

Forum technologique du CONSOREM :
« La géologie : un outil d'exploration efficace. »

dans le cadre de l'événement

Géosciences Abitibi 2005

Recueil de résumés de conférence

14 septembre 2005

Programme des conférences

Heure	Titre des conférences	Conférenciers
7h30	Accueil et inscription	
8h00	Plutons syn-volcaniques en Abitibi: approches géochimiques pour les discriminer.	Damien Gaboury, UQAC – CERM – CONSOREM
8h30	Géologie et mise en valeur du projet Douay Ouest.	Marco Gagnon, Vior inc.
9h00	Extension des structures archéennes de l'Abitibi dans le parautochtone grenvillien : implications pour l'exploration.	Stéphane Faure, CONSOREM
9h30	InfiniTEM : de la recherche à l'application.	Marc Boivin et Vincent Jourdain, SOQUEM
10h00	Pause café	
10h30	Gisements aurifères dans les terrains de haut grade métamorphique.	Sylvain Trépanier, CONSOREM
11h00	Récents succès d'exploration dans le Camp de Noranda.	Mario Masson, Louis Martin et Michel Allard, NorandaFalconbridge
11h30	Le Groupe de Blake River : revisité.	Vital Pearson, CONSOREM
12h00	Dîner libre	
13h35	Conférences présentées par l'AQUEST	

Table des matières

Programme des conférences.....	ii
Table des matières.....	iii
Avant-propos.....	iv
Remerciements aux organisateurs	iv
Plutons syn-volcaniques en Abitibi:approches géochimiques pour les discriminer..... <i>Damien Gaboury, CERM-UQAC-CONSOREM</i>	1
Géologie et mise en valeur du projet Douay Ouest..... <i>Marco Gagnon, Vior inc.</i>	6
Extension des structures archéennes de l'Abitibi dans le parautochtone grenvillien : implications pour l'exploration. <i>Stéphane Faure, CONSOREM</i>	8
InfiniTEM ^{MD} : de la recherche à l'application..... <i>Marc Boivin, SOQUEM</i>	11
Gisements aurifères dans les terrains de haut grade métamorphique..... <i>Sylvain Trépanier, CONSOREM</i>	13
Récents succès d'exploration dans le Camp minier de Noranda..... <i>Mario Masson, NorandaFalconbridge</i>	23
Le Groupe de Blake River : revisité	25
<i>Vital Pearson, CONSOREM</i>	

Avant-propos

Étant donné le succès qu'a reçu Abitibi 2004 l'an dernier, l'AEMQ, l'AQUEST, le MRNF, l'OGQ et le CONSOREM se sont associés afin d'organiser une deuxième édition de cet événement, soit *Géosciences Abitibi 2005*. Encore cette année plusieurs activités sont proposées : un atelier CONSOREM sur les gisements profonds, le Forum technologique du CONSOREM, des conférences présentées par l'AQUEST, l'Assemblée générale annuelle de l'OGQ, une excursion guidée par le MRNF, une excursion thématique guidée par le CONSOREM et, pour finir en beauté, le tournoi de golf annuel de l'AEMQ suivi d'un souper.

Le CONSOREM est très heureux de participer à l'organisation de cette activité et de vous présenter particulièrement son Forum technologique ayant pour thème : « La géologie : un outil d'exploration efficace ». 7 conférences, dont vous retrouvez les résumés dans ce recueil, sont présentées. Ce Forum a pour principal but de transférer à la communauté géologique l'importance de l'intégration des concepts géologiques sur le succès de l'exploration minérale.

Nous tenons à remercier les conférenciers à qui l'on doit la qualité du programme du Forum. Merci aux 7 conférenciers qui sont des représentants de trois des membres industriels du CONSOREM, soit Marc Boivin de SOQUEM INC., Marco Gagnon de Vior inc. et Mario Masson de NorandaFalconbridge, et des chercheurs du CONSOREM, Stéphane Faure, Damien Gaboury, Vital Pearson et Sylvain Trépanier.

Remerciements aux organisateurs

Plusieurs personnes ont travaillé au succès de cet événement et nous tenons à remercier entre autres :

de l'AEMQ : Julie Charette et Jean-Pierre Thomassin;

de l'AQUEST : Robert Marquis;

du CONSOREM : Réal Daigneault, Claude Dallaire, Stéphane Faure, Damien Gaboury, Hassan Nabil, Vital Pearson, Marie-Line Tremblay et Sylvain Trépanier;

du MRNF : Robert Marquis;

de l'OGQ : Chantal Ducharme et Alain Liard.

