de Fabie, et le cisaillement de d'Alembert à l'est. La FBF constitue en fait la limite entre deux domaines qu'on ne saurait corrélérer ou situer dans une simple superposition stratigraphique. À titre d'exemple, les domaines nord et sud se distinguent par leur style de déformation et par les types d'altération des roches volcaniques au nord (carbonatation) et au sud (silicification) de la structure. De plus, les milieux de mise en place des roches volcaniques et des minéralisations associées semblent différents au nord et au sud: une interprétation récente (Larocque et Hodgson, 1993) du gisement Mobrun (domaine nord) propose qu'il s'agit d'un dépôt de sulfures massifs de type Matlabi, comparé aux gisements de type Noranda de la séquence des Mines (domaine sud). Un modèle de "bloc composite" semblable à celui proposé par Desrochers *et al.* (1992) pour la région de Val-d'Or pourrait expliquer une telle juxtaposition. Nous explorons actuellement l'hypothèse voulant que la FBF soit la relique d'une "dorsale mid-Blake River" ce qui expliquerait la progression des âges de la bordure (plus ancienne et plus primitive) vers le centre du Blake River (plus jeune et plus évolué). Ces hypothèses pourraient être vérifiées avec une étude géochronologique détaillée.

Des études ponctuelles ont permis de remettre en question certaines interprétations structurales et stratigraphiques. Par exemple, le gisement New-Insko n'est pas un simple amas sulfuré mis en place dans une séquence qu'on peut corrélérer facilement avec les unités avoisinantes. La cartographie détaillée de surface montre que la lentille était orientée NE suivant la stratigraphie avant d'être déformée et réorientée E-W dans une zone de cisaillement parallèle à la FBF. Les essais de corrélation devraient donc s'effectuer vers le SW et non vers l'est ou l'ouest.

Enfin, la cartographie de la partie ouest du Blake River indique que les roches sont peu plissées. Elles sont localement affectées par des failles mais les strates restent peu inclinées en général. L'exploration doit donc non pas se limiter à des horizons mais s'appliquer à une surface. Les méthodes géophysiques devraient donc s'appliquer à une stratigraphie subhorizontale. D'ailleurs, la carte du champ total semble confirmer cette thèse, car les anomalies sont plutôt planaires que linéaires.

## Structure profonde du Blake River

L'analyse des profils sismiques migrés des lignes 14 et 21 du programme LITHOPROBE et des sections de forage de Minnova Inc. dans le secteur de la mine Ansil suggère que les réflecteurs à pendage faible vers l'est et les réflecteurs subhorizontaux correspondent respectivement à des contacts volcaniques et intrusifs. Les variations latérales brusques correspondent à des failles ou aux contacts intrusifs. Cette étude montre aussi la présence possible en profondeur du pluton de Flavrian (FV) ou d'une masse intrusive semblable, à l'ouest de la faille Hunter Creek (FHuC). La présence d'une telle intrusion indiquerait alors la présence d'une source de chaleur, moteur possible d'une activité hydrothermale capable de générer des minéralisations en sulfures massifs, et ce, à l'extérieur de la "séquence des Mines".

## Intrusions

Un autre élément vient perturber la stratigraphie volcanique du Blake River. En effet, les intrusions de composition intermédiaire à mafique comptent pour près de 20% du volume des roches du groupe. Or les études stratigraphiques font très peu de cas de ces unités. Elles sont d'autant plus importantes qu'elles sont souvent mises en place dans des failles.

Une étude préliminaire, entreprise dans le cadre du projet LITHOPROBE, a permis d'identifier au moins deux séries d'intrusions à partir de leur densité. Cette distinction a aussi été confirmée par les mesures de vitesse de propagation des ondes sismiques dans ces roches. Les premiers résultats d'une étude géochimique subséquente montrent qu'il y a en fait quatre séries d'intrusions dioritiques à gabbroïques, basées sur le comportement des éléments en traces Y, Zr et Nb.

L'un des buts de cette étude est de déterminer la relation entre ces intrusions et la séquence volcanique et, en particulier, celle où se trouvent les gisements de sulfures massifs.

## Conclusion

Les travaux récents, notamment dans la partie ouest du Blake River, n'ont pas encore permis de définir des cibles précises pour l'exploration. Toutefois, certaines interprétations sont remises en question et de nouvelles approches sont proposées.

La stratigraphie du Blake River est plus complexe qu'elle ne paraît. Le Blake River est possiblement constitué de plusieurs blocs difficiles à corrélés entre eux. En effet, plusieurs plis et failles viennent perturber la séquence volcanique; certains de ces plis s'avèrent être des failles, remettant ainsi en question le principe de superposition utilisé pour dresser la colonne stratigraphique telle qu'établie. D'autre part, la présence des équivalents de la rhyolite de Fish-roe (Fr) au sud et dans la partie ouest du Blake River indique que des roches volcaniques sont contemporaines dans plusieurs secteurs du groupe, avec un potentiel similaire à celui de la "séquence des Mines" pour les gisements de sulfures massifs volcanogènes.

Les études entreprises sur les intrusions dioritiques et le traitement des données sismiques du projet LITHOPROBE peuvent apporter un nouvel éclairage sur la stratigraphie et la structure du Blake River. La géochronologie des laves pourrait aussi aider à établir la relation entre les différents secteurs du Blake River et ainsi infirmer ou confirmer la présence de blocs tectoniques dans le Groupe.

## Références

- CATTALANI, S. – BARRETT, T.J. – MACLEAN, W.H. – HOY, L., HUBERT, C. – FOX, J.S., 1993 – Métallogénèse des gisements Horne et Quemont. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; ET 90-07, 121 pages.
- CHOWN, E. – DAIGNEAULT, R. – MUELLER, W. – MORTENSEN, J.K., 1992 – Tectonic evolution of the Northern Volcanic Zone, Abitibi belt, Quebec. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 29, pages 2211-2225.
- DESROCHERS, J.P. – HUBERT, C. – LUDDEN, J.N. – PILOTE, P., 1992 – Géologie du "Bloc composite de Malartic", région de Val-d'Or. Séminaire d'information 1992. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 92-03, pages 57-61.
- DIMROTH, E. – IMREH, L. – ROCHELEAU, M. – GOULET, N., 1982 – Evolution of the south-central part of the archaean Abitibi Belt, Quebec. Part I: Stratigraphy and paleogeographic model. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 19, pages 1729-1758.
- DIMROTH, E. – IMREH, L. – GOULET, N. – ROCHELEAU, M., 1983a – Evolution of the south-central part of the archaean Abitibi Belt, Quebec. Part II: Tectonic evolution and geomechanical model. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 20, pages 1355-1373.
- DIMROTH, E. – IMREH, L. – GOULET, N. – ROCHELEAU, M., 1983b – Evolution of the south-central part of the archaean Abitibi Belt, Quebec. Part III: Plutonic and metamorphic evolution and geotectonic model. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 20, pages 1374-1388.
- GÉLINAS, L. – TRUDEL, P. – HUBERT, C., 1984 – Chémicostratigraphie et tectonique du Groupe de Blake River. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 83-01, 41 pages.
- HUBERT, C. – TRUDEL, P. – GÉLINAS, L., 1984 – Archaean wrench fault tectonics and structural evolution of the Blake River Group, Abitibi belt, Quebec. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 21, pages 1024-1032.
- HUBERT, C. – LUDDEN, J.N., 1986 – Archaean wrench fault tectonics in the Abitibi greenstone belt of Canada. In: Workshop, on the tectonic evolution of greenstone belts. Lunar and Planetary Institute Contribution; volume 584, pages 59-61.
- LAFLECHE, M.R. – DUPUY, C. – DOSTAL, J., 1992 – Tholeiitic volcanic rocks of the late Archaean Blake River Group, Southern Abitibi greenstone belt; origin and geodynamic implications. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 29, pages 1448-1458.
- LAROCQUE, A.C.L. – HODGSON, C.J., 1993 – Carbonate-rich footwall alteration at the Moberly mine: A possible Mattabi-type VMS deposit in the Noranda camp. Exploration and Mining Geology; volume 2, pages 165-170.
- LUDDEN, J.N. – HUBERT, C. – GARIÉPY, C., 1986 – The tectonic evolution of the Abitibi greenstone belt of Canada. Geological Magazine; volume 123, pages 153-166.
- PELOQUIN, A.S. – POTVIN, R. – PARADIS, S. – LAFLECHE, M.R. – VERPAELST, P. – GIBSON, H.L., 1990 – Le Groupe de Blake River, Rouyn-Noranda, Québec: Synthèse Stratigraphique. Dans: La ceinture polymétallique du Nord-Ouest québécois: géologie et production minérale; DV 90-02, pages 70-83.
- VERPAELST, P., 1985 – Géologie de la séquence volcanique archéenne de Duprat, Abitibi, Québec. Thèse de doctorat, Université de Montréal.

# Potentiel minéral des équivalents métamorphisés des ceintures de roches vertes de l'Abitibi dans la Province de Grenville, à l'est de Senneterre

Réjean Girard<sup>(1)</sup> et James Moorhead<sup>(2)</sup>

## Introduction

Il a été reconnu à de nombreux endroits que les roches présentes dans la Province du Grenville et près du Front de Grenville représentent des équivalents métamorphiques des roches adjacentes au nord-ouest du Front. Les régions de Fermont, de Chibougamau et de Sudbury peuvent être citées comme exemples.

Les ceintures de roches vertes des sous-provinces de l'Abitibi et de Pontiac sont tronquées, à leur extrémité est, par le Front de Grenville. Birkett *et al.* (1991) ont proposé que les roches adjacentes dans la Province de Grenville leur soit des équivalents métamorphiques. Comme les ceintures de roches vertes de l'Abitibi sont porteuses de nombreuses minéralisations de métaux de base ou aurifères, l'existence de leur équivalents métamorphiques plus à l'est est synonyme de potentiel minéral.

L'exploration dans des terrains métamorphiques se base sur deux prémisses: 1) que les minéralisations se sont développées antérieurement au paroxysme du métamorphisme, dans des contextes supracrustaux (sulfures massifs volcanogènes) ou épicrostaux (veines aurifères); 2) que les minéralisations n'ont pas été détruites lors du métamorphisme paroxysmal. La prospection en terrains métamorphiques implique que l'on puisse établir la présence de roches d'origine supracrustale dans le secteur, ainsi que sur la reconnaissance des altérations hydrothermales prémétamorphiques

## Prolongement des ceintures de roches vertes de l'Abitibi dans le parautochtone grenvillien

La région attenante à l'est de la troncature des ceintures de roches vertes de l'Abitibi par le Front du Grenville a été cartographiée au cours des étés 1991-1992 (Girard *et al.*, 1992; 1993). Quatre groupes de lithofaciès y ont été repertoriés, soit des gneiss mafiques, des paragneiss, des granitoïdes tonalitiques et des gneiss quartzofeldspathiques. On observe aussi diver-

ses petites intrusions de granitoïdes potassiques et de gabbros ainsi que des granulites plus au sud.

Les *gneiss mafiques* sont interprétés comme étant l'équivalent métamorphique des roches vertes de l'Abitibi. La chimie et la signature isotopique de ces gneiss se confondent avec celles des roches volcaniques non métamorphisées (Lafleche *et al.*, 1992). De nombreuses reliques de structures coussinées et l'intercalation de ces gneiss dans des séquences de paragneiss indiquent leur origine supracrustale. De plus, une continuité cartographique a été observée entre une bande de gneiss mafique et les volcanites de la Ceinture de Carpentier-Tavernier (CT; figure 1) au sud-est de Senneterre (Moorhead *et al.*, 1990).

Quelques lambeaux de pyroxénites, associés aux gneiss mafiques, montrent une signature géochimique comparable à celle de komatiites. Des lambeaux de formation de fer sont aussi présents.

Les *paragneiss* sont des roches quartzofeldspathiques à biotite et grenat, localement à kyanite, sillimanite, graphite et pyrrhotite, à texture de migmatite ou de diatexite. Des reliques de litage sont soupçonnées à plusieurs endroits. L'absence de sursaturation en alumine (paragneiss à sillimanite-cordiérite-staurotite), en potasse (feldspath potassique) ou en silice (quartzite) indique l'immaturité de ces sédiments. Ces paragneiss sont interprétés comme un équivalent métamorphique de métagrauwackes. Ils sont en continuité cartographique avec les sédiments des groupes de Trivio (T) et de Garden Island (GI), à l'est de Val-d'Or. Ils sont de plus texturalement et chimiquement comparables au paragneiss du Terrain du lac Témiscamingue (Rives, 1984) lequel est en continuité cartographique avec les sédiments du Groupe de Pontiac (P) plus au sud-ouest.

Les *granitoïdes tonalitiques* sont des roches de composition homogène, peu ou pas déformées. Ces roches sont intercalées en masses métriques à plurikilométriques dans les gneiss d'origine supracrustale. Ces granitoïdes sont texturalement et chimiquement comparables à la tonalite du Complexe d'Attic, attenante au nord-ouest, avec laquelle certains lambeaux sont en continuité cartographique.

(1) IOS Services Géoscientifiques Inc.

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

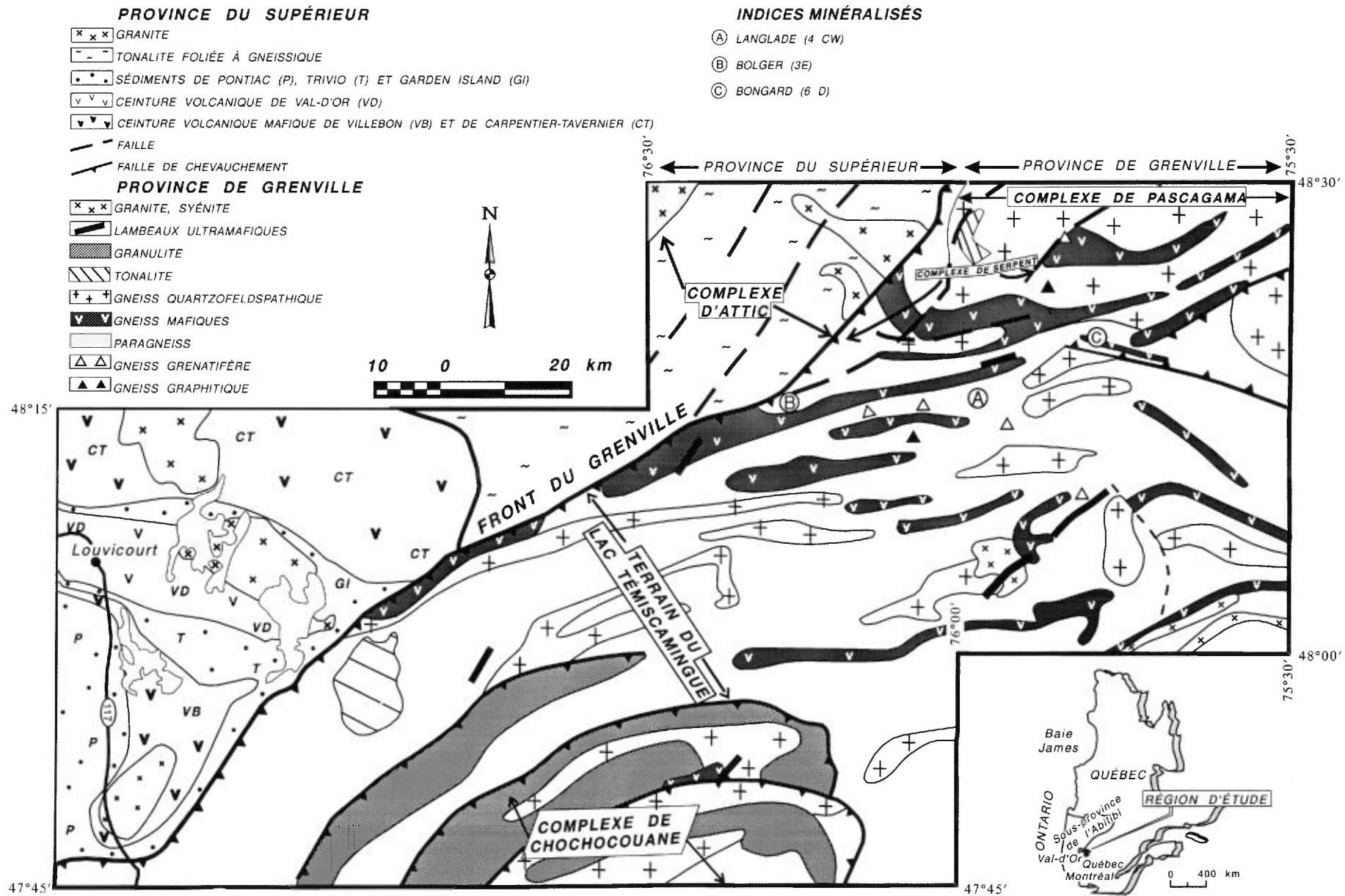


FIGURE 1 – Géologie simplifiée de la région

Le *gneiss quartzofeldspathique* est un gneiss leucocrate à biotite, hornblende et grenat, de composition tonalitique. Ce gneiss encaisse les massifs de grani-toïde tonalitique, de façon comparable à ce qui est observé dans le Complexe d'Attic. Il est de plus interlité de façon serrée avec le gneiss mafique ou le paragneiss. L'association de certains de ces gneiss avec d'autres gneiss d'origine supracrustale suggère localement qu'il s'agit de métavolcanites felsiques ou intermédiaires, de métasédiments épicalstiques immatures ou d'intrusions hypabyssales.

Dans le Grenville, ces lithofaciès se regroupent en trois ensembles lithodémiques: 1) Au sud, le Terrain du lac Témiscamingue est dominé par des paragneiss, dans lesquels s'intercalent des lambeaux de gneiss mafiques et quartzofeldspathiques. La proportion de gneiss mafiques augmente vers le nord dans ce terrain, pour atteindre près de 50% près du front de Grenville. Il est limité au sud par le Complexe granulitique de Chochocouane d'affinité potassique. 2) Le Complexe de Serpent, coïncé entre deux embranchements de la zone de mylonite du front de Grenville, est dominé par du gneiss mafique en alternance serrée avec du gneiss quartzofeldspathique. Quelques lambeaux de métasédiments sont aussi présents. 3) Au nord, le Complexe de Pascagama est dominé par des gneiss quartzofeldspathiques et des grani-toïdes tonalitiques. Ce complexe est bordé au nord-est par le Complexe de diatexite tonalitique d'Hannotaux.

Les roches de la Province du Supérieur, plus à l'ouest, peuvent être regroupées comme suit: les métasédiments de la sous-province de Pontiac (P) au sud, les ceintures volcaniques de Villebon (VB), Val d'Or (VD), Lamotte-Vassan et Carpentier-Tavernier (CT) au centre et les gneiss tonalitiques du Complexe d'Attic au nord. Cette distribution tripartite correspond à celle observée dans la Province de Grenville avec les métasédiments au sud, les gneiss mafiques au centre et les gneiss quartzofeldspathiques et tonalitiques au nord.

Les datations U/Pb sur les zircons des roches du secteur du Grenville (Machado et Gariépy, 1993) confirment l'âge Archéen des protolithes. Une tonalite du Terrain du lac Témiscamingue, adjacente au front du Grenville, a donné un âge (U/Pb sur zircon) de  $2677^{+2}_{-3}$  Ma, ce qui se compare à l'âge de  $2669^{+/-4}$  Ma obtenu sur les gneiss du Complexe d'Attic. Les diatexites du Complexe de Serpent ont donné un âge minimum de 2664 Ma sur des zircons apparemment détritiques. Ces âges sont légèrement plus jeunes que ceux couramment mesurés pour les roches de la sous-province de l'Abitibi. La syénite de Bibeault, à la bordure du Complexe de Chochocouane et du Terrain du lac Témiscamingue plus au sud, a donné un âge de 2654 Ma, lequel est comparable à l'âge obtenu sur les grani-toïdes potassiques de la sous-province de Pontiac.

Ces différentes roches ont donné des âges métamorphiques (monazite, titanite et intercept inférieur du zircon) variant entre 2618 et 2656 Ma. Ces âges contrastent avec celui publié par Cominco Ltée (Moore, 1993) sur les zircons d'une tonalite datés à 1020 Ma près du contact entre le Terrain du lac Témiscamingue et le Complexe de Serpent; ils diffèrent aussi de l'âge d'un lamprophyre mésozonal dans le Complexe de Serpent daté à 1025 Ma (K-Ar sur biotite) par la Commission Géologique du Canada (Birkett, communication personnelle, 1993).

Les roches de la région ont une gneissosité générale orientée N030-060° modérément inclinée vers le sud-est, avec une linéation d'étirement selon le pendage. Une pegmatite tonalitique recoupant une gneissosité précoce (âge 1), mais reprise dans la gneissosité régionale (âge 2) est datée à  $2603^{+/-5}$  Ma, ce qui concorde en gros avec les âges métamorphiques de la région. Cette date indique clairement que la gneissification des roches de la région s'est produite à l'Archéen, et que seule une transposition tectonique a été produite lors de la déformation grenvillienne. Un transport tectonique en chevauchement du sud-est vers le nord-ouest est indiqué tant pour l'événement archéen (observation de l'auteur) que pour le grenvillien (Ducharme, communication personnelle, 1993).

Le métamorphisme a généralement atteint le faciès des granulites, mais a presque entièrement été rétro-morphosé à celui des amphibolites supérieur. Deux phases de métamorphisme granulitique ont été signalées par Marchildon (1992) de même que par les travaux de géochronologie en cours.

## Potentiel minéral de la région

Le potentiel minéral de la région a été, jusqu'à ce jour, sous-estimé et sous-exploré. Si les roches de la région représentent des équivalents métamorphiques des roches supracrustales de l'Abitibi, la région devrait présenter un potentiel minéral similaire. En effet, les principaux types de minéralisations rencontrées en Abitibi se sont mis en place dans un environnement supracrustal (sulfures massifs volcanogènes) ou épicrost-tal (gîte aurifère filonien). La possibilité de préserver ces dépôts est équivalente à celle de leur roche hôte. La préservation de roches supracrustales dans le parautochtone grenvillien est donc garante de celle des dépôts qu'elles pouvaient contenir.

La compagnie Cominco Ltée mène une campagne d'exploration dans la région depuis 1990 (Moore, 1993). Suite à une reconnaissance rapide sur le terrain en 1990, un levé aéroporté de type Input a été effectué. Les anomalies relevées ont été jalonnées. Un suivi des anomalies a été fait par prospection, cartographie géologique, géophysique au sol et géochimie des dépôts meubles. Trois indices ont été rendus publics à ce jour.

### INDICE LANGLADE (4CW)

L'indice Langlade est un amas sulfuré interprété comme un dépôt métamorphisé de sulfures semi-massifs volcanogènes. Cet indice montre en surface une teneur moyenne de quelques pour cent de zinc et de cuivre, ainsi que des quantités mineures de plomb, d'argent et d'or. Il se compose de lentilles sulfurées d'épaisseur métrique réparties sur plusieurs dizaines de mètres. Détecté par le levé Input, il est associé à une anomalie électromagnétique au sol, laquelle a été suivie sur près de 300 mètres. L'ellipsoïde de la déformation régionale ayant une forme très étirée, plongeant modérément, l'amas pourrait se poursuivre sur plusieurs centaines de mètres en profondeur. Ces données suggèrent un tonnage pouvant atteindre la dizaine de millions de tonne.

Cet indice montre plusieurs caractéristiques des sulfures massifs volcanogènes typiques de l'Abitibi. Il se localise au contact entre du gneiss quartzofeldspathique (*footwall*) et intermédiaire (*hangingwall*). Ces gneiss sont interprétés comme des métavolcanites ou métavolcanoclastites acides et intermédiaires. Des sulfures massifs, à pyrrhotite, pyrite, sphalérite et chalcoppyrite, forment plusieurs petites lentilles métriques concordantes à l'orientation des horizons de gneiss. Des masses de roches à gédrite, grenat, biotite, gahnite, staurotite zincifère, saphirine, högbomite et sulfures dessimés s'ancrent dans les lentilles de sulfures massifs, pour former un réseau réticulaire sécant aux horizons de gneiss. Ce réseau s'enracine dans une masse de roche à gédrite, laquelle semble en contact progressif avec un horizon de gneiss grenatifères. Ces roches sont interprétées comme les reliques d'un système de cheminée d'altération, accompagnée d'une zone de *stringer* et chapeauté des amas sulfurés. Cette zone semble s'enraciner dans une zone d'altération moins prononcée (gneiss grenatifères) concordante à la stratigraphie. Des pertes en silices et en alcalis et des enrichissements en fer et en magnésium y ont été signalés (Catalini, dans Moore, 1993), conformément aux altérations associées aux sulfures massifs volcanogènes non métamorphisés.

### INDICE BOLGER (3E)

Un horizon de gneiss à graphite, pyrite et pyrrhotite de quelques mètres d'épaisseur a été suivi sur 200 mètres près de la localité de Bolger (Moore, 1993). Cette zone a titré 1% de zinc, avec des teneurs plus faibles en plomb, cuivre et argent. Cet horizon est intercalé dans une alternance de gneiss quartzofeldspathiques et mafiques. Plusieurs petits horizons présentant des disséminations de sulfures sont présents dans le secteur. Aucune évidence d'altération prémétamorphique ne semble présente directement associée avec l'indice. Toutefois, des horizons de gneiss grenatifères sont présents à quelques centaines de mètres plus au sud.

### INDICE BONGARD (6D)

L'indice Bongard correspond à une zone de gneiss quartzofeldspathiques rouillés présentant des disséminations en sulfures (Moore, 1993). De la gahnite et de la sillimanite associées avec des schistes à biotite parsèment la zone. Des teneurs anormales en or, argent et en cuivre y sont rapportées. Quoique ressemblant aux paragneiss, la roche riche en biotite est interprétée comme représentant une roche ayant subi une altération hydrothermale.

## Reconnaissance des roches d'altération hydrothermale prémétamorphique

Les amas sulfurés sont généralement associés à des auréoles ou à des cheminées d'altération. Ces altérites généralement hyperalumineuses, développent, lorsque métamorphisées, un cortège minéralogique comprenant l'anthophyllite, la gédrite, la cummingtonite, la cordiérite, la staurotite zincifère, le spinelle ou la gahnite, la biotite en surabondance, la tourmaline, la kornéropine, le grenat andradite, grossulaire ou spessartite, la sillimanite ou la kyanite, le topaze, le corindon, la högbomite, le rutile, la saphirine, etc. Toutefois, la répartition de ces minéraux n'est généralement pas beaucoup plus étendue que celle des sulfures eux-même. Leur utilité comme guide de prospection est donc restreinte. À cet égard, la recherche des faciès distaux de zones d'altération, les zones d'altération concordantes à la stratigraphie et les horizons d'exhalites semblent des cibles plus adaptées pour délimiter les secteurs à prospector.

La paragenèse métamorphique présente dans une roche quartzofeldspathique dépend principalement du ratio entre l'excès d'alumine, de potasse et de fer-magnésium. Une roche felsique ou intermédiaire calcoalcaline typique contient une paragenèse à biotite, biotite-magnétite ou biotite-hornblende. Un excès d'alumine et de potasse, comme dans le cas de métasédiments, entraîne la formation de biotite et de grenat et l'absence de la hornblende. Un enrichissement en alumine et en fer-magnésium, comme dans le cas des altérations hydrothermales reliées aux sulfures massifs, entraîne la formation du grenat et de la hornblende en présence de peu de biotite. Comme les roches calcoalcalines typiques sont critiquement saturées en alumine, le moindre enrichissement en cet élément se reflète dans la présence d'une quantité anormale de grenat dans la roche.

De façon similaire, les gneiss mafiques contiennent typiquement 0-10% de grenat. Bien que la proportion de grenat tend à croître avec l'intensité du métamorphisme, une proportion de grenat supérieure à 15% ne peut être produite par un métamorphisme en condition crustale pour une roche mafique tholéïitique. Ici en-



core, la présence d'une quantité anormale de grenat est interprétée comme le signe que la roche a subi une altération hydrothermale prémétamorphique, causant un enrichissement relatif en alumine ou en fer.

## **Reconnaissance des hiatus volcaniques**

Selon les modèles couramment admis, les dépôts de sulfures massifs volcanogènes se forment sur les fonds marins et nécessitent un arrêt de l'activité volcanique. Stratigraphiquement, ceci se reflète par un hiatus volcanique exprimé par le passage d'un cycle felsique à un cycle mafique ou intermédiaire. L'hiatus volcanique est généralement souligné par la présence d'un mince horizon d'exhalite, de tuf ou de métasédiments. De tels horizons métamorphisés peuvent se présenter comme des horizons de quartzite, de fels ou de gneiss à grenat, magnétite ou sulfures disséminés, ou comme de minces horizons de gneiss graphitiques.

Dans une séquence où alternent les gneiss mafiques, intermédiaires et quartzofeldspathiques, il est difficile d'établir si les contacts entre les unités sont d'ordre tectonique, intrusif ou stratigraphique. La présence d'un horizon de gneiss graphitiques, grenatifères, quartziques ou à sulfures disséminés est ainsi diagnostique de la nature stratigraphique du contact.

## **Guide de prospection dans les équivalents métamorphiques des ceintures de roches vertes de l'Abitibi**

Les principaux indices mis à jour par Cominco Ltée (Moore, 1993) correspondent à des anomalies électromagnétiques aéroportées. Parallèlement, des indications de la présence de minéralisations associées à ces anomalies ont été trouvées lors de la cartographie du MER au 1:100 000. En 1993, une cartographie des mêmes séquences à l'échelle du 1:20 000 a été réalisée dans un secteur riche en affleurements du réservoir Gouin. Ce travail a permis de mettre à jour une densité d'indices minéralisés comparable à celle observée lors des premiers travaux effectués dans les ceintures de roches vertes de l'Abitibi. Ceci revient à dire que la prospection sur le terrain demeure une méthode efficace dans ce secteur. La région est facilement accessible par les divers chemins forestiers ou par son réseau hydrographique. Peu prospectée, elle présente un attrait certain pour toutes compagnies ou prospecteurs intéressés par l'exploration pour les métaux de base. D'autant plus que de grands secteurs, considérés comme à haut potentiel, ne sont pas encore jalonnés ou prospectés.

Diverses stratégies d'exploration peuvent être employées. De vastes secteurs n'ont pas encore été cou-

verts par des levés aéromagnétiques. La région n'a pas, de plus, fait l'objet de campagne de géochimie régionale. La présence de nombreuses tranchées routières recoupant le till de base et la proximité de la crête des bassins hydrographiques rendent réalisable l'étude de la dispersion secondaire des minéraux typiques des zones d'altération (gahnite, staurotite, tourmaline, etc.).

La prospection sur le terrain se trouve facilitée par la présence de zones d'exploitation forestière récentes ou actives dans les secteurs reconnus à haut potentiel. Il est particulièrement recommandé de prospecter les affleurements mis à jour lors de la construction des nouveaux chemins forestiers.

Les secteurs montrant une forte concentration de gneiss mafiques, de préférence en alternance serrée avec des gneiss quartzofeldspathiques, sont considérés comme présentant un haut potentiel.

Les horizons de gneiss grenatifères (plus de 10% de grenat) devraient être considérés comme des cibles pour l'exploration, tout particulièrement s'ils sont associés à des alternances serrées de gneiss mafiques, intermédiaires et felsiques.

La présence de gahnite, d'anthophyllite, de gédrite, de staurotite ou de spinelle est aussi significative que celle des sulfures.

Les minces horizons de gneiss rouillés disséminés en sulfures et coincés entre les gneiss mafiques et felsiques devraient aussi être considérés comme des cibles de prospection.

Le potentiel minéral des immenses masses de paragneiss de la région apparaît plutôt faible. Ces gneiss ont donné très peu de résultats anomaux en métaux de base malgré plusieurs centaines d'analyses chimiques. Ces paragneiss se reconnaissent par l'abondance de la biotite et du grenat, ainsi que par la présence de disséminations de pyrrhotite. Ces sulfures disséminés confèrent une patine d'altération rouille ou chamois, laquelle peut être présente sur des kilomètres.

Les charnières de pli et les autres perturbations de la foliation régionale devraient être considérées comme des sites propices, compte-tenu que les accidents tectoniques tendent à s'enraciner dans les hétérogénéités de la roche tels les amas sulfurés.

Les roches altérées riches en grenats ou en amphiboles sont généralement plus compétentes que leurs encaissants. Elles ont ainsi tendance à se bréchifier lors de la déformation. Des fragments sont par la suite dispersés dans les brèches agmatitiques ou flottent dans les gneiss quartzofeldspathiques. Selon nos observations, les halos de brèches produits par l'attrition des corps rigides (gabbro, etc) s'étendent rarement sur plus de quelques centaines de mètres de leur source.

Les secteurs intensément fracturés associés au Front de Grenville pourraient contenir des minéralisations filonniennes.

La région présente un potentiel pour les minéraux industriels tels le grenat et les micas.

Plusieurs anomalies aéromagnétiques circulaires ont été rapportées dans le secteur (Moorhead *et al*, 1993). La présence d'un massif de lamprophyre de type spessartite, du même âge que l'essaim kimberlitique de Le Tac daté à 1100 Ma (Watson, 1967), suggère un potentiel en intrusions ultramafiques alcalines.

## Références

- BIRKETT, T.C. – GIRARD, R. – MOORHEAD, J. – MARCHILDON, N., 1992 – Carte géologique de la province de Grenville à l'est de l'axe Louvicourt – Val d'Or – Senneterre. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MB 92-15, 15 pages.
- BIRKETT, T.C. – MARCHILDON, N. – PARADIS, S. – GODUE, R., 1991 – The Grenville Province to the east of Val d'Or, Québec: a geological reconnaissance and a possible extension of the Abitibi Greenstone Belt in the Grenville parautochthonous belt. Recherche en cours, Commission Géologique du Canada; papier 91-1c, pages 1-7.
- GIRARD, R. – BIRKETT, T.C. – MOORHEAD, J. – MARCHILDON, N., 1993 – Géologie de la région de Presac-Clova. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 93-04, 54 pages.
- LAFLECHE, M.R. – BIRKETT, T.C. – GIRARD, R. – MOORHEAD, J., 1992 – Archean and Proterozoic mafic metamorphic rocks from the Grenville Province to the south-east of Val d'Or: Geochemical signatures. Congrès annuel de l'Association Géologique du Canada; volume des résumés, page A61.
- MACHADO N. – GARIÉPY C., 1993 – Géochronologie U/Pb du territoire Québécois: La Sous-Province de l'Abitibi et la Province de Grenville. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; rapport intérimaire non publié, 22 pages.
- MARCHILDON, N., 1992 – A study of mineral zoning and metamorphism in the Grenville Front area, east of Senneterre, Québec. Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New-York; Mémoire de maîtrise, 132 pages.
- MOORE, D.W., 1993 – Grenval Project, 1991 summary report: NTS 32C/1, 2, 7, 8 et 32B/04, 5. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; GM 51754.
- MOORHEAD, J. – FOLCO, P. – BERNIER, L. – ANTONUK, C.A., 1990 – Projet Carpentier-Tavernier; région du lac St-Vincent. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 90-10, page 59.
- MOORHEAD J. – GIRARD, R. – BOUDREAU, M.A., 1993 – Anomalies aéromagnétiques circulaires possiblement reliées à des intrusions de kimberlites dans le nord-ouest Québécois. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; document de promotion disponible aux bureaux du MER.
- WATSON, K.D., 1967 – Kimberlites of the eastern North America. *In*: Ultramafics and related rocks. (P.J. Wyllie editor). John Wiley and Sons Inc., New-York, pages 312-323.

# Évolution des bassins sédimentaires de l'Abitibi

Wulf Mueller<sup>(1)</sup>

## Introduction

La ceinture de roches vertes archéennes de l'Abitibi représente une agglomération complexe de roches supracrustales comprenant des séquences volcano-sédimentaires et des unités gneissogranitiques. La ceinture est divisée en une zone volcanique nord, composée de deux cycles volcaniques, et une zone volcanique sud plus jeune (Chown *et al.*, 1992). La ligne de démarcation entre les deux zones se situe le long de la faille de Destor-Porcupine-Manneville (figure 1). L'analyse des unités sédimentaires permet de mieux comprendre l'évolution de la ceinture puisque les bassins sont des réservoirs dans lesquels se sont accumulés les témoins permettant d'interpréter les évolutions tectonique, volcanique et plutonique.

Quatre épisodes de sédimentation couvrant une période de 50 à 55 Ma ont été définis (figure 1) à partir des études récentes en datation radiométrique U-Pb sur zircons (Corfu *et al.*, 1991; Mortensen, 1993), en stratigraphie régionale (Dimroth *et al.*, 1982; MER/OGS, 1983; Mueller *et al.*, 1989; Chown *et al.*, 1992), en sédimentologie (Hyde, 1980; Rocheleau, 1980) et en volcanologie physique (Mueller *et al.*, en préparation). Il s'agit: (i) du cycle sédimentaire 1 (2730-2720 Ma), (ii) du cycle sédimentaire 2 (2715-2705 Ma), (iii) du cycle sédimentaire 3 (2700-2687 Ma), et (iv) du cycle sédimentaire 4 (2685-2675 Ma). Les quatre cycles sédimentaires s'intègrent bien dans un modèle d'évolution d'un arc insulaire (océanique ?) qui commence initialement avec des dépôts de flysch accumulés dans une zone intra-arc (cycle sédimentaire 1), suivis au nord de la ceinture par des dépôts de type molasse reliés au soulèvement et à l'érosion de l'arc jusqu'à ses racines plutoniques (cycle sédimentaire 2). Les dépôts de flysch de cycle sédimentaire 3 sont interprétés, de façon préliminaire, comme une zone d'accrétion entre deux arcs insulaires (les zones volcaniques du nord et du sud) possiblement caractérisée par des bassins de type "piggy back" reliés au raccourcissement nord-sud. Le dernier cycle sédimentaire 4 représente les dépôts de molasse pendant le collage des terranes. Il se manifeste par des bassins "pull-apart" ou de type "succesor" formés le long des failles majeures de Destor-Porcupine-Manneville et de Cadillac-Larder Lake. Ce dernier cycle se forme dans les bassins préexistants du cycle sédimentaire 3. Le volcanisme est actif pendant

tous les cycles et il est étroitement associé avec la formation et l'évolution des bassins sédimentaires. L'évolution volcanosédimentaire de l'Abitibi peut être comparée avec celle des environnements modernes du Pacifique ouest comme les arcs insulaires de Izu-Bonin, Volcano, Mariana, et Fiji (Chown *et al.*, 1992; Mueller et Donaldson, 1992).

## Caractérisation des cycles sédimentaires

Les unités sédimentaires dans la ceinture archéenne de l'Abitibi indiquent une évolution chronologique reliée à différentes phases d'édification de l'arc, de son accrétion et de sa déformation. Un cycle sédimentaire se caractérise i) par une composition lithologique précise (e.g. grès riches en quartz ou en fragments lithiques, ou conglomérats avec composantes volcanique et/ou plutonique), ii) par des structures sédimentaires (e.g. lits entrecroisés ou lits granoclassés), et iii) par une épaisseur. Le terme "association de faciès" corrélié avec un terme lithologique ou descriptif permet de caractériser un ensemble de roches ayant des structures sédimentaires spécifiques et représentant un milieu particulier.

*Cycle sédimentaire 1:* Les sédiments (épaisseur environ 1 à 2 km) de ce cycle se sont accumulés dans deux bassins est-ouest situés au nord de la ceinture de l'Abitibi (figure 1). Le cycle 1 sud est connu sous le nom de sédiments de Chicobi (Hocq, 1983), tandis que le cycle 1 nord est défini comme les sédiments de Taïbi (à l'ouest; Latulippe, 1976) et la Formation de Caopatina (à l'est; Sharma *et al.*, 1987). Ces bassins atteignent jusqu'à 200 km de long et représentent des dépôts de type flysch comprenant des conglomérats volcanogènes, des grès, des argilites, et typiquement des formations de fer. Les formations de fer, malgré leur faible pourcentage par rapport aux autres unités lithologiques (< 10%), sont omniprésentes et permettent de faire les corrélations d'est en ouest et de part et d'autre des failles régionales. Les associations de faciès de lits granoclassés (AFLG), de formation de fer (AFFF) et de conglomérats (AFC) permettent d'interpréter un environnement marin profond à modéré (>500 m). L'AFLG correspond à des coulées turbiditiques de haute et basse concentration tandis que l'AFC représente des dépôts de masse. L'AFFF résulte d'une précipitation chimique probablement proche des émissions volcaniques. Les tufs felsiques ne sont observés que

(1) Université du Québec à Chicoutimi

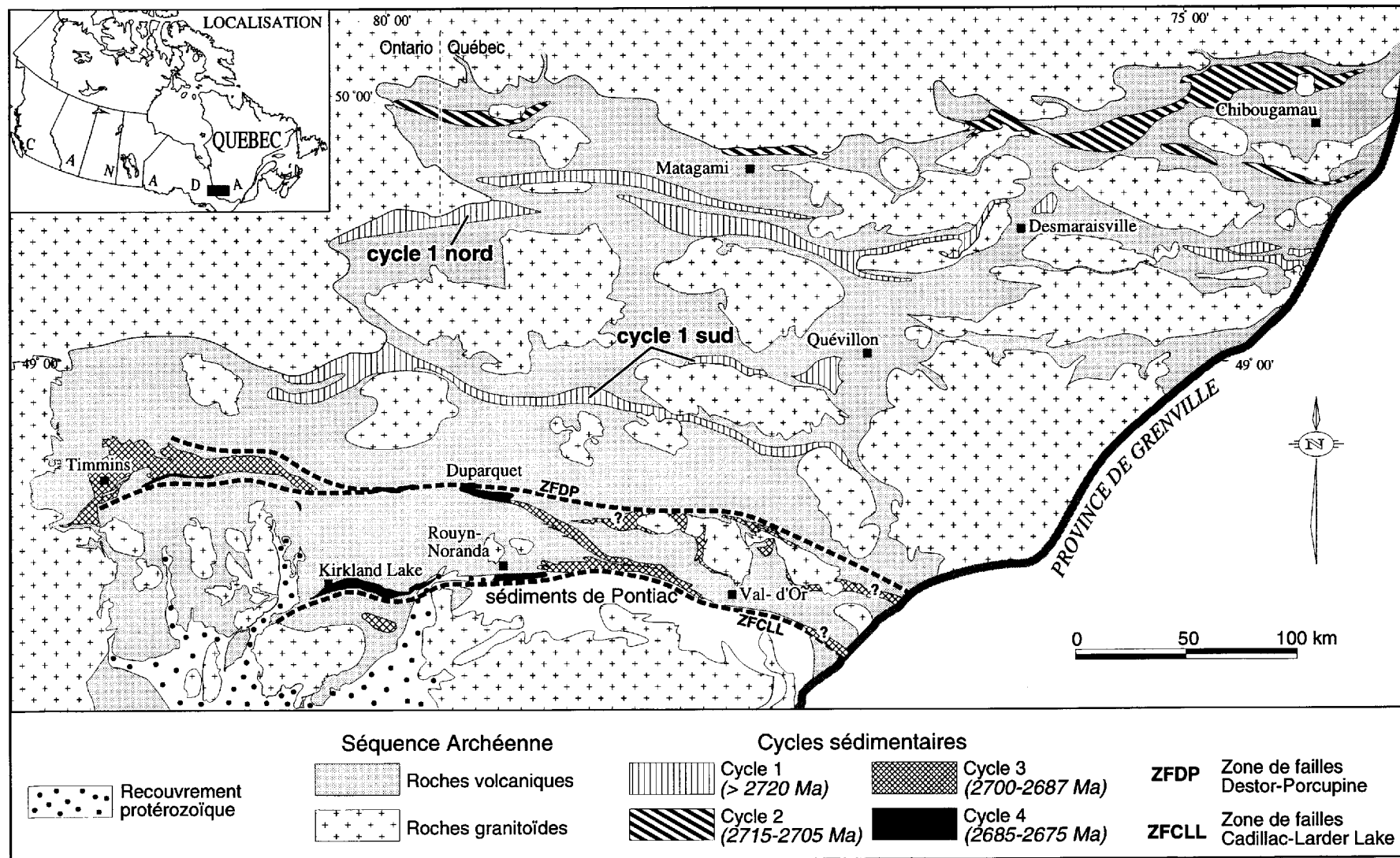


FIGURE 1 – Carte géologique simplifiée de la ceinture archéenne de l'Abitibi avec les quatre cycles sédimentaires.

localement. Des unités sédimentaires de milieu peu profond au voisinage des centres volcaniques ont été reconnues seulement dans la région de Chibougamau autour du complexe mafique-felsique du Lac des Vents (Mueller *et al.*, 1989).

*Cycle sédimentaire 2:* La partie située à l'extrême nord de la ceinture de l'Abitibi est caractérisée par une bande sédimentaire discontinue, mais qui s'étend sur une distance est-ouest de 200 km (figure 1). Les bassins sédimentaires à l'est (Chibougamau – Chapais) sont bien documentés contrairement à ceux de l'ouest (région de Matagami et de Selbaie). Les bassins de l'est montrent un éventail complet de milieux de formation en commençant par des associations de faciès d'environnement profond suivies par des sédiments de pente volcanique et de faciès marins peu profonds, puis finalement, de sédiments subaériens caractérisés par des dépôts de cônes alluvionnaires et de rivières tressées. Le volcanisme shoshonitique (Picard et Piboule, 1986; Dostal et Mueller, 1992) dans la région de Chibougamau témoigne d'une plus grande évolution magmatique de l'arc à l'est. Les dépôts volcanoclastiques et les laves subaériennes à marines sont les derniers événements avant la déformation régionale.

Les associations de faciès de conglomérats-grès (AFCG), de grès-argilite (AFGA), et d'argilite-grès (AFAG) caractérisent les unités sédimentaires de la région de Chibougamau. L'AFCG est interprétée comme un dépôt de haute énergie sur les cônes alluvionnaires côtiers ou de rivières tressées sur les plaines côtières dominées par des courants de traction de fond. L'AFGA représente la continuité des faciès sédimentaires précédents où les sédiments atteignent la mer. Les sédiments sont contrôlés par les vagues et les tempêtes, ainsi que par le soulèvement des plutons synvolcaniques comme le pluton de Chibougamau. Ces dépôts côtiers évoluent graduellement vers un milieu plus profond indiqué par l'AFAG. La source de ces sédiments est locale et proche des plutons synvolcaniques (e.g. pluton de Chibougamau) comme en témoigne la dominance de fragments plutoniques. Les fragments dans les lits conglomératiques témoignent également du volcanisme shoshonitique concomitant. Dans les parties des bassins plus éloignées de la source, les dépôts turbiditiques gréseux, les dépôts de suspension (shale) et les dépôts de masse conglomératiques sont typiques et la source plutonique est encore évidente. Les associations de faciès indiquent un milieu profond dans des bassins ponctués d'îles volcanique d'affinité shoshonitique.

L'influence de la tectonique sur la sédimentation est suggérée par les discordances au sein des unités sédimentaires ou avec les plutons, par les séquences positives et négatives, par les changements rapides verticaux et latéraux dans les associations de faciès, et par

l'abondance des unités conglomératiques. L'abondance de galets plutoniques suggère l'érosion des chambres magmatiques qui ont nourri les îles volcaniques.

*Cycle sédimentaire 3:* Les unités sédimentaires qui appartiennent à ce cycle se trouvent dans la partie australe de la ceinture de l'Abitibi et sont adjacentes aux discontinuités structurales est-ouest, comme la faille de Destor-Porcupine. Leur position stratigraphique et tectonique n'est pas tout à fait définie, mais ces bassins se trouvent principalement au contact des zones volcaniques nord et sud, ce qui suggère qu'ils représentent une zone d'accrétion. Ces bassins ont les caractéristiques des dépôts de type flysch semblables aux associations de faciès de cycle sédimentaire 1. Les formations de fer permettent de tracer ces unités sur de grandes distances.

*Cycle sédimentaire 4:* Le cycle sédimentaire 4 se caractérise par de petits bassins de 15 à 50 km de longueur situés uniquement le long des failles est-ouest (figure 1). Les caractéristiques du dépôt laisse voir un contrôle structural sur la sédimentation. Ces caractéristiques sont: i) la présence de discordance, ii) les changements rapides de faciès sédimentaires, iii) l'érosion des stocks porphyriques intraformationnels et iv) la grande taille des fragments dans les conglomérats. L'influence de la structure sur la sédimentation suggère que ces bassins se sont formés en réponse aux mouvements des failles (pull-apart). Les bassins de Duparquet (figure 2) et de Kirkland représentent les derniers témoignages volcanosédimentaires avant la cratonisation archéenne.

Les associations de faciès conglomérat-grès (AFCG), grès-argilite (AFGA), et argilite-grès (AFAG) sont typiques dans les deux bassins, tandis qu'un volcanisme ultrapotassique est observé uniquement dans le bassin de Kirkland. Ce volcanisme est à l'origine de dépôts pyroclastiques de type déferlants ainsi que de coulées de lave massive et bréchique. Les unités sédimentaires comme l'AFCG reflètent des dépôts de cônes alluvionnaires ou de rivières tressées; l'AFGA peut représenter une plaine gréseuse où la transition vers un milieu aquatique, tandis que l'AFAG est interprétée comme un environnement lacustre ou d'eau peu profonde. La composition des fragments dans les conglomérats est restreinte et surtout dominée par les roches adjacentes.