Plutons syn-volcaniques en Abitibi: approches géochimiques pour les discriminer

Damien Gaboury, UQAC – CERM – CONSOREM

Introduction

Les intrusions syn-volcaniques sont particulièrement importantes pour la formation des gisements volcanogènes (VMS). Ces intrusions, qui matérialisent la chambre magmatique des épanchements volcaniques, servent également de moteur thermique pour alimenter les cellules hydrothermales de convection. Pour l'exploration, l'identification d'une intrusion syn-volcanique dans un secteur spécifique constitue donc un métallotecte de premier ordre. Mais, et c'est là tout le défi, comment les identifier?

Etat des connaissances

En Abitibi, et particulièrement du côté québécois, plus d'une douzaine d'intrusions syn-volcaniques avec minéralisations volcanogènes associées sont bien documentées (Tableau 1). Il s'agit des plutons Rivière Bell, Brouillan, Lac Doré, Valrenne, Poularies, Mistaouac, Mountain, Chibougamau, Bourlamaque, Flavrian et Mooshla, au Québec, et Kamiskotia, en Ontario. Ces plutons, à l'exception du Kamiskotia (2707 Ma) définissent trois groupes d'âge, qui correspondent aux différents cycles de construction volcanique de l'Abitibi (Daigneault, 2004), soit 2730-2725 Ma, 2720-2714 Ma et 2705-2698 Ma. Ils couvrent un spectre compositionnel de basique à acide et sont communément polyphasés et multi-compositionnels. Leur dimension en plan est également très variable, allant de 5 km² (Mooshla) à 1375 km² (Mistaouac), et le tonnage de minerais associé semble indépendant de la dimension exposée des plutons (Mooshla : > 100 Mt versus Mistaouac : ~14 Mt). Géochimiquement, Feng et Kerrich (1992) ont démontré que les plutons syn-volcaniques (5 échantillons) sont moins différenciés, plus primitifs que ceux syn-tectoniques (6 échantillons), avec des rapports [La/Y]_N inférieurs à 5. La compilation des données pour les différents plutons (Figure 1) révèle que ce critère n'est pas absolu et que certains plutons, dont Mooshla, Brouillan et Mountain sont ou renferment des phases nettement différenciées.

Identification des intrusions syn-volcaniques

Il apparaît qu'aucun critère compositionnel, géochimique et dimensionnel ne soit discriminant d'une manière absolue. Même les datations U-Pb doivent être mises en perspective avec l'âge des volcanites environnantes. De plus, il est toujours possible que des phases plus jeunes, syn-tectoniques d'un pluton syn-volcanique, soient datées et le rendent ainsi peu prospectif (cas du Bevcon). Cette problématique d'identification des plutons syn-volcaniques a été abordée par le CONSOREM dès 2001. Deux approches géochimiques ont été testées avec succès, soit celle de la consanguinité des plutons avec leur encaissant volcanique et celle de l'altération hydrothermale des plutons. Ces deux approches reposent sur la définition même d'un pluton syn-volcanique.

Approche de la consanguinité

L'approche de la consanguinité met à profit la quantité phénoménale d'analyses lithogéochimiques en éléments majeurs disponible pour l'Abitibi. En outre, les banques de données publiques de l'OGS et celle de BAROQ du MRNF ont été combinées à la banque interne de Noranda (Falconbridge). L'approche utilisée consiste à extraire les analyses des roches volcaniques (laves et intrusions mineures) dans une zone tampon de 2 km en bordure d'un pluton et de les comparer avec celles du pluton lui-même. L'utilisation d'un diagramme binaire Al₂O₃ versus TiO₂ permet de tenir compte de l'altération et du fractionnement magmatique tant dans l'intrusion que dans les volcanites (Figure 2). Cette approche a été validée sur les plutons syn-volcaniques connus. La concordance des champs de distribution des analyses pour les volcanites et le pluton démontre bien la nature syn-volcanique du pluton. Une contre validation de la méthode a également été faite avec les plutons syn-tectoniques connus (Lac Dufault, Val St-Gilles, Opémiska, La Reine). La distribution des analyses dans le digramme est clairement

discordante par rapport au spectre de fractionnement des volcanites encaissantes. De plus, il semble que les plutons syn-tectoniques se caractérisent par un fractionnement très limité du TiO_2 comparativement au Al_2O_3 (Figure 2). Cette caractéristique, qui s'explique en termes pétrogénétiques par la cristallisation fractionnée en profondeur d'oxydes de fer et de titane, devient une particularité puissante pour la discrimination des intrusions syn-tectoniques. En utilisant l'approche de la consanguinité, plus de 100 intrusions ont été traitées. La seule limite d'application est le nombre d'analyses disponibles à l'intérieur et au pourtour des intrusions.

Approche de l'altération hydrothermale

Une intrusion et ses volcanites altérées représentent une évidence importante de l'activité hydrothermale et, par extension, de l'origine syn-volcanique des intrusions. La méthode de consanguinité permet également d'estimer le degré d'altération hydrothermale subi par les roches. En effet, l'altération hydrothermale se manifeste par la distribution en éventail des échantillons dans le diagramme, soit le long de lignes d'altérations passant par l'origine (Figure 2). D'autre part, une analyse PER (Stanley et Madeisky, 1994; Gaboury, 2004) a été réalisée sur les intrusions préalablement identifiées comme syn-tectonique et syn-volcanique. La méthode permet de quantifier l'altération en comparant la composition de l'intrusion par rapport à une composition modèle définie par une droite qui représente le fractionnement magmatique. Les poids oxydes des analyses lithogéochimiques sont transformés en rapports molaires (oxyde / poids atomique). Cette transformation permet de développer des « droites modèles » directement en fonction de la composition stœchiométrique des minéraux. Dans le cas présent, c'est le modèle du fractionnement des plagioclases qui a été utilisé, puisque l'altération hydrothermale volcanogène implique un métasomatisme important des alcalins (Na, K \pm Ca). Le métasomatisme (R) est quantifié selon l'équation suivante qui détermine le degré de divergence d'un échantillon par rapport à la droite modèle de pente $m=1$.

$$R = \left(1 - \left[\frac{(2Ca + Na + K)/Ti}{Al/Ti}\right]\right) * 100$$

Les valeurs R calculées négatives indiquent un lessivage en éléments alcalins alors que celles positives, un enrichissement. Dans un digramme binaire de l'écart type en fonction de la moyenne du PER alcalin, les deux groupes sont relativement bien typés (Figure 3). Les intrusions syn-tectoniques ont une valeur moyenne du PER alcalin centrée sur 0, variant de +10 à -10 et leur écart type est faible, moins de 16. Par contre, les intrusions syn-volcaniques ont une valeur du PER alcalin positive, comprise entre 0 et 45, indiquant un gain en alcalins, et un écart-type élevé, supérieur à 16, manifestant l'aspect hétérogène de l'altération hydrothermale.

Conclusion

La méthode de consanguinité a permis de faire l'évaluation d'une centaine d'intrusions. De ce nombre, 37 intrusions sont identifiées comme syn-tectoniques, 30 sont identifiées comme étant possiblement syn-volcaniques, 11 sont identifiées comme de nouvelles intrusions syn-volcaniques, 8 sont des intrusions syn-volcaniques déjà connues sans VMS et 12 sont des intrusions historiquement connues avec VMS (Figure 4). Pour l'exploration, les 11 nouvelles intrusions identifiées comme syn-volcaniques représentent des cibles de premier ordre pour les minéralisations de type VMS. Les intrusions possiblement syn-volcaniques sont des cibles de second choix qui nécessitent une validation avec de nouvelles données. La couverture spatiale des intrusions n'est pas complète en raison de la distribution hétérogène des échantillons lithogéochimiques. L'approche du PER permet de quantifier l'altération hydrothermale et de valider la classification d'une manière indépendante et surtout de mettre en valeur les cibles prioritaires d'exploration. Enfin, la méthode de « consanguinité » est facilement utilisable pour caractériser les intrusions dans le cas où de nouvelles données sont générées ou sont rendues disponibles.

Références

Daigneault, R., 2004. La Sous-province d'Abitibi, une évolution diachronique de plus de 100 Ma. Recueil des résumés de conférence, Abitibi 2004, Forum Technologique du CONSOREM, Val-d'Or. p. 1-12.

Feng, R. et Kerrich, R., 1992. Geodynamic evolution of the southern Abitibi and Pontiac terranes; evidence from geochemistry of granitoid magma series (2700-2630 Ma). *Journal Canadien des Sciences de la Terre*, 29: 2266-2286.

Gaboury, D., 2004. Paramètres des altérations hydrothermales des gisements de type VMS et aurifères : Comparaison de la performance d'indicateurs d'altération. Rapport du CONSOREM. www.consorem.ca/production_scienc/alterations_hydrothermales.pdf

Stanley, C.R. et Madeisky, H.E., 1994. Litho-geochemical exploration for hydrothermal ore deposits using the Pearce Element Ratio Analysis. Dans: *Alteration and alteration processes associated with ore-forming systems*. Geological Association of Canada, Short Course Handbook, v. 11, p. 193-211.