## Conclusions

L'évolution des bassins sédimentaires de la ceinture de roches vertes de l'Abitibi couvre une période de 50-55 Ma et se caractérise par des associations de faciès qui permettent de définir des environnements de formation distincts. Les nouvelles données radiométriques en association avec la stratigraphie régionale et la

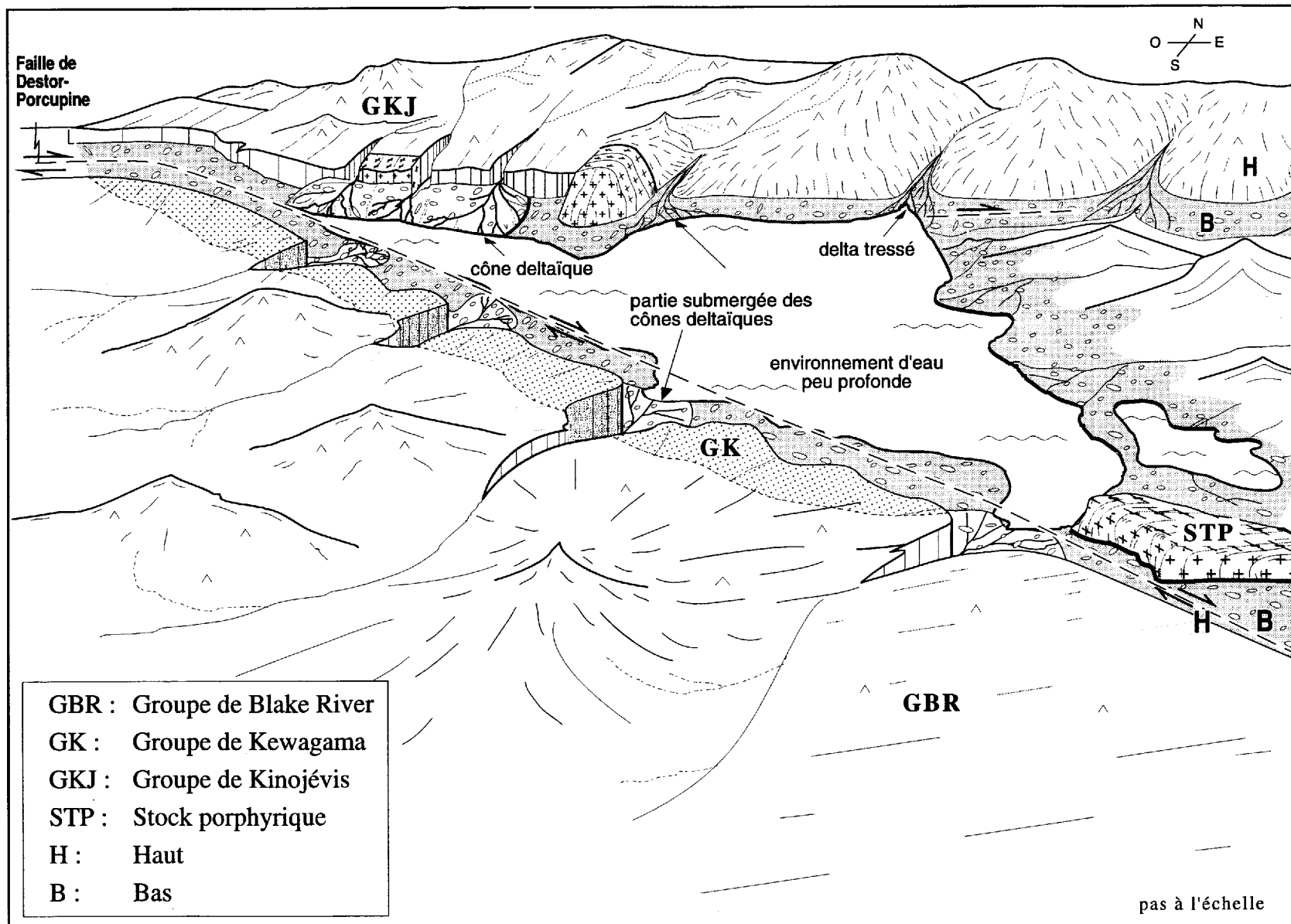


FIGURE 2 – Reconstruction paléogéographique du bassin de Duparquet de cycle sédimentaire 4. Les marges limitrophes du bassin sont dominées par des dépôts de cônes alluvionnaires côtiers et de rivières tressées, tandis que la partie centrale du bassin est interprétée comme un milieu lacustre. Les porphyres constituent une partie intégrante de ce bassin et sont en discordance avec les sédiments.

sédimentologie ont permis de proposer une chronologie générale des événements. Les dépôts de flysch intra-arc du cycle sédimentaire 1 (2730-2720 Ma) représentent la formation initiale de l'arc. L'arc insulaire a continué à se développer seulement au nord pendant le cycle sédimentaire 2 (2715-2705 Ma), caractérisé par des dépôts de molasse où les îles volcaniques ont été érodées jusqu'à leurs racines plutoniques. L'évolution sédimentaire terminée dans la zone volcanique nord, elle se poursuit dans la zone volcanique sud lors de la formation d'un arc plus jeune. Des bassins de type flysch (2700-2687 Ma) sont tentativement interprétés comme les représentants d'une zone d'accrétion entre les deux zones volcaniques. La dernière phase de l'évolution sédimentaire de l'arc, le cycle sédimentaire 4 (2685-2675 Ma), représente le produit de la déformation qui est à l'origine du développement de bassins de type "pull-apart" ou "successor". D'une façon générale, les bassins sédimentaires deviennent plus jeunes vers le sud.

## Références

- CHOWN, E.H. – DAIGNEAULT, R. – MUELLER, W. – MORTENSEN, J., 1992 – Tectonic evolution of the northern volcanic zone, Abitibi belt, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 29, pages 2211-2225.
- CORFU, F., JACKSON, S.L., – SUTCLIFFE, R.H. 1991 – U-Pb ages and tectonic significance of late alkalic magmatism and nonmarine sedimentation: Timiskaming Group, southern Abitibi belt, Ontario. *Canadian Journal of Earth Sciences*, volume 28, pages 489-503.
- DIMROTH, E. – IMREH, L. – ROCHELEAU, M. – GOULET, N., 1982 – Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi belt, Quebec. Part 1: stratigraphy and paleogeographic model. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 19, pages 1729-1758.
- DOSTAL, J. – MUELLER, W., 1992 – Archean Shoshonites of the Abitibi greenstone belt, Chibougamau (Québec, Canada): geochemistry and tectonic setting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*; volume 53, pages 145-165.
- HOCQ, M. 1983 – Région de la rivière Gale. *Dans*: Rapports d'étape des travaux en cours à la division du Précambrien. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; ET 82-01, pages 207-250.
- HYDE, R.S., 1980 – Sedimentary facies in the Archean Timiskaming Group and their tectonic implications, Abitibi greenstone belt, northeastern Ontario, Canada. *Precambrian Research*; volume 12, pages 161-195.
- LATULIPPE, M., 1976 – Excursion géologique Val d'Or-Malartic. Ministère des Richesses Naturelles, Québec; DPV-367.
- MER-OGS, 1983 – Lithostratigraphic map of the Abitibi Subprovince. Ontario Geological Survey/Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; Map 2484/DV 83-16, scale 1:50 000.
- MORTENSEN, J.K., 1993 – U-Pb geochronology of the eastern Abitibi Subprovince. Part I: Chibougamau-Matagami-Joutel region. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 30, pages 11-28.
- MUELLER, W. – CHOWN, E.H. – POTVIN, R. (en préparation) – Substorm wave-base felsic hydroclastic deposits from the Archean Lac des Vents volcanic complex, Abitibi belt, Canada. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*.
- MUELLER, W. – DONALDSON, J.A., 1992 – Development of sedimentary basins in the Abitibi belt: an overview. *Canadian Journal Earth Sciences*; volume 29, pages 2249-2265.
- MUELLER, W. – CHOWN, E.H. – SHARMA, K.N.M. – TAIT, L. – ROCHELEAU, M., 1989 – Paleogeographic and paleotectonic evolution of a basement-controlled Archean supracrustal sequence, Chibougamau-Caopatina, Quebec. *Journal of Geology*; volume 97, pages 399-420.
- PICARD, C. – PIBOULE, M., 1986 – Pétrologie des roches volcaniques du sillon de roches vertes archéennes de Matagami-Chibougamau à l'ouest de Chapais (Abitibi Est, Québec). 2. Le Groupe hautement potassique d'Opémisca. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 23, pages 1169-1189.
- ROCHELEAU, M., 1980 – Stratigraphie et sédimentologie de l'Archéen dans la région de Rouyn, Abitibi, Québec. Ph.D. thesis, Université de Montréal.
- SHARMA, K.N.M. – GOBEIL, A. – MUELLER, W. 1987 – Stratigraphie de la région du lac Caopatina. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 87-19.





# Relative timing of metamorphism and tectonism during the evolution of the southern Abitibi greenstone belt

Wayne G. Powell, Dougald M. Carmichael, and C. Jay Hodgson<sup>(1)</sup>

## Résumé

Les roches archéennes de la Sous-province Abitibi dans la région de Rouyn-Noranda ont été affectées par un métamorphisme régional qui passe du faciès des schistes verts inférieur, près du village de Duparquet, au faciès de transition schistes verts-amphibolites, au sud de la ville de Rouyn-Noranda. Des isogrades et des bathogrades ont été cartographiés et des caractéristiques texturales des minéraux métamorphiques ont été examinées, afin de déterminer les âges relatifs du métamorphisme et du tectonisme durant l'évolution de la ceinture de roches vertes du sud de l'Abitibi.

\* \* \*

The Archean rocks of the Abitibi Subprovince in the Rouyn-Noranda area have been affected by regional metamorphism that increases southward from subgreenschist facies, near the town of Duparquet, to the greenschist-amphibolite transition, south of the city of Rouyn-Noranda. A bathograd, constrained by the assemblages *prehnite-chlorite* (lower pressure) and *pumpellyite-epidote-actinolite-quartz* (higher pressure), is mappable in the subgreenschist-facies metabasites. Computations using GEO-CALC software and ideal activities based on microprobe analyses from the assemblage *pumpellyite-prehnite-actinolite-epidote-chlorite-quartz* (invariant in CMASH) indicate that the bathograd corresponds to a pressure of approximately 2 to 2,5 kilobars, and that the geothermal gradient during metamorphism was approximately 35 °C/km. Reaction isograds in the subgreenschist-facies metabasites contour topography, with lower-grade rocks at higher elevation, indicating that the isograds are subhorizontal.

Regional metamorphism affected the volcanic rocks (2701 Ma; e.g., Corfu *et al.*, 1989) and the sedimentary rocks (2686-2677 Ma; Corfu *et al.*, 1991), and overprints the contact aureoles of the Lac Dufault granodiorite pluton (2690 Ma; Mortensen, 1993) and Aldermac syenite stock (ca. 2680 Ma; Corfu *et al.*, 1989). The metamorphic minerals associated with the thermal aureole of the post-tectonic Preissac-Lacorne mus-

covite-biotite monzogranite batholith (ca. 2645 Ma; Feng and Kerrich, 1991) overprint regional metamorphic fabrics, and show no evidence of a regional retrograde event. Accordingly, the age of regional metamorphism can be bracketed between 2677 and 2645 Ma. Regional foliations and lineations overprint the Timiskaming Group (2677 Ma; Corfu *et al.*, 1991) but are overprinted by the contact aureole of the Preissac-Lacorne batholith, so formation of tectonic fabrics and regional metamorphism must have occurred within the same time interval. In order to determine the relative timing of metamorphism and tectonism, isograds and bathograds were mapped and textural features of the metamorphic minerals were examined.

On the basis of textures and cross-cutting relationships, veins in the subgreenschist-facies metabasites can be subdivided into three groups relative to regional metamorphism: 1) Pre- to early metamorphic veins are irregular and anastomosing, and are commonly folded. Margins are overgrown by metamorphic minerals or are indistinct because of blending of vein and wallrock minerals. Crystals are not aligned; 2) Syn-metamorphic veins are straight, rarely branch and are undeformed to gently folded. Margins are sharp. Vein minerals are oriented perpendicular to the margins; 3) Post-metamorphic veins are straight, undeformed and truncate metamorphic minerals in the wallrock. Pre- and syn-metamorphic veins commonly contain *prehnite*-, *pumpellyite*-, and/or *actinolite*-assemblages, corresponding to metamorphic assemblages in the host rock. Post-metamorphic veins are filled mainly by carbonate minerals and/or quartz. South of the Destor-Porcupine fault, there is a spatial association of both pre-metamorphic and syn-metamorphic veins with the Destor-Porcupine fault and regional fold axes. No such correlation exists between veins and synvolcanic faults (e.g., Hunter Creek fault), eliminating seafloor metamorphism as a likely origin of the pre-metamorphic veins. Rather, these relationships suggest that the Ca-Al silicate-bearing veins formed continuously through burial and metamorphism associated with orogenesis.

Strain partitioning is extreme in the regions metamorphosed in the subgreenschist and lower-green-schist facies. The CO<sub>2</sub>-metasomatized rocks along fault zones are intensely strained, with banded cleavages,

(1) Queen's University, Kingston, Ontario

schistose zones, and moderately- to steeply-plunging stretching lineations.

With increasing distance from the fault, alteration and penetrative deformation decrease in intensity, becoming negligible within several hundred metres of the fault. The unaltered rocks within the fault bounded blocks are folded but rarely contain a penetrative fabric. The regions of high-strain along the faults would be the localities to examine the relationship between regional deformation and metamorphic mineral growth. Unfortunately, the intense CO<sub>2</sub>-metasomatism associated with the faults destabilized all of the critical Ca-Al silicates (prehnite, pumpellyite and actinolite), producing *carbonates-chlorite-epidote* assemblages. However, weakly deformed rocks do exist beyond the carbonate alteration halos of the faults.

Deformed varioles and hyaloclasts in subgreenschist-facies Blake River Group metabasalt, located 500m south of the Destor-Porcupine fault, define a moderately developed lineation at 070/50 and a weak foliation at 235/75. Beards of aligned actinolite fibers occur in the pressure shadows of hyaloclasts and quartz amygdules. Fiber orientation is parallel to the stretching lineation. Ellipsoids composed of radiating fibers of actinolite are common, and also are oriented parallel to the stretching lineation. Fringes of granular pumpellyite occur in pressure shadows, commonly in association with actinolite. Pumpellyite also forms cross-fibers in gently folded pumpellyite-quartz extension veins that cut actinolite ellipsoids. The pumpellyite and actinolite fibers are parallel. In biotite-zone metasedimentary rocks of the Timiskaming, Cadillac and Pontiac Groups, lying along the Larder Lake-Cadillac fault, the schistosity is defined by biotite, chlorite, muscovite and amphibole. These textures indicate that metamorphism and fabric development were coeval.

However, the isograd corresponding to the subgreenschist-greenschist transition cuts the Destor-Porcupine fault. These relationships indicate that the strong fabrics associated with the CO<sub>2</sub>-metasomatized fault zones must have developed through a process dominated by pure shear, and that all significant motion along this fault must have predated metamorphism and the development of regional tectonic fabrics.

## References

- BERMAN, R.. – BROWN, T.H. – PERKINS, E.H., 1987 – GEO-CALC software for calculation and display of pressure-temperature-composition phase diagrams. *American Mineralogist*; volume 72, pages 861-862.
- CORFU, F. – JACKSON, S.L. – SUTCLIFFE, R.H., 1991 – U-Pb ages and tectonic significance of late Archean alkalic magmatism and nonmarine sedimentation: Timiskaming Group, southern Abitibi greenstone belt, Ontario. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 28, pages 489-503.
- CORFU, F. – KROGH, T.E. – KWOK, Y.Y. – MARMONT, S. – JENSEN, L., 1989 – U-Pb zircon geochronology in the southwestern Abitibi greenstone belt, Superior Province. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 26, pages 1747-1763.
- FENG, R. – KERRICH, R., 1991 – Single zircon age constraints on the tectonic juxtaposition of the Archean Abitibi greenstone belt and Pontiac subprovince, Quebec, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*; volume 55, pages 3437-3441.
- MORTENSEN, J.K., 1993 – U-Pb geochronology of the eastern Abitibi Subprovince. Part 2: Noranda Kirkland Lake area. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 30, pages 29-41.

# Évaluer les ressources minérales du Québec: pourquoi et comment ?

Jean-François Couture, Thomas Clark et Francis Chartrand<sup>(1)</sup>

## Introduction

Au cours des dernières années le MER-Mines a entrepris d'informatiser l'ensemble des données géoscientifiques mis sous sa responsabilité de manière à diffuser plus rapidement et plus efficacement cette information aux intervenants de l'industrie minière. Le système d'information géominière (SIGÉOM), qui est en cours d'implantation, permettra d'accéder à une banque de données complète touchant la géologie, la géochimie, la gîtologie, la géophysique ainsi que les données d'activité minière. Le projet d'évaluation du potentiel minéral vise à traiter et à intégrer les informations contenues dans SIGÉOM de manière à générer des produits à valeur ajoutée allant au-delà des cartes de compilations géoscientifiques: notamment des cartes synthèses, des cartes métallogéniques, etc... L'objectif ultime de ce projet est la production de cartes de potentiel minéral couvrant l'ensemble de la province.

## Mise en situation

À l'aube du 21<sup>e</sup> siècle, l'industrie minière du Québec fait face à trois grands défis: la compétition mondiale, l'accès au territoire et les rationalisations budgétaires gouvernementales. Pour survivre à la conjoncture actuelle, l'industrie minière du Québec se doit de demeurer compétitive. Le projet d'évaluation du potentiel minéral permettra au MER-Mines de faire face à ces trois défis et de mieux remplir sa mission de promotion du potentiel minéral du Québec. Le but de cette présentation est de situer le cadre de ce projet.

### LA COMPÉTITION MONDIALE

Le MER-Mines s'acquitte de sa mission de promotion du potentiel minéral du Québec par une stratégie intégrée d'intervention comprenant, entre autres, l'acquisition de données géoscientifiques de manière à accroître la connaissance géologique du territoire. En suivant une approche systémique (DV 85-01) la couverture cartographique du Québec a d'abord été réalisée par des levés de reconnaissance pour tout le territoire, puis, dans les provinces métallogéniques, par des levés régionaux et finalement par des levés détaillés qui représentent la finalité du processus cartogra-

phique. Parallèlement à ces interventions, le MER-Mines acquiert, de par les dispositions de la Loi des Mines, une très grande quantité de données géoscientifiques des compagnies d'exploration qu'il gère et rend public sous forme de dossiers publics d'exploration minière (les GM) et de compilations géoscientifiques. Les données de l'industrie combinées à celles du MER-Mines font de la banque de données (environ 50 000 documents) l'une des plus importantes bases de données géoscientifiques au monde. Elle confère au Québec un avantage comparatif de première importance qu'il reste à exploiter pleinement. La création de SIGÉOM facilitera la gestion de cette information, assurera sa mise à jour et facilitera l'accès aux utilisateurs.

Sur ces deux aspects, SIGÉOM et les dossiers publics d'exploration minière, le Québec possède un avantage comparatif important lequel, nous croyons, est déjà reconnu par l'exploration minière. C'est en misant sur ces deux atouts que s'articule notre projet d'évaluation des ressources minérales du Québec. Ce projet s'inscrit dans la planification stratégique du MER-Mines. Il lui permettra de maintenir l'avantage d'explorer au Québec en proposant aux intervenants de l'exploration minière une banque de données intégrée et des produits à valeur ajoutée utiles. Entre autres produits, mentionnons la révision des cartes des gîtes minéraux et la production de cartes métallogéniques.

### L'ACCÈS AU TERRITOIRE

Au cours des prochaines années, les pressions sociales se feront de plus en plus fortes afin de réserver des portions plus grandes du territoire pour des usages récréatifs ou de conservation.

Le Gouvernement fédéral et plusieurs administrations provinciales ont déjà annoncé des planifications ambitieuses visant à préserver un pourcentage accru de leur territoire. Soulignons, entre autres, que le Manitoba et la Colombie-Britannique se sont engagés à préserver 12% de leur territoire d'ici l'an 2000. L'industrie minière ne peut ignorer cette tendance puisqu'elle pourra affecter les régions qu'elle prospecte. En ce sens l'expérience du gisement Windy Craggy en Colombie-Britannique est fort éloquent.

Le MER-Mines est fréquemment appelé à se prononcer sur la pertinence de soustraire au jalonnement des portions du territoire afin de créer des parcs, des

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

réserves ou des barrages. Le projet d'évaluation du potentiel minéral permettra donc au MER-Mines d'appuyer ses recommandations par des évaluations les plus rigoureuses possibles.

D'autres provinces ont déjà initié de tels projets. La Colombie-Britannique a mis sur pied le *Mineral Potential Project* dont l'objectif est d'évaluer, sur quelques années, le potentiel minéral de toute la province. L'initiative des agences gouvernementales est motivée par l'intérêt de préserver l'état naturel de portions du territoire placées sous leur juridiction mais sert également à appuyer les négociations territoriales avec les autochtones. Leurs projets d'évaluation sont donc planifiés en conséquence.

Nous croyons qu'en étant pro-actif dans ce dossier, le MER-Mines, en collaboration avec l'industrie minière, saura remplir sa mission envers celle-ci dans le respect des autres intervenants.

### **RESTRICTIONS BUDGÉTAIRES**

Dans le contexte de rationalisation des dépenses gouvernementales, le MER-Mines a dû diminuer les sommes qu'il consacre à l'acquisition de nouvelles données. Cette tendance se maintiendra au cours des prochaines années. Le projet d'évaluation du potentiel minéral permettra au MER-Mines de mettre en évidence les principales lacunes de la base de données. Nous pourrions aussi mieux justifier l'acquisition de nouvelles données géologiques pour compléter la base de données dans des régions à fort potentiel ou encore pour permettre une première évaluation de territoires peu connus.

## **L'évaluation du potentiel minéral**

Il nous apparaît donc indispensable d'élaborer une méthode d'évaluation du potentiel qui soit rigoureuse et qui repose sur des fondements scientifiques solides. Cette méthodologie est relativement simple. Elle a été développée, adaptée et appliquée par plusieurs agences gouvernementales. Dans ce domaine l'expérience du USGS est manifeste. La méthodologie d'évaluation

retenue comprend trois étapes: 1. la compilation de l'information géoscientifique de manière à créer les bases de données les plus complètes possibles; 2. l'analyse et l'intégration des données afin de mettre en évidence les paramètres diagnostiques des milieux géologiques favorables à tel ou tel autre type de gisement; et 3. la pondération de ces paramètres pour construire des indices de potentiel intégré.

Cette méthodologie simple en apparence s'appuie toutefois sur une connaissance détaillée des types de gisements potentiellement présents ainsi que sur leurs processus de formation. C'est une démarche rigoureuse qui s'appuie sur la reconnaissance des processus géologiques qui ont conduit à la formation des gisements. Il s'agit de repérer, en intégrant l'information géoscientifique multidisciplinaire, les aires où les processus génétiques particuliers à un type de gisement donné ont pu être opérants.

Nous proposons, pour 1994, un plan d'action en deux volets concomitants. *Le premier volet* consiste à créer une base de données sur les gîtes minéraux qui sera prochainement greffée à SIGÉOM. Elle comprendra des descriptions uniformes et très détaillées des contextes géologiques des principaux gisements métalliques du Québec. Parallèlement, nous réaliserons l'inventaire des principaux types de gisements métalliques de la province dans le but de construire une classification cohérente reposant sur des paramètres descriptifs et génétiques. Cet inventaire servira également à réaliser, à court terme, une première évaluation du potentiel de l'ensemble de la province (à grande échelle).

*Le second volet* comprend la réalisation de deux projets d'évaluation (à l'échelle 1:250 000). Le choix de ces deux régions n'est pas encore établi, mais nous savons d'ores et déjà qu'elles devront répondre aux critères suivants: une connaissance géologique adéquate; c'est-à-dire une couverture cartographique permettant une compilation à l'échelle 1:250 000, la disponibilité de levés géophysiques régionaux, une bonne densité de données géochimiques et d'activité minière, ainsi qu'une bonne variété de types de gisements.

# **Révision des modèles géologiques dans le Nord-Ouest du Québec**

---



# Modèles génétiques pour les gisements d'or filonien archéens et examen du secteur aurifère à l'est de Val-d'Or à la lumière de ces modèles

Cecilia L. Jenkins et Alex C. Brown<sup>(1)</sup>

## Introduction

Des modèles de minéralisation aurifère filonienne mésothermale à l'Archéen sont discutés depuis les dix dernières années. En conséquence, notre compréhension a progressé considérablement sur des aspects tels que la chimie des fluides, l'altération et la formation des veines reliées à la genèse de ce type de gisement. De paire avec ces avancements, nos connaissances des processus tectoniques et pétrogénétiques se sont améliorées, permettant une meilleure compréhension du développement des ceintures de roches vertes et de la cratonisation.

Les principaux modèles génétiques pour les gisements d'or filonien archéens [eau météorique, modèle orthomagmatique, modèle métamorphogénique, et granulitisation-dégazage mantellique (G-DM)] proposent des sources de fluides et de solutés variées et différentes raisons pour expliquer cette minéralisation. Ce qui suit est un bref sommaire de ces quatre modèles et de plusieurs caractéristiques géologiques des cantons de Bourlamaque et Louvicourt (à l'est de Val-d'Or) en accord avec les principaux éléments du modèle de G-DM. Notre évaluation de ces modèles suggère que le modèle de G-DM, bien qu'il ne soit pas totalement satisfaisant, explique le mieux la minéralisation d'or filonien archéen dans le contexte de l'évolution des ceintures de roches vertes.

## Modèles

Le modèle *eau météorique* (Nesbitt *et al.*, 1986) propose que les gisements d'or filonien archéens (GOFA) se sont formés par la convection d'eaux météoriques qui lessivaient de l'or et d'autres solutés des roches environnantes. Ce modèle est basé sur: 1) les similitudes chimiques et géologiques entre les gisements d'or filonien mésothermaux dans la Cordillère canadienne et les GOFA, 2) l'association des gisements de Sb et de Hg épithermaux et des gisements d'or ( $\pm\text{Sb}\pm\text{As}\pm\text{W}$ ) mésothermaux dans la Cordillère avec des failles majeures. La décroissance des valeurs de  $\delta\text{D}$  provenant des inclusions fluides dans le quartz filonien avec la latitude croissante suggère l'implication des eaux

météoriques dans la formation des gisements d'or mésothermaux dans la Cordillère nord-américaine.

Pickthorn *et al.* (1987) et Taylor *et al.* (1991) argumentent que des inclusions fluides secondaires d'eau météorique dominant dans les veines de quartz mésothermales de la Cordillère. Toutefois, ce qui est intéressant, c'est que des données isotopiques de l'Australie et de l'Abitibi suggèrent que l'eau de mer ou météorique serait impliquée dans la formation de certains gisements d'or archéens (Kennedy et Kerrich, 1982; Groves *et al.*, 1992).

Bien que Nesbitt (1988) et Nesbitt et Muehlenbachs (1989) donnent des exemples de circulation d'eau de mer et météorique jusqu'à 10-15 km de profondeur, il est peu probable que la convection hydrostatique de l'eau météorique explique la majorité des GOFA parce que des pressions supérieures à la pression lithostatique sont nécessaires pour réactiver des failles normales abruptes dans lesquelles se trouvent souvent des gisements d'or filonien mésothermaux (Sibson *et al.*, 1988). Toutefois, des fluctuations importantes de pression entre des conditions supralithostatiques et hydrostatiques peuvent se produire si le système s'écoule en surface (Robert, présentation orale, Brazil Gold '91).

Le modèle *orthomagmatique* suggère que lors de la cristallisation d'une intrusion, des fluides hydrothermaux exsudent métaux, soufre et composantes de minéraux de gangue pouvant former des gisements d'or filonien. Par exemple, Cameron et Hattori (1987) utilisent la présence de sulfates, d'hématite et de sulfures dans des petits plutons felsiques comme évidence de conditions oxydantes favorables au transport des métaux. Burrows et Spooner (1989) notent également que certaines des intrusions dioritiques les moins altérées de la mine Lamaque ont des concentrations d'or supérieures au bruit de fond associé à des intrusions stériles. Leur hypothèse veut que les intrusions minéralisées de la mine Lamaque aient dérivé périodiquement d'un magma dioritique parental en profondeur dans lequel l'or serait progressivement enrichi dans le magma évolué et possiblement dans un fluide coexistant par cristallisation fractionnée.

Perring *et al.* (1987), Kerrich (1989) et Kyser et Kerrich (1990) mentionnent plusieurs problèmes avec ce modèle. La minéralisation aurifère plus jeune que l'in-

(1) École Polytechnique de Montréal

trusion hôte (e.g., Jemielita *et al.*, 1990) est un argument convaincant contre une origine purement orthomagmatique

Le modèle métamorphogénique envisage l'écoulement de fluides de CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O à faible densité et faible salinité, canalisés par des failles crustales. Ces fluides résulteraient de la dévolatilisation des roches vertes lors du métamorphisme au faciès amphibolite-schistes verts, phénomène à peu près synchrone à la déformation et au plutonisme tardifs (Kerrich et Fryer, 1979; Groves et Phillips, 1987). L'or serait lessivé des roches vertes lors de la circulation des fluides métamorphiques.

Ce modèle est contesté parce qu'en général l'altération hydrothermale est imprimée sur des assemblages métamorphiques régionaux (Robert et Brown, 1986). De plus, des données géochronologiques précises indiquent que la minéralisation est beaucoup plus jeune que le métamorphisme (Hanes *et al.*, 1992 et références ci-incluses). Kyser et Kerrich (1990) argumentent que dans des environnements de collision où l'épaississement de la croûte est instantané par rapport à la relaxation thermique, le métamorphisme maximal en profondeur ( $\approx 60$  km) peut être jusqu'à 40 Ma plus jeune que le métamorphisme maximal à faible profondeur ( $\approx 10$  km). Cette relaxation pourrait expliquer pourquoi des fluides métamorphiques tardifs en profondeur modifient les assemblages métamorphiques maximaux formés à des niveaux peu profonds. De plus, certains gisements se trouvent dans des roches du faciès amphibolite supérieur, requérant que ces roches soient source et piège de l'or. Néanmoins, l'épaississement de la croûte par chevauchement peut expliquer la présence de la minéralisation d'or filonien dans des roches de haut faciès métamorphique (Jaupart et Provoost, 1985; Connolly et Thompson, 1989).

Le modèle de granulitisation-dégazage mantellique (Colvine *et al.*, 1988), tel qu'envisagé pour le Supérieur, relie la métallogénie d'or archéenne à l'histoire magmato-tectono-thermique de l'orogénèse. Ils proposent qu'un diapirisme mantellique aurait fourni magma, chaleur et éléments volatiles à la croûte inférieure, provoquant sa granulitisation. Du CO<sub>2</sub>, du H<sub>2</sub>O, des éléments incompatibles et de l'or seraient canalisés dans des structures régionales profondes. De petits corps intrusifs seraient aussi piégés dans ces zones de déformation régionale. L'or, le CO<sub>2</sub>, le H<sub>2</sub>O et des éléments incompatibles seraient extraits et transportés au site de dépôt par au moins deux processus distincts: 1) des magmas silicatés ascendants, formés par anatexie du manteau ou de la croûte inférieure, auraient pu exsuder de l'or et d'autres éléments dans un fluide magmatique contenant H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub>; et 2) des fluides hydrothermaux auraient transporté de l'or, du CO<sub>2</sub> et d'autres éléments du manteau et/ou de la croûte inférieure au site de dépôt sans incorporation dans un

magma. Présentement, les études sur les inclusions fluides et les isotopes stables ne permettent pas de distinguer entre des fluides métamorphiques et magmatiques dans la croûte inférieure.

Quelques observations favorables au modèle (Perring *et al.*, 1987; Kerrich, 1989; Kyser et Kerrich, 1990) sont: 1) plusieurs granulites de faible et moyenne pression sont lessivées de certains éléments incompatibles (K, Rb, Cs, U, Th, Y, ÉTR lourds) qui sont enrichis dans les GOFA, suggérant une relation source-piège; 2) une conjonction contemporaine existe entre les granulites archéennes lessivées et les GOFA; et 3) les valeurs de <sup>13</sup>C des fluides hydrothermaux minéralisants convergent vers -4 par mil, une valeur semblable à celle du CO<sub>2</sub> juvénile (-5±2 par mil).

La datation suggère que l'activité des fluides dans la croûte inférieure était contemporaine à la déformation cassante, l'altération et la minéralisation d'or filonien dans les niveaux supérieurs de la croûte (Corfu, 1987). Alors, les fluides provenant de la granulitisation du manteau supérieur et/ou de la croûte inférieure auraient pu être la source des GOFA, considérés comme postérieurs à la déformation maximale et au métamorphisme associé dans l'Archéen tardif (Robert et Brown, 1986). De plus, les isotopes du Sr et du Pb indiquent la présence d'une composante crustale inférieure dans les fluides aurifères (Kerrich *et al.*, 1987; Dahl *et al.*, 1987).

Toutefois, plusieurs granulites postarchéennes et quelques unes archéennes ne sont pas manifestement lessivées en éléments lithophiles à grand rayon ionique (ÉLGRI) (Rudnick *et al.*, 1985), ce qui laisse supposer que l'appauvrissement en ÉLGRI n'est pas un résultat inévitable ni commun du métamorphisme granulitique (Kyser et Kerrich, 1990). De plus, les données de  $\delta^{13}\text{C}$  des carbonates hydrothermaux de la minéralisation aurifère sont en accord avec une origine magmatique (de -8 à -3 par mil) (Colvine *et al.*, 1988). Toutefois, un réservoir métamorphique ne peut être exclu parce que la moyenne des réservoirs de carbone est de  $\delta^{13}\text{C} \pm 5$  par mil pour des roches ignées, métamorphiques et sédimentaires (Ohmoto et Rye, 1979). Alors, les données isotopiques du carbone ne peuvent différencier hors de tout doute les réservoirs. Enfin, des mesures de C/<sup>3</sup>He suggèrent que le flux de CO<sub>2</sub> dans les régions actives tectoniquement n'est pas suffisant pour produire des granulites à l'échelle régionale (O'Nions et Oxburgh, 1988).

Golding *et al.* (1987), Kerrich *et al.* (1987) et Perring *et al.* (1987) ont identifié des "provincialités" de signatures isotopiques (Sr, Pb et C) entre des camps aurifères et même entre des mines reliées à un même système de faille. Ils proposent que ces "provincialités" ne peuvent s'expliquer par un gros réservoir mantellique uniforme. Des processus à l'échelle de la ceinture



de roches vertes sont plutôt invoqués pour expliquer les variations isotopiques à l'échelle locale. Toutefois, selon Colvine *et al.* (1988), il n'est pas clair si ces "provincialités" sont dues à des variations de la source ou à des interactions entre fluide et roche en route ou au site de déposition. Dans le cas du carbone, la "provincialité" pourrait être une caractéristique de la source (Colvine *et al.*, 1988) et alors, il se peut que les "provincialités" isotopiques n'aident pas à différencier entre les réservoirs magmatiques et métamorphiques.

Groves *et al.* (1989) et Perring *et al.* (1989) suggèrent que les GOFA résultent du dégazage manteau-croûte, impliquant un magmatisme mantellique relié à une tectonique convergente. Toutefois, la "provincialité" des isotopes stable et radiogéniques leur permet d'argumenter que la dévolatilisation métamorphique de la croûte a aussi contribué à la formation de fluides minéralisants. De plus, des données sur les inclusions fluides et les isotopes stables indiquent possiblement la participation d'eau météorique ou de mer dans quelques GOFA en Abitibi et en Australie (Kennedy et Kerrich, 1982; Groves *et al.*, 1992).

Le modèle de G-DM semble être le modèle le plus complet pour expliquer la minéralisation d'or filonien archéenne, prenant en considération des données tectoniques, métamorphiques, géochimiques (isotopes, inclusions fluides, altérations) et géochronologiques. Tels que proposés par Colvine *et al.* (1988), la granulitisation et le dégazage mantellique sont des processus inévitables dans la cratonisation du Supérieur. En dépit de la nature compréhensive de ce modèle, l'interprétation des données géochimiques est critiquée (Perring *et al.*, 1987; Kerrich, 1989; Kyser et Kerrich, 1990), surtout parce qu'elles n'indiquent pas sans équivoque une origine mantellique pour les fluides et les solutés. Sans d'autres données infirmant ou confirmant un des modèles, nous suggérons que la notion de fluides métamorphiques amphibolitiques lessivant l'or des roches crustales soit ajoutée au modèle G-DM parce que des variations "provinciales" des données isotopiques (Sr, Pb et C) dans les GOFA n'indiquent pas une roche source unique pour l'or (Kerrich, 1989). De plus, la participation possible d'eau de mer ou météorique dans certains GOFA au faciès schistes verts à subschistes verts (Groves *et al.*, 1992) suggère que plusieurs sources de fluides auraient pu agir ensemble pour former des GOFA et que l'or aurait été lessivé par ces fluides dans des environnements crustaux à subcrustaux.

### **Application au secteur des cantons de Bourlamaque-Louvicourt**

L'examen du secteur des cantons de Bourlamaque-Louvicourt montre plusieurs caractéristiques en accord

avec les principaux éléments du modèle G-DM. Dans la région à l'étude, une zone tectonique majeure, la faille de Larder Lake-Cadillac (FLLC) orientée est-ouest, sépare la sousprovince métasédimentaire de Pontiac du bloc de Malartic (Desrochers *et al.*, 1993) au nord. Des études géophysiques (Green *et al.*, 1990; Jackson *et al.*, 1990) indiquent que cette faille à pendage abrupt vers le nord atteint des profondeurs de  $\approx 15$  km. Les cisaillements de deuxième et troisième ordres constituent un système de cisaillement subsidiaire à la FLLC (Robert, 1990). La minéralisation aurifère est généralement associée aux cisaillements de troisième ordre. Des quantités abondantes de carbonate se trouvent dans les trois ordres de cisaillement, dans les veines et comme altération d'éponte. Les inclusions fluides provenant des veines de quartz de la mine Sigma indiquent que les fluides minéralisants étaient des fluides de H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>, homogènes, de faible salinité, avec normalement 15-30 % mol. CO<sub>2</sub> et piégés à des températures minimales entre 285 et 395 °C (Robert et Kelly, 1987). Ces fluides ont subi un démixage possiblement relié à des fluctuations extrêmes des pressions de fluides (Guha *et al.*, 1991).

Des études d'altération et des calculs de balance de masse sur des épontes de veines aux mines Sigma et Lamaque suggèrent que les fluides hydrothermaux minéralisants ont considérablement enrichis en CO<sub>2</sub>, K, Rb, B, Au, Y, U, Th, et ÉTR les zones d'altération visible et/ou cryptiques adjacentes aux veines (Ludden *et al.*, 1984; Robert et Brown, 1986). Ces enrichissements sont en accord avec le modèle G-DM.

La géochronologie a permis de fixer les événements géologiques de la région de Val-d'Or dans un cadre absolu (voir Wong *et al.*, 1991 et Hanes *et al.*, 1992 pour la plupart des âges U-Pb sur zircon). Le volcanisme calco-alcalin pré-tectonique s'est produit à  $\approx 2705$  Ma et une diorite porphyrique pré-tectonique est âgée de  $\approx 2704$  Ma. L'intrusion de Bourlamaque, géochimiquement semblable au volcanisme calco-alcalin, est datée à  $\approx 2700$  Ma. Un dyke post-tectonique de porphyre de feldspaths de la mine Sigma âgé de  $\approx 2694$  Ma limite le tectonisme régional entre 2694 et 2700 Ma. Ce 2694 Ma est aussi interprété comme la limite supérieure du métamorphisme régional au faciès des schistes verts et de la minéralisation aurifère. Un âge Ar/Ar de  $2693 \pm 11$  Ma sur une hornblende métamorphique de la mine Sigma et un âge U/Pb de  $2684 \pm 7$  Ma sur un rutile métamorphique dans une roche volcanique calco-alcaline peuvent représenter le métamorphisme dynamique au faciès des schistes verts et un métamorphisme thermique au faciès des schistes verts moyen, respectivement (Robert, 1991). Jemielita *et al.* (1989) ont obtenu un âge U/Pb (zircon) de  $\approx 2685$  Ma pour un pluton aurifère de la mine Lamaque. La minéralisation et l'altération hydrothermale se superposent sur le

métamorphisme (Robert et Brown, 1986) à la mine Sigma et un rutile hydrothermal donne un âge U/Pb de  $2599 \pm 9$  Ma. Cet âge est semblable aux suivants: âge "plateau" de  $2579 \pm 9$  Ma pour la muscovite provenant d'une veine de quartz à la mine Sigma, Sm/Nd de  $2602 \pm 20$  Ma pour la scheelite provenant de Sigma et deux autres gisements dans la région de Val-d'Or (Anglin, 1990) et U/Pb de  $2593 \pm 5$  Ma pour un rutile hydrothermal de la mine Lamaque (Jemielita *et al.*, 1989). À l'aide de ces âges, Wong *et al.* (1991) et Hanes *et al.* (1992) concluent que la minéralisation aurifère s'est produite  $\approx 80$ -100 Ma après le métamorphisme régional. La datation à la microsonde ionique (SHRIMP) (Claoué-Long *et al.*, 1990) sur des zircons d'origine apparemment hydrothermale provenant de mines d'or à l'est de Val-d'Or suggère qu'il y aurait eu deux périodes de croissance de zircon. Ces croissances ( $\approx 2700$  Ma et  $\approx 2680$  Ma), reliées au développement cinématique de la région de Val-d'Or, suggèrent que la minéralisation aurifère n'était pas due à un seul événement. Bien que Corfu et Davis (1991) doutent de l'existence de zircon hydrothermal, des exemples dans le camp de Val-d'Or de minéralisation aurifère recoupée par des dykes de porphyres de feldspaths, par exemple à la mine Simkar (Sauvé, 1985a), suggèrent que certaines minéralisations aurifères peuvent être aussi vieille que  $\approx 2694$  Ma ou même plus.

En conclusion, la majorité des GOFA dans la région étudiée (exception: mine Akasaba, minéralisation synvolcanique?; Sauvé, 1985b) ont des caractéristiques semblables à ceux des autres camps aurifères dans le Supérieur et sont en accord avec les principaux éléments du modèle de G-DM. Basés sur des "provincialités" isotopiques, géochimiques et minéralogiques notées dans les autres camps, indiquant probablement l'influence des environnements locaux de déposition (bien que des hétérogénéités de source ne puissent être exclues), nous suggérons que ces variations soient considérées dans la modélisation à plus petite échelle lors de l'analyse de terrains spécifiques conjointement avec le modèle de G-DM de plus grande échelle. Ce concept de modélisation à deux échelles est en accord avec les travaux géochronologiques, structuraux et géochimiques récents (Thurston *et al.*, 1991; Jackson et Fyon, 1991; Desrochers *et al.*, 1993) où de grands groupes ont été divisés en de plus petits assemblages tectonostratigraphiques. L'identification de terrains contemporains juxtaposés mais composés de différentes associations lithologiques et de terrains lithologiquement semblables mais d'âges différents a permis de raffiner le développement de sous-provinces et ultimement l'accrétion de provinces.

## Références

- ANGLIN, C.D., 1990 – Preliminary Sm-Nd isotopic analyses of scheelites from Val d'Or gold deposits, Quebec. *In: Current Research, Part C, Geological Survey of Canada; Paper 90-1C, p.255-259.*
- BURROWS, D.R. – SPOONER, E.T.C., 1989 – Relationships between Archean gold quartz vein-shear zone mineralization and igneous intrusions in the Val d'Or and Timmins areas, Abitibi Subprovince, Canada. *Economic Geology; Monograph 6, p.424-444.*
- CAMERON, E.M. – HATTORI, K., 1987 – Archean gold mineralization and oxidized hydrothermal fluids. *Economic Geology; v.82, p.1177-1191.*
- CLAOUÉ-LONG, J.C. – KING, R.W. – KERRICH, R., 1990 – Archean hydrothermal zircon in the Abitibi greenstone belt: constraints on the timing of gold mineralisation. *Earth and Planetary Science Letters; v.98, p.109-128.*
- COLVINE, A.C. – FYON, J.A. – HEATHER, K.B. – MARMONT, S. – SMITH, P.M. – TROOP, D.G., 1988 – Archean lode gold deposits in Ontario. *Ontario Geological Survey; Miscellaneous Paper 139, 136p.*
- CONNOLLY, J.A.D. – THOMPSON, A.B., 1989 – Fluid and enthalpy production during regional metamorphism. *Contributions to Mineralogy and Petrology; v.102, p. 347-366.*
- CORFU, F., 1987 – Inverse age stratification in the Archean crust of the Superior Province: Evidence for infra- and subcrustal accretion from high resolution U-Pb zircon and monazite ages. *Precambrian Research; v.36, p.259-275.*
- CORFU, F. – DAVIS, D.W., 1991 – Comment on "Archean hydrothermal zircon in the Abitibi greenstone belt constraints on the timing of gold mineralization" by J.C. Claoué-Long, R.W. King and R. Kerrich. *Earth and Planetary Science Letters; v.104, p.545-552.*
- DAHL, N. – McNAUGHTON, N.J. – GROVES, D.I., 1987 – A lead-isotope study of sulphides associated with gold mineralization in selected deposits from the Archean Eastern Goldfield of Western Australia. *In: Ho, S.E. et Groves, D.I., eds., Recent Advances in Understanding Precambrian Gold Deposits. Geology Department and University Extension, University of Western Australia; Publication No. 11, 189-202.*
- DESROCHERS, J.-P. – HUBERT, C. – LUDDEN, J.N. – PILOTE, P., 1993 – Accretion of Archean oceanic plateau fragments in the Abitibi greenstone belt, Canada. *Geology; v.21, p.451-454.*

- GOLDING, S.D. – GROVES, D.I. – McNAUGHTON, N.J. – BARLEY, M.E. – ROCK, N.M.S., 1987 – Carbon isotopic composition of carbonates from contrasting alteration styles in supracrustal rocks of the Norseman-Wiluna belt, Yilgarn block, Western Australia: their significance to the source of Archaean auriferous fluids. *In*: Ho, S.E. and Groves, D.I., eds., *Recent Advances in Understanding Precambrian Gold Deposits*. Geology Department and University Extension, The University of Western Australia; Publication No. 11, p.215-238.
- GREEN, A.G. – MILKEREIT, B. – MAYRAND, L.J., 1990 – Deep structure of an Archaean greenstone terrane. *Nature*; v. 344, p.327-330.
- GROVES, D.I. – PHILLIPS, N., 1987 – The genesis and tectonic control on Archaean gold deposits of the western Australian shield – a metamorphic replacement model. *Ore Geology Reviews*; v.2, p.287-322.
- GROVES, D.I. – BARLEY, M.E. – HO, S.E., 1989 – Nature, genesis, and tectonic setting of mesothermal gold mineralization in the Yilgarn block, Western Australia. *Economic Geology*; Monograph 6, p.71-85.
- GROVES, D.I. – BARLEY, M.E. – BARNICOAT, A.C. – CASSIDY, K.F., 1992 – Subgreenschist- to granulite-hosted Archaean lode-gold deposits of the Yilgarn craton: a depositional continuum from deep-sourced hydrothermal fluids in crustal-scale plumbing systems. *In*: Glover, J.E. and Ho, S.E., eds., *The Archaean: Terrains, Processes and Metallogeny*. Geology Department and University Extension, The University of Western Australia; Publication No. 22, p.325-337.
- GUHA, J. – LU, H-Z. – DUBÉ, B. – ROBERT, F. – GAGNON, M., 1991 – Fluid characteristics of vein and altered wall rock in Archaean mesothermal gold deposits. *Economic Geology*; v.86, p.667- 684.
- HANES, J.A. – ARCHIBALD, D.A. – HODGSON, C.J. – ROBERT, F., 1992 – Dating of Archaean auriferous quartz vein deposits in the Abitibi greenstone belt, Canada:  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  evidence for a 70- to 100-m.y.-time gap between plutonism-metamorphism and mineralization. *Economic Geology*; v.87, p.1849-1861.
- JACKSON, S.L. – FYON, J.A., 1991 – The western Abitibi Subprovince in Ontario. *In*: Thurston, P.C., Williams, H.R., Sutcliffe, R.H. and Stott, G.M., eds., *Ontario Geological Survey*; Special Volume 4, Part 1, p.405-482.
- JACKSON, S.L. – SUTCLIFFE, R.H. – LUDDEN, J.N., 1990 – Southern Abitibi greenstone belt: Archaean crustal structure from seismic-reflection profiles. *Geology*; v.18, p.1086-1090.
- JAUPART, C. – PROVOST, A., 1985 – Heat focussing, granite genesis and inverted metamorphic gradients in continental collision zones. *Earth and Planetary Science Letters*; v.73, p.385-397.
- JEMIELITA, R.A. – DAVIS, D.W. – KROGH, T.E. – SPOONER, E.T.C., 1989 – Chronological constraints on the origin of Archaean lode gold deposits in the southern Superior Province from U/Pb isotopic analyses of hydrothermal rutile and titanite. *Geological Society of America*; Annual Meeting; Abstracts with Programs; v.21, p.A351.
- KENNEDY, L.P. – KERRICH, R., 1982 – Transition from marine to meteoric water hydrothermal regimes in an emerging Archaean intrusive complex:  $^{18}\text{O}$  evidence from the Flavrian pluton. *American Geophysical Union*; Program with Abstracts; v.63, p.1128.
- KERRICH, R., 1989 – Geodynamic setting and hydraulic regimes: shear zone hosted mesothermal gold deposits. *In*: Bursnall, J.T., ed., *Mineralization and shear zones*. Geological Association of Canada; Short Course Notes, Volume 6, p.89-128.
- KERRICH, R. – FRYER, B.J., 1979 – Archaean precious-metal hydrothermal systems, Dome Mine, Abitibi Greenstone Belt: Part II. REE and oxygen isotope relations. *Canadian Journal of Earth Sciences*; v.16, p.440-458.
- KERRICH, R. – FRYER, B.J. – KING, R.W. – WILLMORE, L.M. – VAN HEES, E., 1987 – Crustal outgassing and LILE enrichment in major lithosphere structures, Archaean Abitibi greenstone belt: evidence on the source reservoir from strontium and carbon isotope tracers. *Contributions to Mineralogy and Petrology*; v.97, p.156-168.
- KYSER, T.K. – KERRICH, R., 1990 – Geochemistry of fluids in tectonically active crustal regions. *In*: Nesbitt, B.E., ed., *Short Course on Fluids in Tectonically Active Regimes of the Continental Crust*. Mineralogical Association of Canada; p.133-230.
- LUDDEN, J.N. – DAIGNEAULT, R. ROBERT, F. – TAYLOR, R.P., 1984 – Trace element mobility in alteration zones associated with Archaean Au lode deposits. *Economic Geology*; v.79, p.1131-1141.
- NESBITT, B.E., 1988 – Gold deposit continuum: A genetic model for lode Au mineralization in the continental crust. *Geology*; v.16, p.1044-1048.
- NESBITT, B.E. – MUEHLENBACHS, K., 1989 – Origins and movement of fluids during deformation and metamorphism in the Canadian Cordillera. *Science*; v.245, p.733-736.
- NESBITT, B.E. – MUROWCHICK, J.B. – MUEHLENBACHS, K., 1986 – Dual origins of lode gold deposits in the Canadian Cordillera. *Geology*; v.14, p.506-509.
- OHMOTO, H. – RYE, R.O., 1979 – Isotopes of sulfur and carbon. *In*: H.L. Barnes, ed., *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, p.509-567.

- O'NIONS, R.K. – OXBURGH, E.R., 1988 – Helium volatiles fluxes and the development of continental crust. *Earth and Planetary Science Letters*; v.90, p.331-347.
- PERRING, C.S. – BARLEY, M.E. – CASSIDY, K.F., 1989 – The association of linear orogenic belts, mantle-crustal magmatism, and Archean gold mineralization in the eastern Yilgarn block of Western Australia. *In: Keays, R.R., Ramsay, W.R.H. and Groves, D.I., eds., The Geology of Gold Deposits: The Perspective in 1988. Economic Geology; Monograph 6, p.571-584.*
- PERRING, C.S. – GROVES, D.I. – HO, S.E., 1987 – Constraints on the source of auriferous fluids for Archean gold deposits. *In: Ho, S.E. et Groves, D.I., eds., Recent Advances in Understanding Precambrian Gold Deposits. Geology Department and University Extension, The University of Western Australia; Publication No. 11, p.287-306.*
- PICKTHORN, W.J. – GOLDFARB, R.J. – LEACH, D.L., 1987 – Comment on "Dual origins of lode gold deposits in the Canadian Cordillera". *Geology*; v.15, p.471-473.
- ROBERT, F., 1990 – Structural setting and control of gold-quartz veins of the Val d'Or area, southeastern Abitibi subprovince. *University of Western Australia; Publication #24, p.167-209.*
- ROBERT, F., 1991 – Gold metallogeny of greenstone belts: Considerations from the eastern Abitibi Subprovince, Canada. *In: Ladeira, E.A., ed., Brazil Gold '91, Rotterdam, p.31-47.*
- ROBERT, F. – BROWN, A.C., 1986 – Archean gold-bearing quartz veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt, Quebec: Part II. Vein paragenesis and hydrothermal alteration. *Economic Geology*; v.81, p.593-616.
- ROBERT, F. – KELLY, W.C., 1987 – Ore-forming fluids in Archean gold-bearing quartz veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Economic Geology*; v.82, p.1464-1482.
- RUDNICK, R.L. – McLENNAN, S.M. – TAYLOR, S.R., 1985 – Large ion lithophile elements in rocks from high-pressure granulite facies terrains. *Goechemica and Cosmochimica Acta; Volume 49, pages 1645-1655.*
- SAUVÉ, P., 1985a – Géologie de la mine d'or Louvicourt Goldfield Val d'Or, Québec. *Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MB 85-43, 28p.*
- SAUVÉ, P., 1985b – Géologie de la mine d'or Akasaba, région de Val-d'Or. *Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MB 85-40, 40 p.*
- SIBSON, R.H. – ROBERT, F. – POULSEN, H., 1988 – High angle faults, fluid pressure cycling and mesothermal gold-quartz deposits. *Geology*; v.16, p.551-555.
- TAYLOR, B.E. – ROBERT, F. – BALL, M. – LEITCH, C.H.B., 1991 – Mesozoic "Mother Lode type" gold deposits in North America: primary vs secondary, meteoric – fluids. *Association géologique du Canada/Association minéralogique du Canada; programme et résumés; v.16, p.A122.*
- THURSTON, P.C. – OSMANI, I.A. – STONE, D., 1991 – Northwestern Superior Province: review and terrane analysis, dans: Thurston, P.C., Williams, Sutcliffe, R.H. et Stott, G.M., eds., *Geology of Ontario, Ontario Geological Survey, Special Volume 4, Part 1, p.81-142.*
- WONG, L. – DAVIS, D.W., KROGH, T.E. – ROBERT, F., 1991 – U-Pb zircon and rutile chronology of Archean greenstone formation and gold mineralization in the Val d'Or region, Quebec. *Earth and Planetary Science Letters*; v.104, p.325-336.

# Minéralisations aurifères multiphasées dans la région de Val-d'Or: l'exemple de la mine Norlartic

Pierre Pilote et Jean-François Couture (1), Jean-Philippe Desrochers(2), Nuno Machado(3) Petr Pelz(4)

## Introduction

Le district de Val-d'Or, situé dans la partie sud de la Sous-province de l'Abitibi du nord-ouest québécois (figure 1), est réputé pour ses gîtes de type filonien (Robert, 1990a et 1990c; Sauvé *et al.*, 1993). Deux grands types de minéralisation y sont reconnus: (1) les réseaux relativement peu déformés de veines encaissées dans des zones de cisaillement auxquelles sont associées des veines d'extension et; (2) les veines déformées et les brèches à matrice de quartz encaissées apparemment dans des zones de cisaillement. Ces deux types prennent place dans des contextes géologiques différents, montrent des relations de recouplement différentes avec les roches intrusives mafiques et felsiques et présentent des caractéristiques morphologiques contrastantes. Dans quelques gisements toutefois, les deux types de minéralisation sont présents.

Les relations de terrain observées dans bon nombre de gîtes du premier type indiquent clairement que le dépôt de l'or est survenu tardivement, puisque la minéralisation aurifère est relativement non déformée, recoupe tous les types de roches à l'exception des dykes de diabase protérozoïques et est postérieure au plissement régional et au métamorphisme (Robert, 1990a).

Le but de cette contribution est de présenter une nouvelle date U-Pb provenant de la mine Norlartic (figures 1 et 2), un gîte où les deux types de minéralisation sont présents et où les relations de recouplement avec une intrusion tonalitique permettent d'en préciser l'âge.

## Géologie générale et données géochronologiques disponibles

La géologie de la région de Val-d'Or est décrite par Imreh (1984 et 1990) et a été récemment revue par Desrochers *et al.* (1993a et 1993b). Celle-ci consiste en une alternance de domaines sédimentaires clastiques et de roches volcano-plutoniques (figure 1). Les lithologies volcaniques varient en composition de komatiite tholéiitique à dacite calco-alcaline. Elles sont recoupées par des plutons synvolcaniques à tarditec-

toniques et des dykes de composition dioritique à granitique. Les roches volcaniques de la région de Val-d'Or appartiennent au Bloc Composite de Malartic (BCM, Desrochers *et al.*, 1993a). Du côté sud, le BCM est bordé par les groupes sédimentaires de Kewagama et de Cadillac. Le métamorphisme dans cette région est généralement au faciès des schistes verts quoique le niveau amphibolite inférieur soit atteint localement (Imreh 1984).

Le dernier événement volcanique majeur dans la région (rhyolites du domaine de Val-d'Or) a été daté par la méthode U-Pb à environ  $2705 \pm 1$  et  $2706 \pm 3$  Ma (Wong *et al.*, 1991; Machado *et al.*, 1992). Le batholite de Bourlamaque est une masse synvolcanique de diorite quartzifère qui s'est injectée dans les roches volcaniques du BCM (figure 1). Il présente un âge U-Pb de  $2700 \pm 1$  Ma déterminé sur des zircons (Wong *et al.*, 1991). Le stock de Camflo, une petite intrusion de monzonite quartzifère, est la plus jeune intrusion de cette région. Il s'est introduit dans la charnière d'un pli asymétrique D2 et a été daté à  $2680 \pm 4$  Ma (U-Pb sur des titanites et des zircons; Jemielita *et al.*, 1990). La phase de déformation D2 a duré au moins jusqu'à 2686 Ma (Davis, 1991), soit l'âge des plus jeunes zircons détritiques retrouvés dans les bassins sédimentaires déformés bordant le BCM.

L'âge du métamorphisme régional dans la région de Val-d'Or est moins bien défini. Hanes *et al.* (1992) ont rapporté un âge Ar/Ar provenant d'amphiboles à la mine Sigma indiquant que le métamorphisme s'est produit entre 2690 et 2675 Ma. Ces données sont en accord avec l'âge de  $2684 \pm 7$  obtenu par Wong *et al.* (1991) par la méthode U-Pb sur des cristaux de rutile métamorphique provenant de la rhyolite de Colombie, située à environ 15 km à l'est de Val-d'Or.

## Minéralisation aurifère dans la région de Val-d'Or

La minéralisation aurifère prend place dans toutes les lithologies mais est plus communément située dans les roches intrusives qui ont agi comme des corps compétents favorisant la fracturation lors de la déformation. Deux différents types de gisements aurifères sont reconnus: les gisements peu déformés et les déformés.

(1) Ministère de l'Énergie et des Ressources, Val-d'Or

(2) Université de Montréal.

(3) Université du Québec à Montréal

(4) Les Ressources Aur Inc.

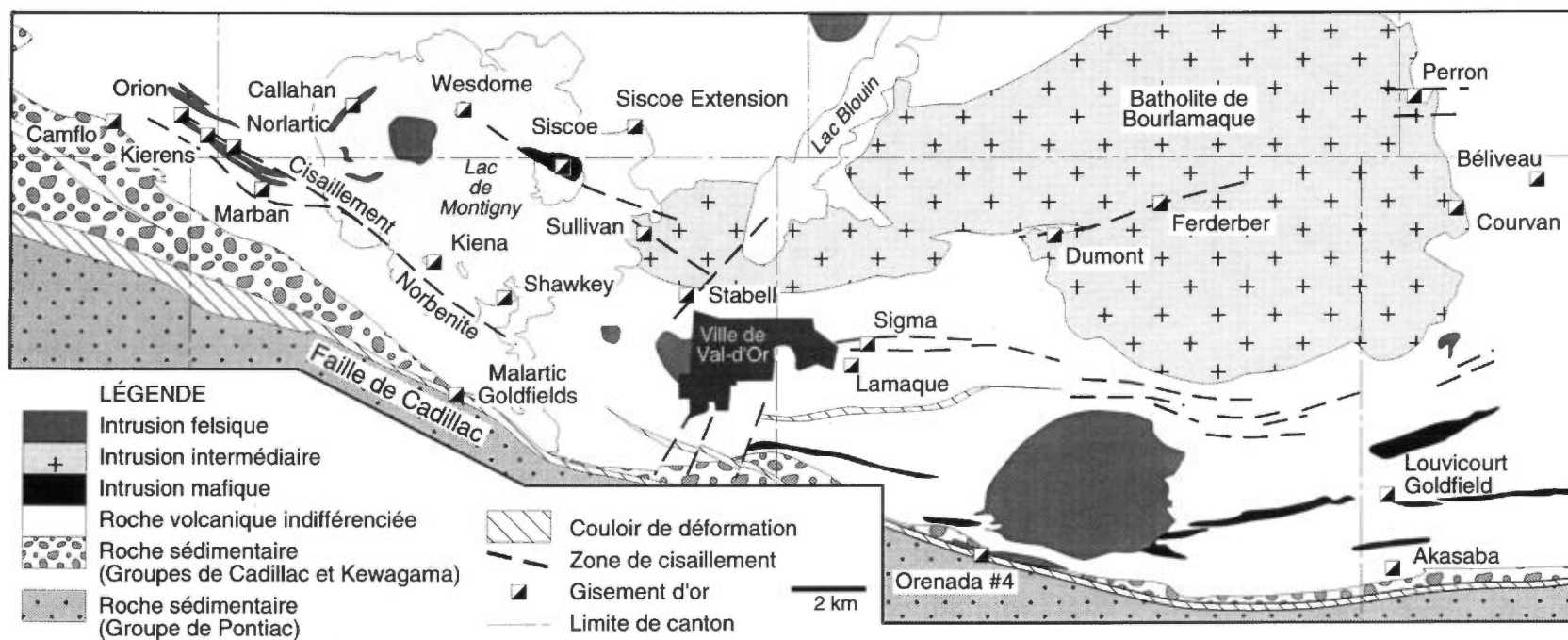


FIGURE 1 – Géologie simplifiée de la région de Val-d'Or (modifiée de Imreh, 1984; Robert, 1989; et Desrochers *et al.*, 1993).

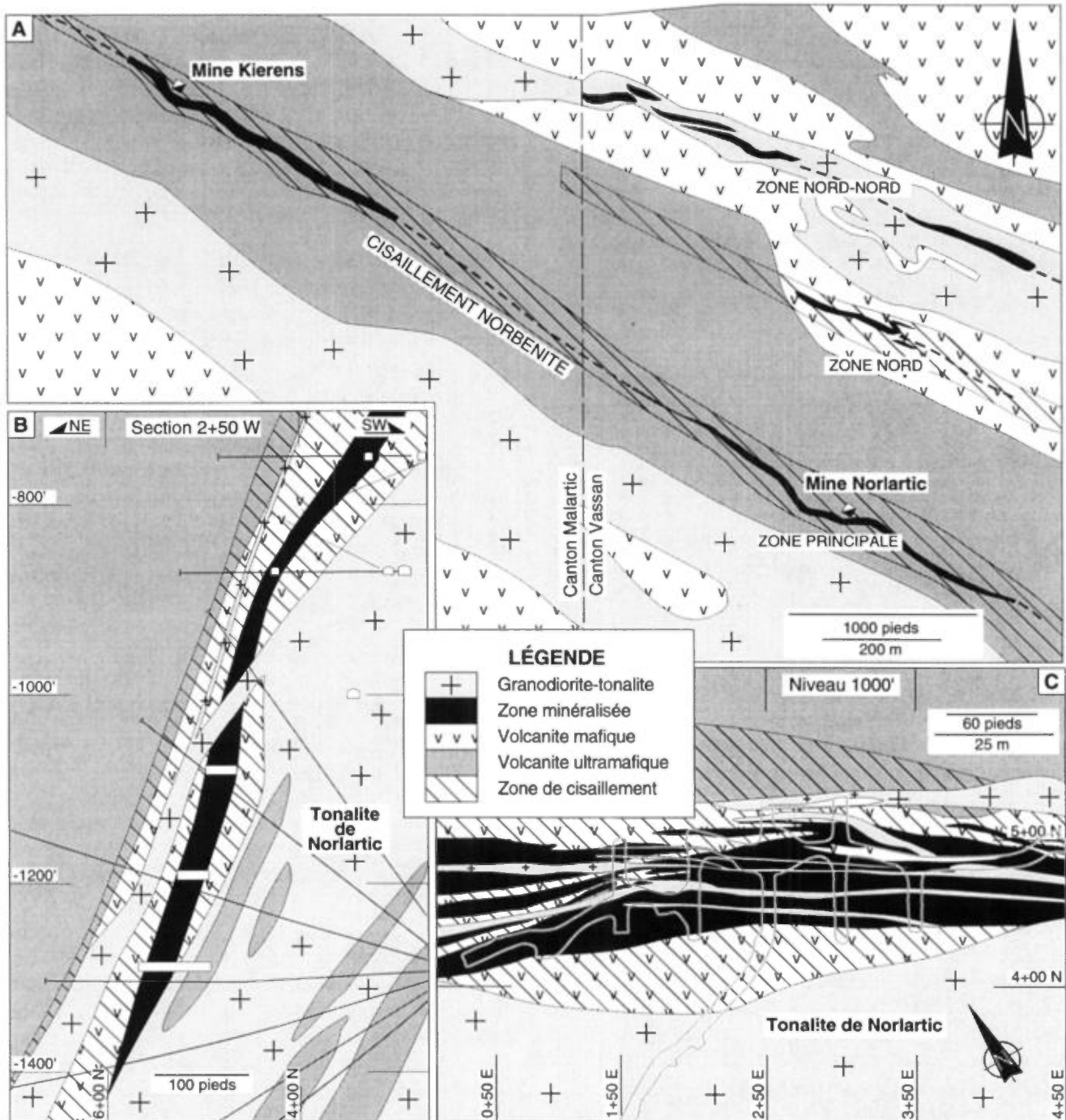


FIGURE 2 – En A, géologie simplifiée des secteurs environnant les mines Norlart et Kierens (First Canadian). La Zone Principale est logée dans un dyke de microdiorite encaissé dans la zone de cisaillement Norbenite.

En B, géologie simplifiée de la section 2+50 W, illustrant la relation de recoupement entre la granodiorite-tonalite de Norlart et la Zone minéralisée Principale.

En C, géologie simplifiée du niveau 1000 pi. de la mine Norlart montrant la relation de recoupement entre la Zone Principale et plusieurs petits dykes tonalitiques qui se rattachent à la granodiorite-tonalite de Norlart.

### LES GISEMENTS AURIFÈRES PEU DÉFORMÉS

Il s'agit de gîtes où la minéralisation n'a pas subi d'incrément de déformation appréciables après sa mise en place. Un exemple de ce type est bien illustré par la mine Sigma. D'autres exemples sont aussi connus à l'ouest de Val-d'Or mais surtout à l'est, il s'agit des mines Lamaque, Perron, Lucien Béliveau et Camflo (figure 1). Dans ces mines, la minéralisation aurifère consiste en un réseau de veines de quartz-carbonate ±tourmaline±scheelite encaissées dans des zones de cisaillement subverticales auxquelles sont associées des veines de tension subhorizontales. Les veines minéralisées recoupent toutes les lithologies présentes.

À la mine Sigma (Robert et Brown, 1986), le système de veines de quartz aurifère est encaissé par les andésites de la Formation Val-d'Or ( $2705 \pm 1$  Ma; Wong *et al.*, 1991), ou par des dykes "dioritiques" ( $2704 \pm 3$  Ma) et "porphyriques feldspathiques" ( $2694 \pm 2$  Ma), tous métamorphisés au faciès des schistes verts. Ce dernier type de dyke recoupe des plis produits présumément par la phase D2 (Wong *et al.*, 1991). Le système minéralisé consiste en des veines fortement inclinées encaissées dans des zones de cisaillement auxquelles sont associées des veines de tension subhorizontales contemporaines et cogénétiques (Robert et Brown, 1986). La préservation des fines textures de remplissage et les relations de recoupement minerai-dykes indiquent que la minéralisation aurifère est postérieure à la fois au métamorphisme régional, aux intrusions les plus jeunes et à la plus grande partie de la déformation (Robert et Brown, 1986). À la mine Lamaque, Daigneault (1983) a observé des relations similaires au niveau de la géométrie des veines et de leur morphologie. Dans ce cas-ci toutefois, la plus grande partie de la minéralisation aurifère est encaissée dans une petite intrusion tonalitique subcirculaire ("Main Plug") recoupant des intrusions porphyriques semblables à celles de la mine Sigma. Jemielita *et al.* (1989) rapportent des âges U-Pb de  $2685 \pm 3$  et  $2682 \pm 2$  Ma livrés par des cristaux de zircon et de rutile provenant de ce stock tonalitique.

Les données géochronologiques provenant des minéraux hydrothermaux reliés à la formation des veines aurifères supportent l'idée d'une mise en place tardive de l'or dans les gisements peu déformés. Ceci est appuyé également par les relations de terrain. Des systèmes isotopiques différents suggèrent qu'un écart d'au moins 55 Ma sépare la formation des veines minéralisées du magmatisme et du métamorphisme régional (Zweng et Mortensen, 1989; Robert, 1990b; Hanes *et al.*, 1992).

Par contre, Claoué-Long *et al.* (1990) ont présenté des dates U-Pb provenant de zircons réputés hydrothermaux retrouvés dans des veines aurifères porteuses de tourmaline situées dans plusieurs gisements

de la région de Val-d'Or. Selon leurs résultats, la minéralisation aurifère peu déformée s'est mise en place aux environs de 2680 Ma lors du métamorphisme régional et de l'activité cinématique tardive. Ces chercheurs prétendent que de tels chiffres représentent des perturbations produites par une activité hydrothermale plus jeune ayant pris place le long des mêmes structures contenant les corps minéralisés préexistants. Toutefois, cette idée demeure fortement contestée (Corfu et Davis, 1991; Hanes *et al.* 1992).

### LES GISEMENTS AURIFÈRES DÉFORMÉS

Plusieurs gisements d'or situés dans la partie ouest de la région de Val-d'Or présentent des caractéristiques morphologiques suggérant que la minéralisation aurifère a été déformée de façon significative après sa mise en place (voir Dresser et Denis, 1951; Quirion, 1987; Robert, 1990c; Trudeau et Raymond, 1992; et Sauvé *et al.*, 1993). Les corps minéralisés sont ainsi communément plissés par des plis asymétriques D2, fortement déformés et localement démembrés et lacérés. Ces gîtes, dont des exemples sont illustrés par les mines Siscoe, Kiena, Orion, Kierens et Norlartic, sont généralement confinés à des zones de cisaillements majeures (figure 1) et la minéralisation y est communément recoupée par des dykes. Parmi ces gisements, le gîte de Norlartic sera décrit de façon plus détaillée.

## Géologie de la mine Norlartic

La mine Norlartic est située à 15 km au NW de Val-d'Or (figure 1). Cette mine a été en production de 1959 à 1966 et de 1989 à 1992. Elle a en tout produit 6,3 t d'or provenant de 1,53 Mt de minerai à une teneur moyenne de 4,38 g/t Au. Le minerai y a été extrait à partir de trois zones: Principale, Nord, et Nord-Nord (figure 2A).

La zone de cisaillement de Norbenite constitue le principal élément structural de ce secteur. Elle est orientée NW, subparallèlement à la stratigraphie et montre un pendage de  $60^\circ$  vers le NE. Cette zone de cisaillement se compose de schistes mafiques à chlorite-carbonate-albite. Ce cisaillement, d'une épaisseur d'environ 50 m, a été reconnu sur une distance minimum de 8 km (figure 1). Son rejet n'est pas connu.

La plus grande part du minerai aurifère provenait de la Zone Principale, laquelle est encaissée dans la zone de cisaillement de Norbenite (figure 2A). La Zone Principale est localisée dans un dyke de microdiorite de 5 à 15 m d'épaisseur par près de 400 m de longueur par 320 m de profondeur. La minéralisation consiste en un stockwerk complexe de veines et veinules de quartz-carbonate-pyrite-or qui forment de 5 à 20% de la roche. La pyrite est aussi disséminée le long des fractures dans le dyke et en bordure des veines. En bordure de la Zone Principale, toutes les lithologies sont fortement chloritisées, carbonatées et albitisées.



Le dyke de microdiorite minéralisée est recoupé en plan et en section par une série de minces dykes de granodiorite-tonalite d'orientation NW qui se propagent à partir de la tonalite de Norlartic localisée du côté sud (figures 2B et 2C).

Dans la tonalite de Norlartic, au sud de la Zone Principale, des valeurs aurifères significatives ont aussi été obtenues dans des veines ponctuelles de quartz-tourmaline-pyrite. Ainsi, la Zone Principale est recoupée par la tonalite de Norlartic, laquelle contient à son tour des veines erratiques de quartz-tourmaline-pyrite-or qui représentent un second type de minéralisation. Finalement, les relations de recoupement entre les différentes minéralisations et la tonalite de Norlartic indiquent que celles-ci possèdent des caractéristiques et des âges distincts et constituent deux types particuliers de minéralisation.

## Âge de la tonalite de Norlartic

Un échantillon de tonalite relativement non déformé a été recueilli pour fin de datation au niveau 1000 pi. de la mine Norlartic, dans la galerie d'accès menant à la Zone Principale. À proximité de ce site, l'intrusion tonalitique est orientée obliquement par rapport à la zone de cisaillement Norbenite (figure 2). Cette intrusion a donné un âge U-Pb sur zircons de  $2692 \pm 2$  Ma. Cette intrusion contient aussi des zircons hérités dont l'âge est de  $2700 \pm 2$  Ma.

## Discussion

Sans égards à la controverse touchant l'âge de la minéralisation aurifère dans la région de Val-d'Or, les relations observées au gîte Norlartic indiquent que la plus grande partie de la minéralisation aurifère s'est mise en place avant l'intrusion de la tonalite de Norlartic, laquelle a donné un âge de  $2692 \pm 2$  Ma. L'âge de cette tonalite est identique, à l'intérieur de la marge d'erreur, à celui des dykes porphyriques encaissant les veines aurifères à la mine Sigma ( $2694 \pm 2$  Ma; Wong *et al.*, 1991). D'autre part, l'intrusion tonalitique de Lamaque ("Main Plug"), à partir de laquelle la plupart du minerai aurifère a été extrait, recoupe des dykes "porphyriques feldspathiques" semblables à ceux rencontrés à la mine Sigma. L'intrusion de Lamaque, datée à  $2682 \pm 2$  Ma (Jemielita *et al.*, 1989), est du même âge que la monzonite quartzifère de la mine Camflo ( $2680 \pm 4$  Ma, Jemielita *et al.*, 1990).

La tonalite de Norlartic ( $2692 \pm 2$  Ma) est nettement plus vieille que la monzonite de la mine Camflo et le stock tonalitique de Lamaque, lesquels sont recoupés par des veines aurifères. Les résultats de nos travaux appuyés par une compilation des données disponibles démontrent que, dans le camp minier de Val-d'Or, il y a eu au moins deux phases distinctes de mise en place de

l'or. La première représente une minéralisation aurifère vieille ( $>2692$  Ma), déformée et qui semble pour le moment encaissée préférentiellement dans ou à proximité de la zone de cisaillement de Norbenite. Elle est illustrée, entre autres, par les mines Orion, Kiena, Siscoe, Kierens et Norlartic. La seconde phase est constituée de réseaux de veines aurifères jeunes ( $<2682$  Ma) et relativement non déformées (e.g. les mines Sigma, Lamaque et Camflo) qui sont mieux répartis régionalement.

Ces observations indiquent clairement que les deux grands types de minéralisation observés dans la région de Val-d'Or se sont formés à des périodes différentes. Ces types montrent des caractéristiques morphologiques distinctes et des relations de recoupement caractéristiques à la fois de la déformation D2, et aussi des différentes suites de dykes. À ce stade-ci, nous ne pouvons préciser en quoi diffèrent les processus hydrothermaux qui ont eu lieu lors de ces deux phases de minéralisation.

Un réexamen des minéralisations aurifères s'avère requis pour mieux comprendre la distribution spatiale de l'or dans la région de Val-d'Or. Les principaux points à considérer seraient alors: (1) la variabilité des paragenèses minérales et des enveloppes d'altération associées aux différents gisements; (2) l'étendue régionale de certaines familles d'intrusions et de dykes, employées comme marqueurs temporels; et (3) la nature et l'évolution géodynamique du cisaillement de Norbenite.

## Références

- CLAOUÉ-LONG, J.C. – KING, R.W. – KERRICH, R., 1990 – Archaean hydrothermal zircon in the Abitibi greenstone belt: constraints on the timing of gold mineralization. *Earth and Planetary Science Letters*; vol. 98, pp. 109-128.
- CORFU, F. – DAVIS, D.W., 1991 – Comment on "Archaean hydrothermal zircon in the Abitibi greenstone belt: constraints on the timing of gold mineralization". *Earth and Planetary Science Letters*; volume 104, pages 545-552.
- DAIGNEAULT, R., 1983 – Géologie et géochimie du gisement d'or de la mine Lamaque, Val-d'Or, Québec. École Polytechnique, Montréal; mémoire de M.Sc. non publié, 174 pages.
- DAVIS, D.W., 1991 – Age constraints on deposition and provenance of Archean sediments in the Southern Abitibi and Pontiac subprovinces from U-Pb analyses of detrital zircons. *Association Géologique du Canada – Association Minéralogique du Canada; Programme et Résumé*, Toronto; volume 16, page A29.
- DESROCHERS, J.-P. – HUBERT, C. – LUDDEN, J.N. – PILOTE, P., 1993a – Accretion of Archean oceanic

- plateau fragments in the Abitibi greenstone belt, Canada. *Geology*; volume 21, pages 451-454.
- DESROCHERS, J.-P. – HUBERT, C. – PILOTE, P., 1993b – Géologie du secteur du lac De Montigny (phase 3), région de Val-d'Or. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 93-15.
- DRESSER, L.A. – DENIS, T.C., 1951 – Géologie du Québec; volume III: géologie économique. Ministère des Mines, Québec; RG-20, 641 pages.
- HANES, J.A. – ARCHIBALD, D.A. – HODGSON, C.J., 1992 – Dating of Archean auriferous quartz vein deposits in the Abitibi greenstone belt, Canada:  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  evidence for a 20 to 100 m.y.-time gap between plutonism-metamorphism and mineralization. *Economic Geology*; volume 87, pages 1849-1861.
- IMREH, L., 1984 – Sillon de La Motte-Vassan et son avant-pays méridional: synthèse volcanologique, lithostratigraphique et gîtologique. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 82-04, 72 pages.
- IMREH, L., 1990 – Cartes préliminaires au 1:15 840 de l'Abitibi-Est méridional. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 90-36, cartes annotées.
- JEMIELITA, R.A. – DAVIS, D.W. – KROGH, T.E., 1990 – U-Pb evidence for Abitibi gold mineralization post-dating greenstone magmatism and metamorphism. *Nature*; volume 346, pages 831-834.
- JEMIELITA, R.A. – DAVIS, D.W. – KROGH, T.E. – SPOONER, 1989 – Chronological constraints on the origin of Archean lode gold deposits in the southern superior province from U-Pb isotopic analyses of hydrothermal rutile and titanite. *Geological Society of America: 1989 Annual Meeting; Abstract with Programs*, page A351.
- MACHADO, N. – DAVID, J. – GARIÉPY, C., 1992 – Géochronologie U-Pb du territoire québécois. Partie I: les Sous-provinces de l'Abitibi et du Pontiac. Rapport inédit soumis au Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; 21 pages.
- QUIRION, D., 1987 – Étude structurale et pétrographique du gisement S-50 à la mine Kiena, Val-d'Or, Québec. Université de Montréal; mémoire de M.Sc. non publié, 124 pages.
- ROBERT, F., 1989 – Internal structure of the Cadillac tectonic zone southeast of Val-d'Or, Abitibi belt, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 26, pages 2661-2675.
- \_\_\_\_\_, 1990a – An overview of gold deposits in the Eastern Abitibi subprovince. *Canadian Institute of Mining and Metallurgy; Special Volume 43*, pages 93-105.
- \_\_\_\_\_, 1990b – Dating old gold deposits. *Nature*; volume 346, pp. 792-793.
- \_\_\_\_\_, 1990c – Structural setting and controls of gold-quartz veins of the Val-d'Or area, southeastern Abitibi Subprovince. *In: Gold and Base-Metal Mineralization in the Abitibi Subprovince, Canada, with Emphasis on the Quebec Segment, Edited by S. E. Ho, F. Robert and D. I. Groves. The University of Western Australia; Publication No. 24*, pages 167-209.
- ROBERT, F. – BROWN, A.C. 1986 – Archean gold-bearing quartz veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt, Quebec: Part I: Geologic relations and formation of the vein system. *Economic Geology*; volume 81, pages 578-592.
- SAUVÉ, P. – TRUDEL, P. – IMREH, L., 1993 – Description des gîtes d'or de la région de Val-d'Or. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MM 91-03, 178 pages.
- TRUDEAU, Y. – RAYMOND, 1992 – Geology and structure, Orion mine (No. 8 zone), Val-d'Or district, Quebec. *Exploration and Mining Geology*; volume 1, pages 223-230.
- WONG, L. – DAVIS, D.W. – KROGH, T.E. – ROBERT, F., 1991 – U-Pb zircon and rutile chronology of Archean greenstone formation and gold mineralization in the Val-d'Or region, Quebec. *Earth and Planetary Science Letters*; volume 104, pages 325-336.
- ZWENG, P. – MORTENSON, J.K., 1989 – U-Pb age constraints on Archean magmatism and gold mineralization at the Camflo mine, Malartic, Quebec. *Geological Society of America; Abstracts with Programs*; volume 21, no. 6, page A351.

# La mine d'or Kiena: minéralisation magmatique hydrothermale kénoréenne précoce dans la ceinture minérale de Val-d'Or, sud-est de l'Abitibi

Suzanne Morasse<sup>(1)</sup>, Harold A. Wasteneys<sup>(2)</sup>, Michel Cormier<sup>(3)</sup>, Herb Helmstaedt<sup>(1)</sup> Robert Mason<sup>(1)</sup>

La mine d'or Kiena est la propriété de Placer Dome Inc. Le gisement se situe sur l'île Parker, dans la moitié sud du lac De Montigny, canton de Dubuisson, à environ 10 km à l'ouest de Val-d'Or. Depuis 1981, la mine a produit annuellement une moyenne de 67 585 onces d'or au rythme de 400 000 tonnes de minerai titrant 5,18 g/t Au. Incluant les réserves actuelles, la quantité d'or contenue dans le gisement se chiffre à 1 571 408 onces, soit 48,8 tonnes d'or.

Le minerai de Kiena se compose d'un système de veines bréchiques et de veines de remplacement dont le développement fut épisodique. Le gisement est subdivisé en une zone minéralisée principale, anciennement désignée sous le nom de "Zone S-50", ainsi qu'en deux autres zones appelées la "Zone Nord-ouest" et la "Zone Nord" (figure 1), situées respectivement sur l'axe nord-sud et le flanc ouest d'un pli en "Z" régional (visible en profondeur). La zone minéralisée principale (figure 2) est subparallèle, quoique discordante localement, au contact supérieur d'une coulée tholéiitique intercalée dans une succession volcanique sous-marine mafique à ultramafique déversée, inclinée faiblement à fortement vers l'ouest, et faisant partie de la Formation de Jacola du complexe volcanique de Val-d'Or (Imreh, 1984). Un dyke "d'albitite", antérieur à la minéralisation, recoupe les strates volcaniques déjà renversées. Le minerai de Kiena (zone principale) s'est formé lors de trois épisodes minéralisateurs distincts (chacun se superposant au précédent) au sein d'un protolithe composé en partie du dyke "d'albitite", et d'une coulée tholéiitique altérée. La chronologie de la minéralisation est la suivante: 1) une première génération de veines d'ankerite/dolomie-quartz-pyrite-albite-Au en stockwerk 2) des veines de remplacement à ankérite-pyrite-Au 3) un réseau de veines en stockwerk et de brèches à albite-pyrite-chalcopyrite-scheelite-Au. Le minerai est recoupé par un dyke de composition granodioritique à inclusions de minerai, et par un dyke de porphyre feldspathique apparemment plus jeune que l'intrusion de granodiorite. Ces deux dykes, qui furent subséquentement minéralisés faiblement et recoupés par des veinules de quartz-carbonate-pyrite,

sont interprétés comme des dykes interminéralisation (Kirkham, 1971). La déformation du complexe minerai-dykes (figure 2), qui est accompagnée par le développement d'une fabrique pénétrative planaire d'orientation est-ouest, a produit un pli en "Z" régional dont l'axe principal est orienté nord-sud. Cette première fabrique, dont l'intensité se traduit suivant la profondeur par un clivage d'espacement (niveaux supérieurs) à une schistosité (niveaux inférieurs), affecte tous les types de roches. Cette déformation fut suivie par le raccourcissement vertical du pli en "Z" produisant ainsi un clivage de crénulation subhorizontal. Ce dernier est parallèle au plan axial d'un pli ouvert plongeant faiblement vers le nord et visible seulement en section. Les assemblages minéralogiques des metabasalts de la mine indiquent que le gradient métamorphique augmente du faciès des schistes verts aux niveaux supérieurs à celui de l'amphibolite aux niveaux inférieurs. Les relations de recoupement entre les coulées volcaniques déversées, le minerai et la fabrique planaire indiquent que la minéralisation s'est introduite après le plissement des strates et le développement de fractures (post-D<sub>1</sub>), mais avant le développement syn-métamorphique de la fabrique planaire généralement associée à D<sub>2</sub> telle que définie par Dimroth *et al.*, (1983) (consulter également Powell *et al.*, 1991, 1993).

Des grains de zircons provenant des dykes interminéralisation ont été analysés par la méthode de géochronologie U-Pb de haute précision. Le dyke de granodiorite renferme des prismes automorphes de zircons donnant un âge concordant U-Pb de  $2686 \pm 2$  Ma (figure 3). Les grains de zircons du dyke de porphyre feldspathique sont xénomorphes, principalement sous forme de "dent de chien", et indiquent clairement que ce sont des xénoctistes résorbés par processus magmatiques. Un de ces grains, donnant un âge concordant U-Pb de  $2696 \pm 3$  Ma, suggère que ces zircons ont fait l'objet d'une assimilation de la part du porphyre. Les roches assimilées correspondent soit à une apophyse du stock de Snowshoe, une intrusion monzogranitique située à proximité et datée sur zircons magmatiques à  $2694 \pm 3$  Ma, ou soit encore à une autre intrusion-source enfouie en profondeur. Puisque le dyke de porphyre feldspathique semble plus jeune

(1) Queen's University

(2) Jack Satterly Geochronology Laboratory, Royal Ontario Museum

(3) Les Mines d'Or Kiena Limitée

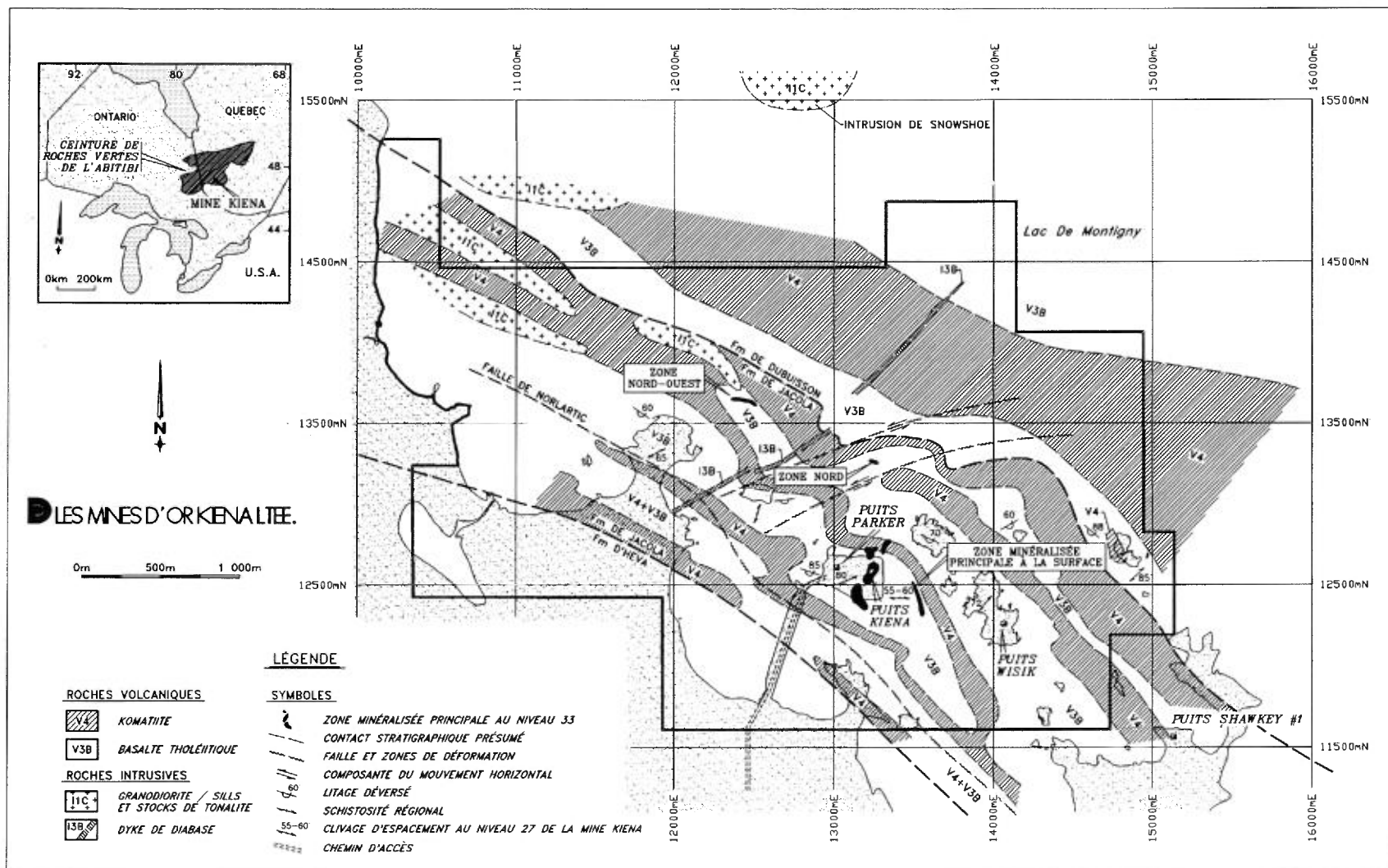


FIGURE 1 – Localisation et géologie simplifiée du secteur de la mine Kiena. La distribution des unités ultramafiques au sein du lac De Montigny est le résultat de l'interprétation composite de travaux de sondages et d'un levé magnétique. Modifiée d'après Polk (1960) et Lebel (1992).

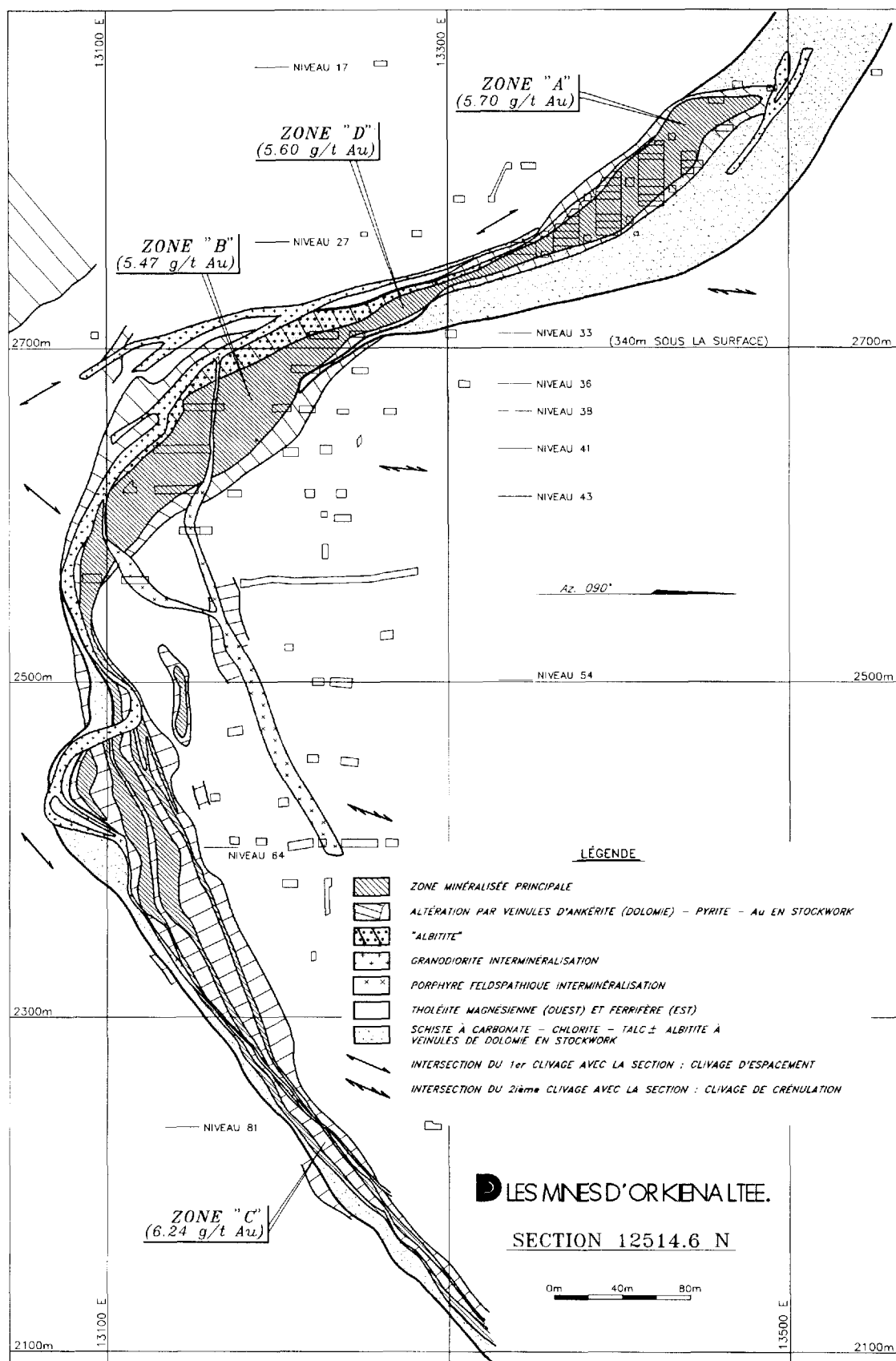


FIGURE 2 – Mine Kiena. Section géologique simplifiée (12514.6 N) de la partie centrale de la zone minéralisée principale illustrant sa continuité verticale sur environ un kilomètre, les relations de recouvrement entre le complexe d'intrusions felsiques et le minéral, ainsi qu'un large pli ouvert. Les traces du clivage d'espacement et du clivage de crénilation apparaissent respectivement, à gauche et à droite de la zone minéralisée.

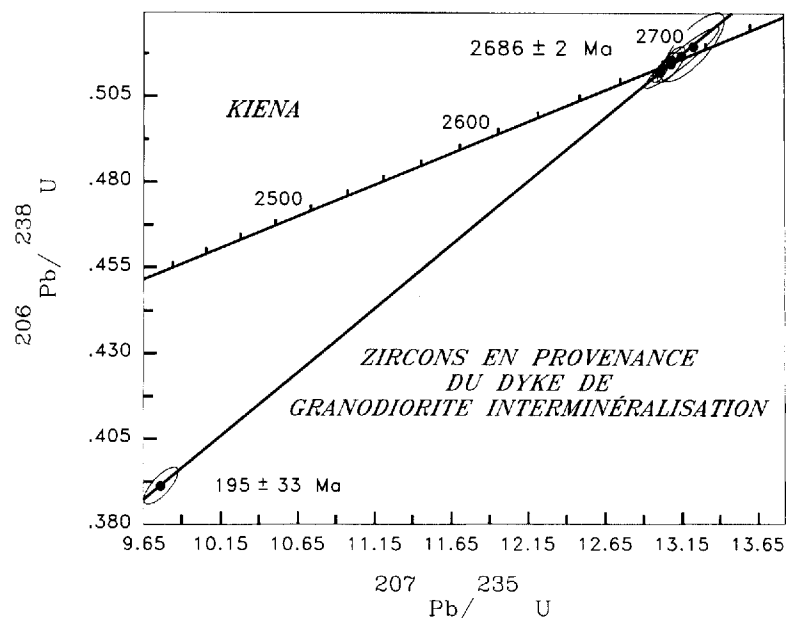


FIGURE 3 – Mine Kiena. Graphe illustrant l'intersection concordante entre les points d'analyse de zircons provenant du dyke de granodiorite interminéralisation et la droite "Concordia", indiquant l'âge absolu de  $2686 \pm 2$  Ma. L'erreur analytique de  $2\sigma$  est représentée par une ellipse.

que le dyke de granodiorite, l'âge de ce dernier reflète donc l'âge minimum de la minéralisation aurifère à la mine Kiena, soit  $2686 \pm 2$  Ma. Ainsi, la formation du minerai à Kiena précéderait le développement des effets tectoniques et métamorphiques régionaux de l'orogénie kénoréenne (D2) datés entre 2677 et 2645 Ma (Stockwell, 1982; Dimroth *et al.*, 1983; Card, 1990; Poulsen *et al.*, 1992; Corfu *et al.*, 1989; Machado *et al.*, 1991; Feng and Kerrich, 1991; Powell *et al.*, 1991, 1993). La collision tectonique D2 suit par plus de 20 Ma la mise en place du complexe intrusif pré-D1 de Bourlamaque, une suite renversée et métamorphisée de sills dioritiques différenciés (Campiglio et Darling, 1976), datée à  $2699 \pm 1$  Ma (Wong *et al.*, 1991). Cet événement tectonique est également responsable du développement de la fabrique pénétrative planaire post-minéralisation (clivage d'espacement et schistosité) qui fut subséquemment déformée et empreinte d'un clivage de crénulation et d'une linéation minérale, sous des conditions de métamorphisme allant du faciès des schistes verts à celui de l'amphibolite.

Les observations géologiques et les datations par méthode U-Pb sur zircons en provenance des dykes interminéralisation suggèrent une origine magmatique hydrothermale pour le gisement d'or de Kiena, ce qui infirme le modèle de zone de cisaillement épigénétique proposé préalablement (Quirion, 1988), et rend invalide, dans ce cas, l'application de modèles métamorphogéniques proposés pour expliquer la genèse d'autres gisements d'or archéens (Sibson *et al.*, 1988;

Groves *et al.*, 1988; Colvine *et al.*, 1988; Sibson, 1990; Robert, 1990).

## Références

- CAMPIGLIO, C. – DARLING, R., 1976 – The geochemistry of the Archean Bourlamaque batholith, Abitibi, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 13, pages 972-986.
- CARD, K.K., 1990 – A review of the Superior Province of the Canadian Shield, a product of Archean accretion. *Precambrian Research*; volume 48, pages 99-156.
- COLVINE, A.C. – FYON, J.A. – HEATHER, K.B. – MARMONT, S. – SMITH, P.M. – TROOP, D.G., 1988 – Archean lode gold deposits in Ontario. *Ontario Geological Survey; Miscellaneous Paper*, volume 139, 136 pages.
- CORFU, F. – KROGH, T.E. – KWOK, Y.Y. – JENSEN, L.S. 1989 – U-Pb zircon geochronology in the southwestern Abitibi greenstone belt, Superior Province. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 26, pages 1747-1763.
- DIMROTH, E. – IMREH, L. – GOULET, N. – ROCHELEAU, M., 1983 – Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi Belt, Quebec, Parts II and III. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 20, pages 1355-1388.

- FENG, R. – KERRICH, R., 1991 – Single zircon age constraints on the tectonic juxtaposition of the Archean Abitibi greenstone belt and Pontiac subprovince, Quebec, Canada. *Scientific comment in Geochemica et Cosmochimica Acta*; volume 55, pages 3437-3441.
- GROVES, D.I. – BARLEY, M.E. – HO, S.E., 1988 – Nature, genesis, and tectonic setting of mesothermal gold mineralization in the Yilgarn Block, western Australia. *Economic Geology*; Monograph 6, pages 71-85.
- IMREH, L., 1984 – Sillon de La Motte-Vassan et son avant-pays méridional: synthèse volcanologique, lithostratigraphique et gîtologique. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MM 82-04, 72 pages.
- KIRKHAM, R.V., 1971 – Intermineral intrusions and their bearing on the origin of porphyry copper and molybdenum deposits. *Economic Geology*; volume 73, pages 618-627.
- LEBEL, J., 1992 – Carte géologique de compilation du bloc mine 1707-01 à l'échelle 1:5000: révision et correction. Les Mines d'Or Kiena Ltée; rapport interne, 3 volumes, 83 pages.
- MACHADO, N. – RIVE, M. – GARIÉPY, C. – SIMARD, A., 1991 – U-Pb geochronology of granitoids from the Pontiac subprovince: preliminary results. *In: GAC/MAC Proceeding*; Volume 16, page A78.
- POLK, G.K., 1960 – Geology of Parker island and Lac de Montigny islands: Geological plan maps 1"=200'. Ventures Ltd. and Kiena Gold Mines Ltd.; Internal reports, October 1960.
- POULSEN, K.H. – CARD, K.D. – FRANKLIN, J.M., 1992 – Archean tectonic and metallogenic evolution of the Superior Province of the Canadian Shield. *Precambrian Research*; volume 58, pages 25-54.
- POWELL, W.G. – CARMICHAEL, D.M. – HODGSON, C.J., 1993 – Relative timing of metamorphism and tectonism during the evolution of the Southern Abitibi greenstone belt: ce volume.
- POWELL, W.G. – CARMICHAEL, D.M. – HODGSON, C.J., 1991 – Low-grade metamorphism in the Rouyn-Duparquet area, southern Abitibi greenstone belt, Quebec. *GAC/MAC Proceeding*; Volume 17, page A91.
- QUIRION, D., 1998 – Étude structurale et pétrographique du gisement S-50 de la mine Kiena, Val-d'Or, Québec. Université de Montréal; thèse de Maîtrise non publiée, 124 pages.
- ROBERT, F., 1990 – Structural setting and control of gold-quartz veins of the Val-d'Or area, southeastern Abitibi subprovince. *In: Gold and base-metal mineralization in the Abitibi subprovince, Canada, with special emphasis on the Quebec segment*, S.E. Ho, F. Robert and D.I. Groves eds., Vanguard Press, Perth, Australia, pages 167-210.
- SIBSON, R.H., 1990 – Fault structure and mechanics in relation to greenstone gold deposits. *In: NUNA Conference on greenstone gold and crustal evolution*, F. Robert, P.A. Sheahan and S.B. Green eds.; *GAC/MAC Proceeding*, Mineral Deposits Division, pages 54-60.
- SIBSON, R.H. – ROBERT, F. – POULSEN, K.H., 1988 – High-angle reverse faults, fluid pressure cycling, and mesothermal gold-quartz deposits. *Geology*; volume 16, pages 551-555.
- STOCKWELL, C.H., 1982 – Proposals for time classification and correlation of Precambrian rocks and events in Canada and adjacent areas of the Canadian Shield, Part 1: a time classification of Precambrian rocks and events. Geological Survey of Canada; Paper 80-19, 135 pages.
- WONG, L. – DAVIS, D.W. – KROGH, T.E. – ROBERT, F., 1991 – U-Pb zircon and rutile chronology of Archean greenstone formation and gold mineralization in the Val-d'Or region, Quebec. *Earth and Planetary Science Letters*; volume 104, pages 325-336.





# Synchronisme et mise en place de la minéralisation aurifère du gisement du lac Troilus

Martin Magnan<sup>(1)</sup>

## Introduction

Le gisement du lac Troilus (> 60 millions de tonnes à 1,4g/t Au, 1,5g/t Ag et 0,11% Cu; Speidel, 1991) se situe dans la portion orientale de la ceinture volcanosédimentaire archéenne de Frotet-Evans, à 120 km au nord de Chibougamau (figure 1). Depuis 1990, ce gisement est interprété comme étant l'équivalent archéen des systèmes porphyriques aurifères et cuprifères phanérozoïques (Boisvert, M., communication personnelle; Fraser, sous presse; Speidel, 1991). Cette étude, entreprise en 1990, soulève l'épineuse question de l'interprétation du synchronisme de mise en place des gisements aurifères situés dans les faciès amphibolite et granulite, par rapport aux principaux événements tectoniques et métamorphiques régionaux.

## Géologie régionale

L'alternance de laves komatiitiques à tholéiitiques et de volcanoclastites intermédiaires à felsiques d'affinité calco-alcaline caractérise la stratigraphie régionale rassemblée dans le Groupe de Troilus (Simard, 1987). Au sud du gisement, le synclinal du Lac Troilus (figure 1) répète la demie supérieure du Groupe de Troilus vers le nord. Le gisement est situé à l'intérieur d'une formation volcanoclastique calco-alcaline à phénocristaux de plagioclase. Cette formation est affectée par une zone de déformation associée à la proximité des complexes intrusifs bordant la ceinture de roches vertes. La stratigraphie et la foliation régionale sont subparallèles et orientées sud-ouest avec un pendage de 60° à 75° vers le nord-ouest. Le synclinal du Lac Troilus, orienté sud-ouest, est déversé vers le sud-est. La composition des minéraux métamorphiques dans les unités mafiques (plagioclase, amphibole) indique que le métamorphisme a atteint le faciès amphibolite.

## Caractéristiques de la zone 87

Les roches hôtes de la minéralisation Au-Cu comprennent des volcanites intermédiaires porphyriques bréchifiées et des intrusions felsiques porphyriques, toutes d'affinité calco-alcaline. La minéralisation est

représentée par la pyrite, la pyrrhotite, la chalcopryrite et la magnétite sous forme disséminée et en veinules millimétriques à centimétriques. La proportion totale de sulfures dépasse rarement 5%. La majorité de la minéralisation est parallèle à la foliation sauf pour une génération de veinules (chalcopryrite-sphalérite-galène) tardives la recoupant. La proportion de pyrrhotite par rapport à la pyrite est plus importante dans la partie centrale du gisement. Les valeurs en or et cuivre montrent une distribution spatiale légèrement différente l'une de l'autre. On observe une zone centrale riche en or et cuivre alors que l'éponte supérieure est aurifère et l'éponte inférieure est cuprifère.

L'altération en biotite, amphibole et épidote caractérise la zone de brèche et ses environs alors que la muscovite est observée dans les intrusions felsiques. La biotite est aussi présente dans l'éponte inférieure et elle est graduellement remplacée par la muscovite en s'éloignant du gisement. La biotite et l'amphibole, de même que la muscovite, définissent la foliation. La zone de brèche montre des fragments zonés de volcanites porphyriques. La bordure de ces fragments montre une texture porphyrique bien développée et une faible foliation. Leur centre est bien folié, montre une texture porphyrique relique et contient un peu plus de biotite que la bordure. Si la texture du centre des fragments représente l'état initial du protolithe avant l'altération, cette dernière survient après ou pendant une époque de déformation. Le haut degré de variance de certains assemblages (amphibole-biotite) suggère que leur formation ait été dominée par un fluide plutôt que contrôlée par la composition de la roche hôte et qu'ils ne furent pas métamorphisés (Groves *et al.*, 1992).

En plus du cuivre, de l'or et de l'argent, les éléments ajoutés sont, par ordre d'importance: K, Fe, Mn, Mg, Nb, Y et Ba. Le sodium, le calcium, le phosphate et le strontium sont lessivés. La biotite et l'amphibole deviennent plus ferrifères et le plagioclase plus sodique lorsque l'altération augmente. La présence d'albite dans la zone de brèche suggère une altération rétrograde au métamorphisme régional. Les variations de composition des principaux minéraux d'altération reflètent le degré de métasomatisme des roches hôtes. La teneur en halogènes (Cl, F) des biotites analysées est inférieure aux résultats obtenus dans le cas des systèmes porphyriques (Taner *et al.*, 1986). De plus les

(1) Université du Québec à Chicoutimi

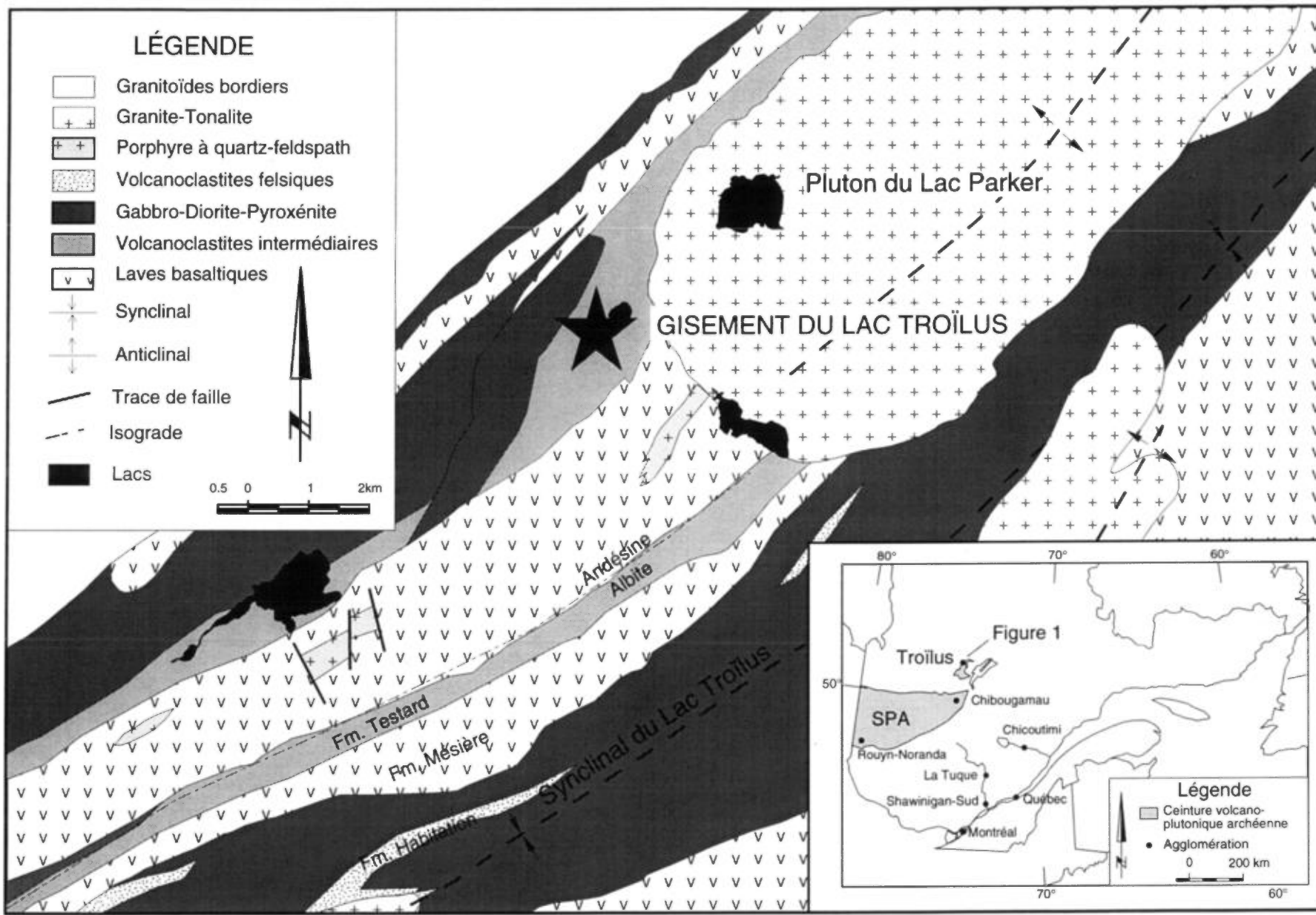


FIGURE 1 – Carte géographique du secteur Troïlus Nord, modifiée d'après Simard (1987). SPA: Sous-province de l'Abitibi.

variations de composition de la biotite du gisement du lac Troilus sont l'inverse de celles observées dans les systèmes porphyriques (LeBel, 1979).

## Système porphyrique

Le modèle volcanique de Sutherland Brown (1976) (figure 2A) correspond bien aux caractéristiques physiques du gisement du lac Troilus. L'association spatiale entre une zone de brèche, des dykes porphyriques felsiques, de la minéralisation or-cuivre disséminée à faible teneur et fort tonnage et une altération potassique intense suggèrent une origine porphyrique pour ce gisement. Par contre, l'application du modèle porphyrique implique une mise en place prémétamorphique de la minéralisation, hypothèse qui n'est pas supportée par les observations pétrographiques.

## Modèle amphibolitique

L'absence de carbonatation prononcée et de veines de quartz importantes différencie considérablement le gisement du lac Troilus des gisements d'or filoniens archéens. Cependant, le modèle de Groves *et al.* (1992) représenté à la figure 2B et impliquant la mise en place de gisements aurifères au faciès métamorphique amphibolite peut expliquer certaines caractéristiques du gisement du lac Troilus. Le contexte structural et métamorphique, le type d'altération (biotite-amphibole-épidote), la distribution spatiale de cette altération et le synchronisme entre le métamorphisme régional et la mise en place de la minéralisation sont des caractéristiques qui s'intègrent bien dans le modèle de Groves *et al.* (1992).

À la lumière de ces éléments, le modèle mésothermal amphibolitique est préféré au modèle du système porphyrique aurifère archéen, incompatible avec une mise en place synmétamorphique de la minéralisation. Des travaux plus détaillés, notamment sur les dykes felsiques et la géochimie des altérations éclairciraient davantage la relation temporelle entre les divers éléments géologiques du gisement du lac Troilus.

## Remerciements

Je tiens particulièrement à remercier la Corporation minière Metall pour le soutien financier et technique précieux quelle m'a apporté tout au long de ces tra-

voux. En particulier, je suis reconnaissant envers messieurs Marc Boisvert et Rodrigue Ouellet pour leur implication dans le projet, de même que messieurs Fred Speidel et Rob Fraser pour leurs discussions pertinentes et constructives.

De l'UQAC, je remercie M. E. H. Chown, mon directeur de recherche, M. J. Guha et M. A. Nagy aussi membres du comité, pour la supervision de mes travaux.

## Références

- FRASER, R. J., sous-pressé – The Lac Troilus Gold-Copper Deposits. A possible Archean Porphyry System. *Economic Geology*.
- GROVES, D. I. – BARLEY, M. E. – CASSIDY, K.C. – FARE, R. J. – HAGEMANN, S. G. – HO, S. E. – HRONSKY, J. M. – MIKUCKI, E. J. – MUELLER, A.G. – McNAUGHTON, N. J. – PERRING, C. S. – RIDLEY, J. R. – VEARNCOMBE, J. R., 1992 – Subgreenschist to granulite-hosted Archean lode-gold deposits of the Yilgarn craton: A depositional continuum from deep-sourced hydrothermal fluids in crustal-scale plumbing systems. *In: The Archean: terrains, processes and metallogeny*, Perth 1990. *Editors: J.E. Glover et S.E. Ho. The University of Western Australia; Proceedings; Volume 22, pages 325-338*
- Le BEL, L., 1979 – Micas magmatiques et hydrothermaux dans l'environnement du porphyre cuprifère de Cerro Verde, Santa Rosa, Pérou. *Bulletin Minéralogique; volume 102, pages 35-41.*
- SIMARD, A., 1987 – Stratigraphie et volcanisme dans la partie orientale de la bande volcano-sédimentaire archéenne Frotet-Evans. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 87-17, 320 pages.
- SPEIDEL, F. 1991 – Frotet-Troilus: A new mining camp ! Minnova Inc; rapport interne.
- SUTHERLAND BROWN, A., 1976 – Morphology and Classification. *In: Porphyry Deposits of the Canadian Cordillera. Editors: A. Sutherland Brown. Canadian Institute of Mining and Metallurgy; Special Volume 15, pages 44-51.*
- TANER, M. F. – TRUDEL, P. – PERRAULT, G., 1986 – Géochimie de la biotite associée à certains gisements d'or de Val d'Or, Malartic et Chibougamau, Québec. *Canadian Mineralogist; volume 24, pages 761-774.*

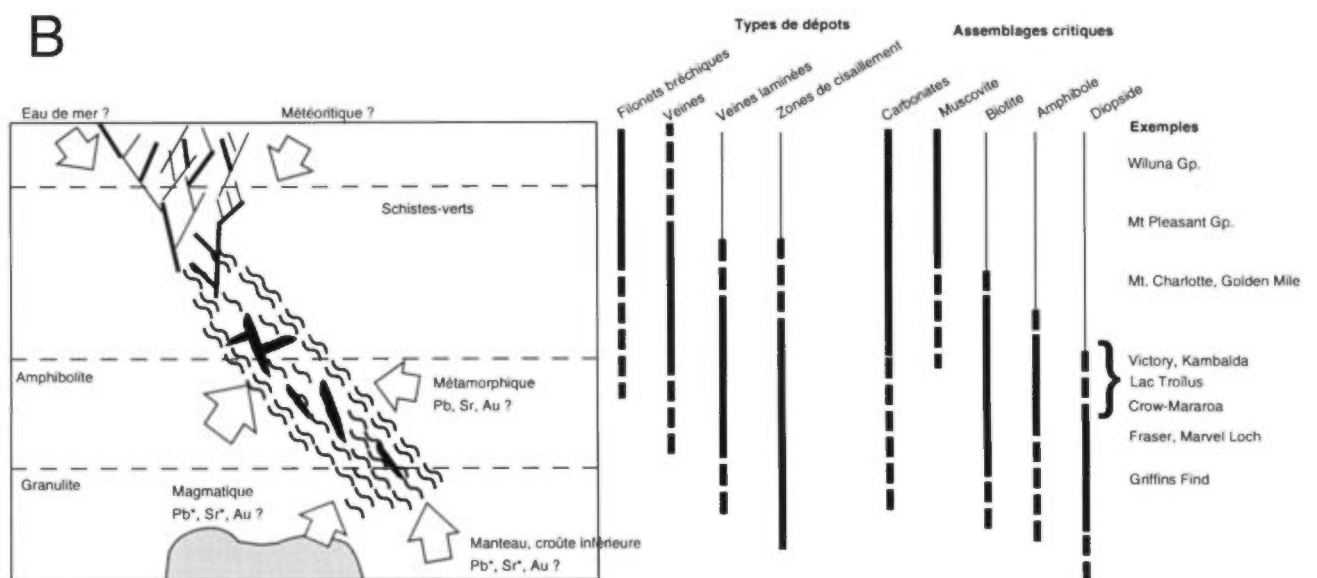
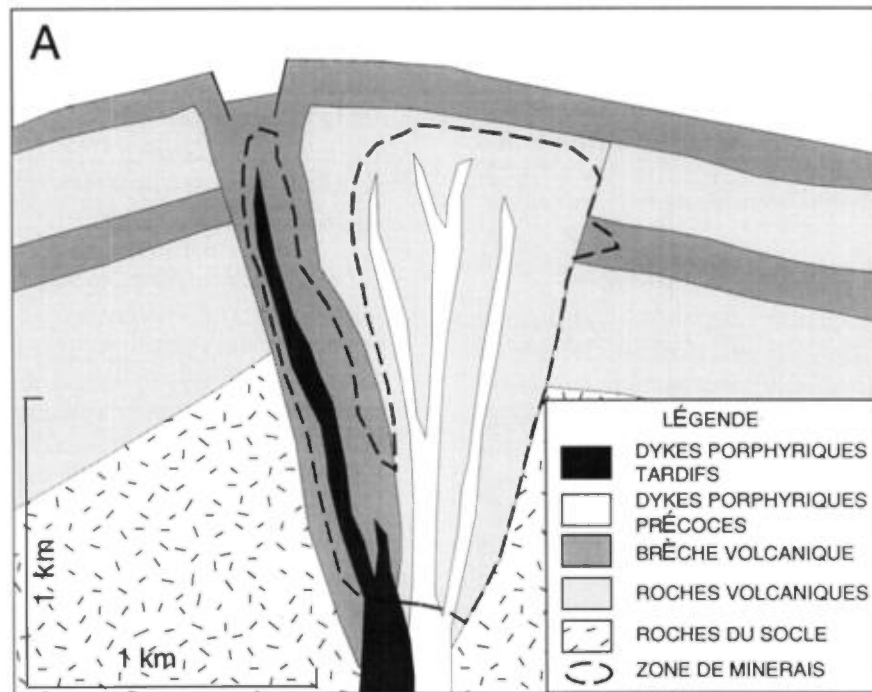


FIGURE 2 – A) Modèle porphyrique volcanique de Sutherland Brown (1976), B) Section schématique d'un système hydrothermal complet montrant les types de minéralisation, les assemblages critiques, quelques exemples de gisements australiens et la position possible du gisement de lac Troilus.

# Morphologie et développement des cheminées de sulfures massifs atypiques du gisement d'Isle-Dieu, Matagami: implications pour l'exploration

Gaétan Lavallière, Jayanta Guha et Réal Daigneault<sup>(1)</sup>, André Bonenfant<sup>(2)</sup>

## Introduction

L'architecture typique des dépôts de sulfures massifs volcanogènes (SMV) a été définie par Lydon (1984) (figure 1A). Cette architecture présente deux parties distinctes, l'une concordante et l'autre discordante. La partie concordante, de forme lenticulaire, est sus-jacente à la partie discordante. La partie concordante forme un monticule ("mound") composé de plus de 60% en volume de sulfures (Sangster et Scott, 1976). La partie discordante, désignée la cheminée du dépôt ("stockwork"), est composée de filonnets ("stringers") de sulfures. Le terme cheminée ("chimney") est employé dans ce texte pour désigner un conduit par lequel les produits hydrothermaux gagnent la surface.

Les dépôts de SMV de Matagami ont été étudiés en détail et s'intègrent relativement bien dans les modèles déjà établis. Toutefois, les dépôts du gisement d'Isle-Dieu, ainsi que les autres dépôts du flanc sud de l'anticlinal, se distinguent par leurs cheminées exceptionnellement riches en sulfures nommées cheminées de sulfures massifs (CSM) qui recoupent le monticule (figure 1B) (Lavallière *et al.*, 1992). Cette caractéristique, peu commune pour les dépôts de SMV, implique des conditions de formation et de mise en place particulières par rapport aux autres dépôts de SMV.

La présente étude a pour premier objectif de décrire les caractéristiques et la morphologie atypiques des dépôts du gisement d'Isle-Dieu. Le deuxième objectif est de proposer un modèle génétique de mise en place pour expliquer le développement des CSM. Le troisième objectif est d'étudier les impacts de la présence des CSM au niveau de l'exploration, en vue de développer une stratégie optimale adaptée à la géométrie des dépôts.

## Géologie régionale

Le camp minier de Matagami est localisé au nord de la Sous-province de l'Abitibi. L'empilement volcanique comprend les laves rhyolitiques du Groupe du Lac Watson à la base, surmontées par les laves basaltiques

du Groupe de Wabasse (Sharpe, 1968). Le contact entre ces deux unités est représenté par un horizon marqueur, nommé Tuffite Clef, qui est l'hôte de la minéralisation volcanogène. La base de l'empilement volcanique est recoupée par le Complexe de La Rivière Bell, une vaste intrusion litée de gabbro-anorthosite. La séquence stratigraphique a été plissée, par la suite, en une structure anticlinale nommée anticlinal de Galinée où les dépôts sont distribués sur les flancs nord et sud. Les roches du flanc nord sont fortement déformées par le corridor de failles du lac Garon (Piché *et al.*, 1990) tandis que celles du flanc sud n'ont pas été affectées par ce corridor de failles et sont très peu déformées.

## Géologie du flanc sud

Les gisements du flanc sud représentent 80% du minerai extrait pour l'ensemble du camp minier. Les gisements et gîtes se composent d'un ou de plusieurs dépôts agglomérés dans un espace donné. Ces dépôts sont distribués régulièrement tous les 1600 mètres le long de la Tuffite Clef d'attitude N130°/45°. On y reconnaît le gisement de Bell Allard Sud (235 000 t), les neuf dépôts formant le gisement d'Orchan (4,500,000 t), les deux dépôts constituant le gisement de Lac Matagami (25,600,000 t), les deux dépôts du gisement d'Isle-Dieu (2,700,000 t), et les gîtes d'Orchan Ouest et de Bell Allard Sud.

## Géologie du gisement d'Isle-Dieu

Le gisement d'Isle-Dieu est constitué de deux dépôts principaux ainsi que de deux dépôts satellites. Les dépôts totalisent 2,7 millions de tonnes de minerai avec des teneurs de 18,66% Zn, 1,06% Cu, 83 g/t Ag et 0,51 g/t Au. Les dépôts du gisement d'Isle-Dieu sont bien préservés et leurs caractéristiques ainsi que leur morphologie, sont représentatives de l'ensemble des dépôts du flanc sud. La partie concordante comprend un monticule de sulfures massifs alors que la partie discordante est représentée par des cheminées de différentes compositions.

(1) Université du Québec à Chicoutimi

(2) Minéraux Noranda Inc. (Division Matagami)

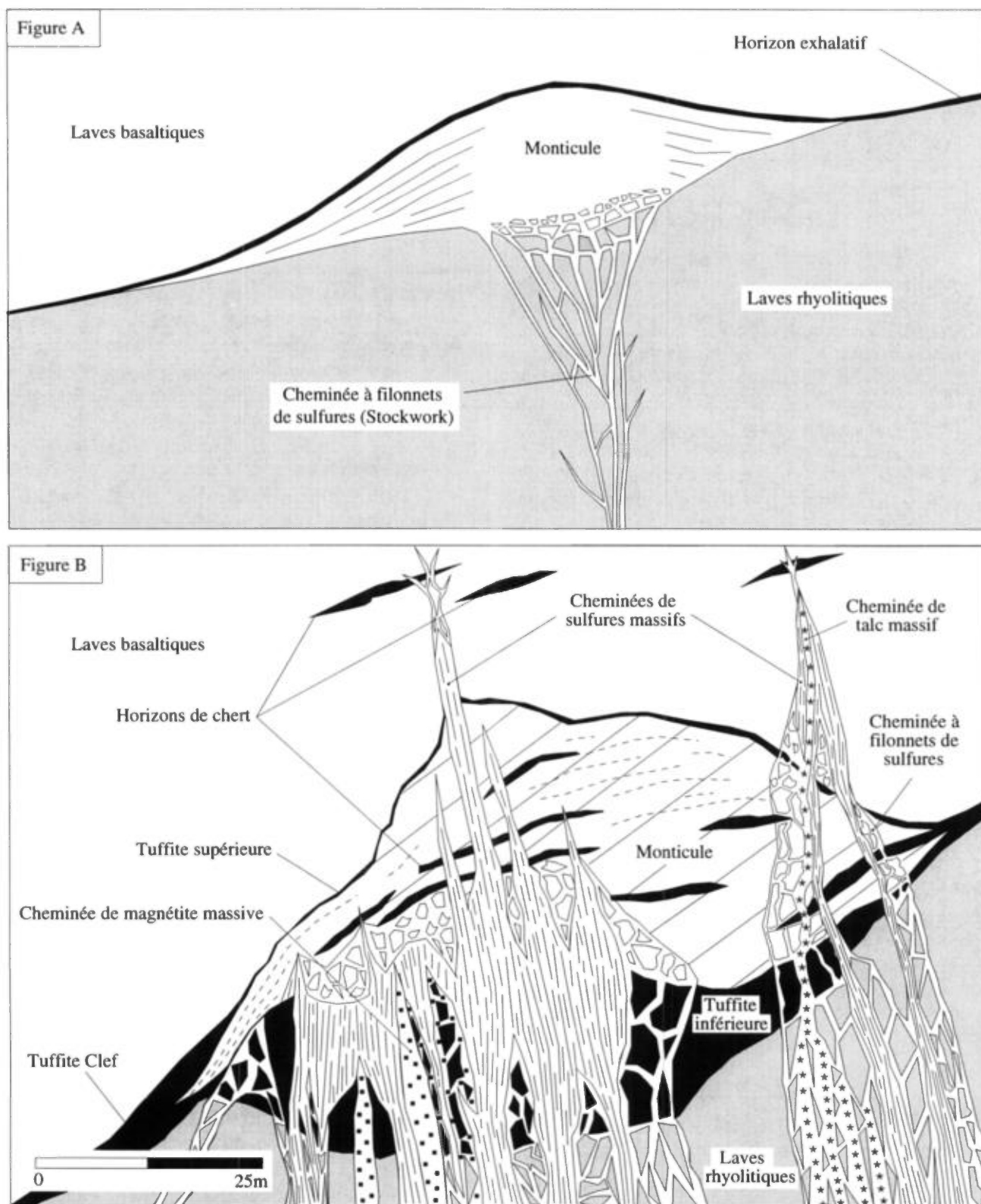


FIGURE 1 – Comparaison entre l'architecture typique des dépôts de sulfures massifs volcanogènes et l'architecture atypique du dépôt N° 1 du gisement d'Isle-Dieu. A) Architecture typique des dépôts de sulfures massifs volcanogènes. Modifiée de Lydon, 1984. B) Architecture atypique du dépôt N°1 du gisement d'Isle-Dieu. Tirée de Lavallée *et al.*, en préparation.

## LE MONTICULE

Le monticule est entièrement enveloppé par la Tuffite Clef qui est composée de deux sous-unités soit la Tuffite inférieure et la Tuffite supérieure (figure 1B). La composition des sulfures massifs concordants est relativement homogène à travers le monticule et comprend principalement la sphalérite avec de faible quantité de pyrite, de chalcopyrite et de pyrrhotite. Le litage des sulfures est peu développé dans la partie basale du monticule qui est recoupée par l'ensemble des cheminées. Par contre, la partie sommitale qui n'est recoupée que partiellement par les cheminées, exhibe des lits millimétriques à centimétriques de pyrite et plus rarement de chalcopyrite.

## LES CHEMINÉES

La partie discordante des dépôts est constituée d'un ou, plus communément, de plusieurs types de cheminées ayant différentes compositions et formant ce qui est désigné ici comme des zones de cheminées. Les cheminées individuelles, orientées N280°/80°, varient de 15 cm à 5 m de largeur et forment des zones de 20 à 40 mètres. Trois types de cheminées ont été définis à partir de leur composition soient les cheminées de sulfure, les cheminées de magnétite et les cheminées de talc (figure 1B). Chacun de ces types peut être subdivisés en deux sous-types soit les cheminées "à filonnets" et les cheminées à caractère "massif". Le terme "massif" s'applique aux cheminées composées de plus de 60% du constituant principal tandis que le terme "à filonnets" s'applique aux cheminées qui en sont composées de moins de 60%.

Les cheminées à filonnets, sont composées de filonnets de largeur millimétrique à centimétrique. Ces filonnets possèdent la texture bréchique des "stringers" qui est typique aux dépôts de SMV. Les fragments de matériel encaissant associés aux filonnets sont de forme quasi sphérique et ne contiennent que très peu de chlorite, concentrée en bordure des filonnets. À l'opposé, les sulfures, la magnétite et le talc présents à l'intérieur des cheminées à caractère "massif" possèdent une texture rubanée. Ces rubans de largeur millimétrique à centimétrique, définis par l'alternance des différents minéraux sulfurés, de la magnétite, du talc et des fragments de matériel encaissant, ont une attitude N280°/80°. Les fragments présents à l'intérieur des cheminées à caractère "massif" se présentent sous forme de bandes, de largeur millimétrique à centimétrique, disposées en alternance avec les rubans de sulfures. Ces fragments sont essentiellement composés de chlorite.

Généralement, les cheminées à filonnets sont localisées en périphérie des cheminées à caractère "massif" et constituent donc les épontes de ces dernières (figure 1B). Les cheminées à filonnets montrent une diminution latéralement progressive de leurs constituants

sur un intervalle d'un demi mètre tandis que les cheminées à caractère "massif" sont délimitées par des contacts nets. Dans la partie sommitale des cheminées, le passage vertical des cheminées à caractère "massif" aux cheminées à filonnets est abrupt (moins d'un mètre). Par contre, à la base des cheminées, ce passage est progressif.

Les cheminées à caractère "massif", les mieux développées, sont spatialement localisées dans la partie où le monticule atteint sa plus forte épaisseur (figure 1B). Les cheminées, bien que discordantes, n'atteignent pas toutes le même niveau stratigraphique, comme on peut l'observer sur la figure 1B particulièrement pour les CSM. Certaines cheminées recoupent toutes les unités lithologiques de la séquence hôte comprenant les laves rhyolitiques à la base, la Tuffite Clef, le monticule de sulfures massifs et finalement les laves basaltiques. Par contre, d'autres cheminées ne recoupent que quelques unités de l'empilement volcanique à la base du dépôt.

## Développement des CSM

La texture rubanée des sulfures, présente à l'intérieur des CSM, peut résulter soit d'un processus relié à la mise en place des dépôts ou encore à la déformation des sulfures. Cette dernière hypothèse est rejetée pour deux raisons. Premièrement, l'empilement volcanique du flanc sud est très peu déformé comme en témoigne la préservation du litage des sulfures à l'intérieur des monticules. Deuxièmement, le fait que certaines CSM ne recoupent que la partie inférieure des monticules tandis que d'autres recoupent la totalité des monticules implique que les CSM sont contemporaines à l'édification des monticules. Le développement des CSM doit donc être relié à un processus synvolcanique. Les rubans de sulfures, présents à l'intérieur des CSM, renseignent sur le mécanisme responsable de l'enrichissement des cheminées de sulfures. Ces rubans, parallèles aux fractures canalisant l'écoulement des fluides hydrothermaux, témoignent du développement des CSM en plusieurs épisodes de fracturation et de remplissage simultanés des fractures par la précipitation de sulfures.

Les CSM sont présentes en plus grande quantité dans la partie basale du monticule par comparaison avec la partie sommitale (figure 1B). Ceci implique que certaines CSM ont cessé de se développer durant la croissance du monticule. Les cheminées dont le développement s'est maintenu ont canalisé les fluides à travers le monticule permettant aux sulfures de se surimposer aux accumulations antérieures. La présence locale de CSM dans les laves basaltiques sus-jacentes au monticule (figure 1B) implique une activité hydrothermale prolongée pour certaines CSM.

## Implications pour l'exploration

Les premiers gisements reconnus et exploités, sur le flanc sud, étaient localisés près de la surface sous 30 mètres de mort-terrain. Comme la Tuffite Clef est inclinée à 45°, les dépôts qui restent à découvrir sont situés plus profondément et exigent, une stratégie d'exploration rigoureuse. La stratégie développée doit donc relever le défi d'explorer de grandes régions situées en profondeur, avec un nombre minimal de mètres forés, et de détecter les dépôts de dimensions économiques.

La stratégie est basée sur la recherche des CSM car celles-ci constituent la surface-cible de plus grande extension associée aux dépôts. La détection des CSM permet, à l'aide d'un ou de plusieurs forages additionnels, de localiser le monticule situé à l'intersection des CSM et de la Tuffite Clef. Dans un premier temps, l'information fournie par les forages verticaux existants doit être utilisée pour localiser la Tuffite Clef. Par la suite, des forages inclinés doivent être réalisés à une profondeur constante sous la Tuffite Clef, à l'intérieur des laves rhyolitiques, en vue d'intercepter les CSM. Pour cette raison, la direction des forages inclinés est ainsi définie perpendiculairement à la direction des CSM et le plongement est défini parallèlement au plan que forme la Tuffite Clef. De plus, pour que la probabilité d'intersection des CSM par les forages inclinés soit près de 100%, l'espacement entre ceux-ci doit être égale à la longueur des CSM. Cette longueur est fonction du tonnage du dépôt et est obtenue à partir d'une modélisation sur les dépôts du flanc sud. Les espacements peuvent également être calculés pour toutes les probabilités d'intersection désirées. Étant donné que les coûts d'exploitation augmentent avec la profondeur où se situe le dépôt recherché, le tonnage jugé économique augmente également. Ainsi, l'espacement entre les forages inclinés est fonction de la profondeur à laquelle l'exploration s'effectue.

## Conclusions

Les principales conclusions qui ressortent de cette étude peuvent être résumées ainsi:

- 1) Les dépôts du gisement d'Isle-Dieu ainsi que les autres dépôts du flanc sud sont composés de deux parties distinctes de sulfures massifs: une partie concordante formant le monticule et une partie discordante constituant les CSM dont certaines recourent le monticule.
- 2) Les cheminées de sulfures, de magnétite et de talc à caractère "massif" sont composées de plus de 60% de leur constituant principal. Ces cheminées, d'orientation constante, possèdent une texture rubanée et sont délimitées par des contacts nets. Le matériel encaissant présent à l'intérieur de ces cheminées est essentiellement composé de chlorite.

Les cheminées à caractère "massif" bien que discordantes n'atteignent pas toutes le même niveau stratigraphique. Certaines cheminées ne recourent que la partie inférieure des monticules tandis que d'autres recourent la totalité des monticules et même les laves basaltiques.

- 3) Les caractéristiques présentées aux points 1 et 2 indiquent que les dépôts du flanc sud sont atypiques par rapport aux autres dépôts de SMV. Ces dépôts reflètent donc des conditions de formation et un processus de mise en place particulier.
- 4) Par analogie avec les SMV typiques, les dépôts du flanc sud sont également issus d'un processus de mise en place qui est synvolcanique. En conséquence, la localisation des dépôts se situe à l'intersection du niveau stratigraphique marqué par la Tuffite Clef et des zones de fractures synvolcaniques. Par contre, le rubanement présent à l'intérieur des CSM ainsi que la pénétration des CSM à différents niveaux stratigraphiques témoignent du développement des CSM à partir de répétitions périodiques de fracturation et de remplissages simultanés des fractures par la précipitation de sulfures. Ce processus qui est contemporain à l'édification des monticules demeure actif, sporadiquement, même après la mise en place des monticules. La préservation du litage dans les monticules indique que les dépôts n'ont pas subi de déformation importante.
- 5) La morphologie et le processus de mise en place indiquent une divergence marquée entre les dépôts du flanc sud et les dépôts de SMV typiques.
- 6) La présence de CSM introduit un changement de philosophie au niveau de l'exploration. L'étude détaillée de la morphologie des dépôts a révélé que les CSM constituent la surface-cible de plus grande extension associée aux dépôts. La stratégie d'exploration développée est donc basée sur la recherche des CSM. Cette approche permet de relever le défi d'explorer de grandes régions situées en profondeur, avec un nombre minimal de mètres forés, et de détecter les dépôts de dimensions économiques.
- 7) La question qui se pose: Est-il nécessaire d'établir une classe particulière pour ces dépôts de SMV, en vue de tenir compte de l'architecture atypique et de son impact sur l'exploration ?

## Références

- LAVALLIÈRE, G. – GUHA, J. – DAIGNEAULT, R., – BONENFANT, A., 1992 – Contrôles structuraux synvolcaniques et mécanisme d'enrichissement des cheminées minéralisées: dépôts de SMV du camp minier de Matagami, Québec Dans: Applications à l'exploration, Conférence no 143, 94<sup>ème</sup> Congrès annuel



- de l'Institut Canadien des Mines de la Métallurgie et du Pétrole, Montréal.
- LYDON, J. W., 1984 – Volcanogenic massive sulfide deposits, Part 1: A descriptive model. *Geoscience Canada*; volume 11, no. 4, pages 145-153.
- PICHÉ, M. – GUHA, J. – DAIGNEAULT, R. – SULLIVAN, J. R. – BOUCHARD, G., 1990 – Les gisements volcanogènes du camp minier de Matagami: Structure, stratigraphie et implications métallogéniques. *Dans: La Ceinture polymétallique du Nord-Ouest québécois*, édité par M. Rive, P. Verpaelst, Y. Gagnon, J.-M. Lulin, G. Riverin, et A. Simard. ICMM, Montréal; volume spécial, no. 43, pages 325-335.
- SANGSTER, D. F. – SCOTT, S. D., 1976 – Precambrian strata-bound, massive Cu-Zn-Pb sulphide ores of North America. *In: Wolf, K. H., ed., Handbook of Stratabound and Stratiform Ore Deposits*, Elsevier, Amsterdam, volume 6, pages 129-222.
- SHARPE, J. I., 1968 – Geology and sulphide deposits of the Matagami area, Quebec. Department of Natural Resources; RG-137, 122 pages.



# Liste des panneaux présentés au séminaire d'information

## PROGRAMMES D'AIDE, ASSOCIATIONS ET FONDS MINIERS

- 1 *Assistance financière à la prospection minière dans l'Est du Québec (EADRQ)*  
L. Caron et J.-W. Colas (MER)
- 2 *Assistance financière à l'exploration minière dans la région de Chapais-Chibougamau (EADRQ)*  
N. Togola et R. Morin (MER)
- 3 *Assistance financière à l'exploration minière au Québec (EADM)*  
G. Archambault et P. Marcoux (MER)
- 4 *Association des prospecteurs du Québec (APQ)*
- 5 *Association des prospecteurs Estrie – Beauce – Appalaches (APEBA)*
- 6 *Estrie, Chaudière, Appalaches, une région de découvertes [Fonds d'exploration minérale Estrie-Chaudière-Appalaches (FEMECA)]*
- 7 *Fonds minier du Saguenay–Lac-Saint-Jean*
- 8 *Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec (APGGQ)*
- 9 *Fonds d'exploration minière du Bas-Saint-Laurent*
- 10 *Association des prospecteurs de la Gaspésie, du Bas-Saint-Laurent et des Îles-de-la-Madeleine (APG)*
- 11 *Fonds régional d'exploration minière de la Côte-Nord (FREM)*
- 12 *Association minière du Québec (AMQ)*
- 13 *Photocartotheque québécoise, les cartes à 1:20 000 imprimées (MER)*
- 13 *Photocartotheque québécoise, les cartes à 1:20 000 numériques (MER)*
- 13 *Photocartotheque québécoise, les photographies aériennes à 1:15 000 (MER)*
- 13 *Photocartotheque québécoise, les cartes régionales (MER)*

## CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE QUÉBEC

- 14 *Commission géologique du Canada – Publications*
- 15 *Géochimie des roches volcaniques du groupe de Shickshock, Gaspésie septentrionale*  
G. Camiré (CGQ), M. R. La Flèche (INRS), G. A. Jenner (Memorial University of Newfoundland)
- 16 *Analyse géochimique d'un ruisseau tributaire de la rivière Batiscan drainant des déblais miniers, Montauban, Québec*  
M. R. La Flèche (INRS), A. Bolduc (CGQ), L. Talbot (UL)
- 17 *Le changement global (Global Change) à l'Ordovicien tardif: la transition de carbonates d'eau chaude à ceux d'eau froide, sud du Québec*  
D. Lavoie (CGQ)

- 18 *Pétrologie et géochimie des laves du Groupe de Maquereau, Gaspésie*  
J. Bédard (CGQ), C. Wilson (UDEM)
- 19 *Question d'avenir... Mettons notre science entre les mains du grand public. Un exemple: "Géologie et minéraux dans la réserve faunique de Papineau-Labelle".*  
P. Tremblay (INRS), L. Corriveau et R.A. Daigneault (CGQ)
- 20 *Géochimie du till dans la région du lac Caopatina, Chibougamau*  
M. Beaumier (MER), S. J. Paradis (CGQ)
- 21 *Séquences d'écoulement glaciaire à l'est de la Baie d'Hudson : nouvelles observations*  
M. Parent et S. J. Paradis (CGQ)
- 22 *Le projet Hudsonie, une étude multidisciplinaire intégrée en géodynamique environnementale*  
M. Parent, Y. Michaud, C. Bégin et S. J. Paradis (CGQ), M.-H. Ruz (UL, CEN), M. R. La Flèche (INRS)
- 23 *Anomalie et bruit de fond géochimique dans les tills : détermination à l'aide des comptages pétrographiques*  
E. Boisvert et A. Doiron (CGQ)
- 24 *Lithofaciès hyperalumineux et magnésiens en milieu volcanosédimentaire et brèche ignée ultrapotassique : deux cibles d'exploration dans la ceinture métasédimentaire*  
L. Corriveau (CGQ), D. Morin (INRS), M. Tellier (CGQ), K. Boggs (UQAC)
- 25 *Reconstitution des paléocontraintes dans les Appalaches du Québec depuis l'Ordovicien*  
S. Faure, A. Tremblay et M. Malo (INRS)
- 26 *Nouvelles données stratigraphiques et structurales sur la fosse de Connecticut Valley – Gaspé, sud du Québec*  
B. Lafrance et A. Tremblay (INRS), R. Marquis (MER)

### **DIVISION DES MINÉRAUX INDUSTRIELS**

- 27 *La Division des minéraux industriels : du personnel, des activités et des services*  
(MER)
- 28 *Inventaire des carrières de l'Estrie-Beauce*  
G. Lachambre et H.-L. Jacob (MER)
- 29 *Inventaire des ressources en granulats de la région de l'Estrie-Beauce*  
A. Brazeau (MER)
- 30 *Système de classification des milieux humides du Québec*  
P. Buteau, N. Dignard et P. Grondin (MER)
- 31 *Carte des minéraux industriels du Québec*  
L. Avramtchev (MER)
- 32 *Inventaire des carrières des Basses-Terres du Saint-Laurent : trois nouveaux gisements de roches carbonatées*  
A. A. Pétryk (MER)

### **SERVICE GÉOLOGIQUE DE QUÉBEC**

- 33 *Synthèse géologique et structurale de la région de Fort-Coulonge, comtés de Pontiac et Gatineau*  
L. Madore, K. N. M. Sharma et E. Giguère (MER)
- 34 *Roches ultramafiques de la région de Fort-Coulonge, comtés de Pontiac et du lac Troyes, province de Grenville*  
K. N. M. Sharma, S. Nantel et E. Giguère (MER)

- 
- 35 *District minier Estrie-Laurentides*  
M. Rive et G. Benoît (MER)
- 36 *Révision des feuillets 31I/16 (Montauban) et 31I/09 (Grondines)*  
M. Hocq (MER)
- 37 *Géologie du feuillet "Lac Chat" (31P/02) et extension du complexe de La Bostonnais*  
L. Nadeau (CGQ), C. Hébert (MER), P. Brouillette (CGQ) et M. Hocq (MER)
- 38 *La suite plutonique de Rivière-à-Pierre, Portneuf, Lac-Saint-Jean, province géologique de Grenville*  
S. Perreault (MER)
- 39 *Géologie de la région de Lyster*  
J. Brun (MER)
- 40 *Métallogénie et stratigraphie du groupe d'Oak Hill inférieur*  
M. Gauthier (UQAM), R. Marquis (MER)
- 41 *Cartographie du feuillet "La Patrie" (21E/06)*  
R. Marquis (MER)
- 42 *Le Silurien et le Dévonien en Estrie et en Beauce*  
R. Marquis (MER)
- 43 *Géochronologie dans les Appalaches du Québec*  
J. David, M. Doyon et R. Marquis (MER)
- 44 *Division Gaspésie – Bas-Saint-Laurent et Îles-de-la-Madeleine*  
M. Doyon et L. Sohier (MER)
- 45 *Géologie de la région de la rivière Angers (22B/08)*  
D. Brisebois (MER)
- 46 *Géologie au 1 : 20 000, région du mont Brown*  
S. Lachance (MER)
- 47 *Géochimie des sédiments de ruisseau, région du Bas-Saint-Laurent*  
J. Choinière (MER)
- 48 *Levé électromagnétique hélicoptéré dans la région de la rivière Natashquan*  
D.-J. Dion (MER)
- 49 *Traitement des données aéromagnétiques (projet MAG Québec)*  
D.-J. Dion (MER), R. Dumont (MEMR)
- 50 *Anomalies magnétiques circulaires ponctuelles entre les 56<sup>e</sup> et le 58<sup>e</sup> parallèles, Nouveau-Québec*  
D. Lamothe, D.-J. Dion et J. Choinière (MER)
- 51 *Coupe géologique de l'allochtone polycyclique du Grenville entre Baie-Comeau et le Relais Gabriel*  
D. Lamothe, A. Gobeil et T. Clark (MER)
- 52 *Gîtologie du haut-plateau de Manicouagan*  
T. Clark et R. Gaudreau (MER)
- 53 *Suivi d'anomalie géochimique, Haute-Côte-Nord*  
R. Gaudreau (MER)
- 54 *Le complexe de Sept-Îles, secteur de la rivière des Rapides et du lac Hall*  
J. Cimon (MER)
- 55 *Géologie de la région de la rivière Sainte-Marguerite, région de la Côte-Nord, phase 2*  
A. Gobeil (MER)

- 56 *Structure des terrains allochtones à l'est du cratère Manicouagan*  
A. St-Jean, S. St-Cyr et A. Hynes (McG)
- 57 *Les intrusions de troctolites – anorthosites du corridor Baie-Comeau – Wabush*  
P. Scowen, J. Lavoie et D. Francis (McG)

### SERVICE GÉOLOGIQUE DU NORD-OUEST

- 58 *Nouveautés dans BADGEQ et BAROQ*  
F. Kirouac, M. Leduc et M. Beaumier (MER)
- 59 *Les minéraux indicateurs de kimberlite dans les eskers*  
M. Beaumier, P. LaSalle (MER)
- 60 *Caractéristiques et distribution des kimberlites dans le NW québécois*  
J. Moorhead, M.-A. Boudreau (MER), R. Girard (IOS)
- 61 *La nouvelle banque de données sur les gîtes minéraux du Québec*  
J.-F. Couture (MER)
- 62 *Les compilations géoscientifiques du MER*  
J. Rioux (MER)
- 63 *Couloirs de déformation du Nord-Ouest*  
R. Daigneault (UQAC), G. Tourigny (MER)
- 64 *Datations dans le Nord-Ouest québécois*  
J. Goutier et collaborateurs du SGNO (MER)
- 65 *Division de Rouyn-Noranda*  
P. Verpaelst, J. Goutier, S. Lacroix, M. Mélançon (MER)
- 66 *Sillon Harricana – Turgeon : Géologie et forage*  
S. Lacroix, M. Mélançon, J. Goutier, H. Rasmussen, P. Verpaelst (MER)
- 67 *Les diorites du Groupe de Blake River*  
K. Lagraa, J. Ludden (UDEM), P. Verpaelst (MER)
- 68 *Projet Porcupine-Destor*  
J. Goutier (MER)
- 69 *Géologie de la région de Belleterre*  
G. Tourigny, J. Goutier (MER)
- 70 *Gîtologie de la mine Bousquet n° 2*  
N. Teasdale et A. Brown (Poly), G. Tourigny (MER), D. Doucet (Lac)
- 71 *Lebel-sur-Quévillon: nouveau camp minier de l'Abitibi*  
C. Dussault (MER)
- 72 *Inventaire des ressources en granulats de la région d'Amos-Landrienne*  
G. Lessard, E. Pelletier et P. Mercier (URSTM)
- 73 *Synthèse géologique du secteur d'Amos, Abitibi, phase 1*  
J.-Y. Labbé (MER)
- 74 *Géant Dormant (phase 1)*  
D. Gaboury (UQAC), G. Tourigny (MER), E. Belzile (CAMBIOR), R. Daigneault (UQAC)
- 75 *Levé géologique dans la partie ouest du réservoir Gouin, canton de Poisson (32B/06)*  
R. Girard (IOS), J. Moorhead (MER)

- 76 *Géochronologie de la région du Grenville à l'est de Val-d'Or*  
N. Machado, C. Gariépy (GÉOTOP, UQAM)
- 77 *Volcanologie préliminaire de la partie est de la Formation de Val-d'Or*  
F. Chartrand, J. Moorhead (MER)
- 78 *Le district minier de Chibougamau*  
R. Morin (MER)
- 79 *Géologie de Frotet-Troilus (phase 3)*  
C. Gosselin (MER)
- 80 *L'or dans les sols, secteur de Troilus*  
M. Beaumier (MER)
- 81 *Synthèse géologique et métallogénique du segment Caopatina, région de Chibougamau*  
C. Dion et M. Simard (MER)
- 82 *Les gisements de types Cu-Au porphyrique et filonien de la région de Chibougamau*  
P. Pilote, J. Cimon, C. Dion (MER), R. V. Kirkham, F. Robert, W. D. Sinclair (CGC),  
R. Daigneault (UQAC)
- 83 *Copper Rand (phase 1)*  
M. Magnan (UQAC), P. Pilote (MER), A. Blais (MSV Inc.), J.-M. Lulin (SOQUEM), R. Daigneault (UQAC)
- 84 *Grevet (phase 3)*  
J. Lacroix (UQAC), F. Chartrand (MER), M. Carré (CAMBIOR), R. Daigneault (UQAC)
- 85 *Compilation des données lithogéochimiques : exemple de Pusticamica*  
M. Beaumier, M. Simard (MER)
- 86 *Récupération de données géochimiques : exemple de Pusticamica*  
M. Beaumier (MER) et P. Smith (consultant)
- 87 *Levé électromagnétique hélicoptère dans la région du lac Verneuil*  
D.-J. Dion (MER)

## UNIVERSITÉS

- 88 *Université Laval*
- 89 *Géophysique appliquée : études de reconnaissance, LITHOPROBE*  
Laboratoire de géophysique appliquée. (Poly)
- 90 *Géophysique appliquée à l'exploration minière et à l'hydrogéologie*  
Laboratoire de géophysique appliquée (Poly)
- 91 *Le Génie coopératif*  
S. Lavoie (coordonnateur des stages, Ecole Poly)
- 92 *Université de Montréal, département de géologie*
- 93 *Le groupe de Lake Harbour : une plate-forme paléoprotérozoïque allochtone, orogène Torngat, Nouveau-Québec*  
N. Goulet (UQAM)
- 94 *Expédition éducative pour jeunes Inuits dans les monts Torngats*  
D. Grenier, N. Goulet (UQAM)

- 95 Université du Québec à Montréal. Sciences de la terre : formation moderne et de qualité  
 96 Centre d'études sur les ressources minérales (CERM)  
 97 Fonds minier régional Saguenay-Lac-Saint-Jean (CERM)

### **CENTRE DE DIFFUSION, SIGÉOM ET AUTRES**

- 98 Club de minéralogie de Montréal  
 99 Géologie pour tous : des publications populaires pour renseigner  
 L. Charbonneau (MER)  
 100 Géologie pour tous : "Minéraux du Québec", GT 92-02  
 J. Rémy et Y. Bellemare (MER)  
 101 Géologie pour tous : "Volcanisme et roches volcaniques du Québec", GT 93-01  
 R. Morin (MER)  
 102 Géologie de la région de Lac-Mégantic, Estrie  
 D. Lebel et A. Tremblay (MER)  
 103 Publications géoscientifiques récentes du MER (Mines)  
 104 Nouveauté au centre de diffusion : la microfiche couleur (3" X 4")  
 P. Drapeau (MER)  
 105 Cartes géologiques sur microfiches positives et diazo  
 P. Drapeau (MER)  
 106 Centre de diffusion du MER (Mines)  
 107 Système d'information géominière (SIGEOM)  
 Charles Roy, Ghismond Martineau, Denis Racicot (MER)  
 108 Centre de recherches minérales (CRM)  
 109 Service de la statistique et de l'économie minérale  
 110 Plan d'aménagement et titres des panneaux  
 111 Concours : IMAGE MINES

---

AMQ	Association minière du Québec	INRS	Institut national de la recherche scientifique
APEBA	Association des prospecteurs Estrie-Beauce – Appalaches	IOS	IOS Services géoscientifiques inc.
APG	Association des prospecteurs de la Gaspésie, du Bas-Saint-Laurent et des Îles-de-la-Madeleine	McG	Université McGill
APQ	Association des prospecteurs du Québec	MEMR	Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources
APGG	Association professionnelle des géologues et géophysiciens du Québec	POLY	École Polytechnique
CEN	Centre d'études nordiques	SGNO	Service géologique du Nord-Ouest
CGQ	Centre géoscientifique de Québec	SGQ	Service géologique de Québec
CRM	Centre de recherches minérales	SIGÉOM	Système d'information géominière du Québec
EADM	Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement minéral	UDEM	Université de Montréal
EADRQ	Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement économique des régions du Québec	UL	Université Laval
FEMECA	Fonds d'exploration Estrie – Chaudière – Appalaches	UQ	Université Queen's
GEOTOP	Centre de recherche en géochimie isotopique et en géochronologie	UQAC	Université du Québec à Chicoutimi
		UQAM	Université du Québec à Montréal
		URSTM/ UQAT	Unité de recherche et de service en technologie minérale (Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue et Collège de l'Abitibi-Témiscamingue)





Gouvernement du Québec  
Ministère de l'Énergie et des Ressources  
**Secteur des mines**