Figures

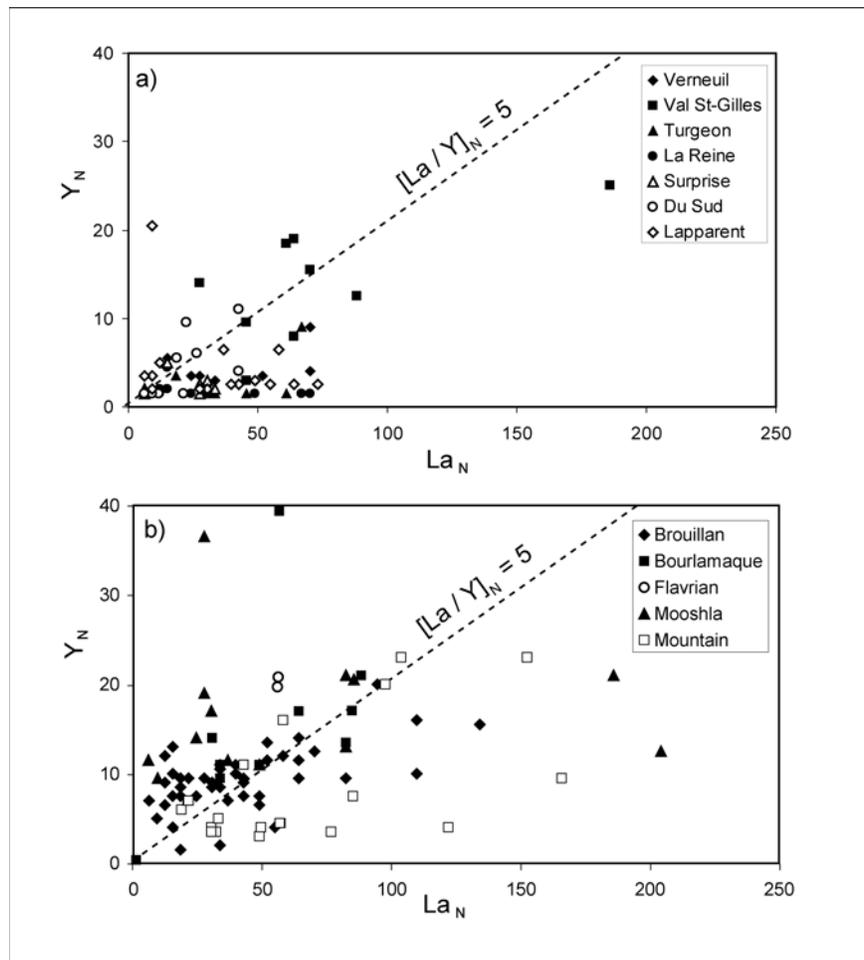


Figure 1. Diagrammes binaires « Y » versus « La » normalisés aux chondrites. Intrusions a) syn-tectoniques et b) syn-volcaniques.

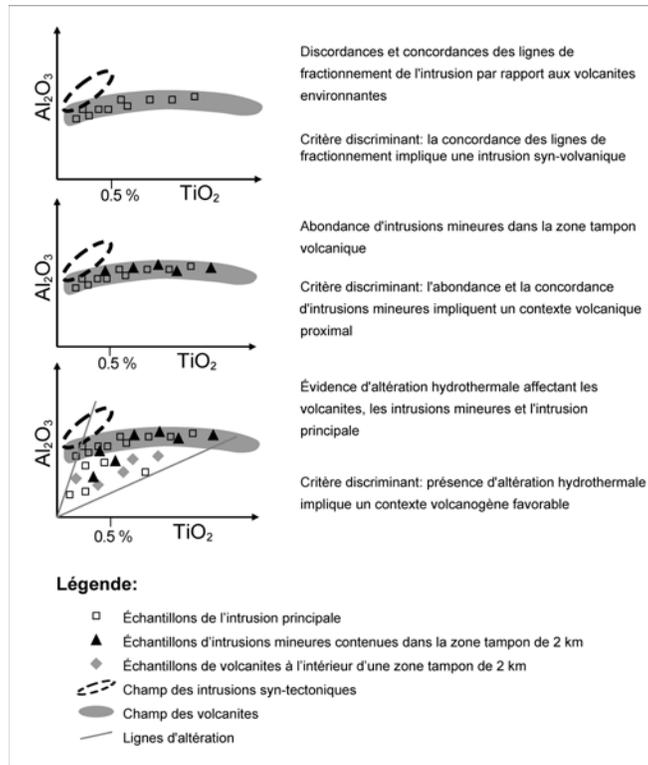


Figure 2. Méthode de la consanguinité utilisant des diagrammes Al_2O_3 versus TiO_2 .

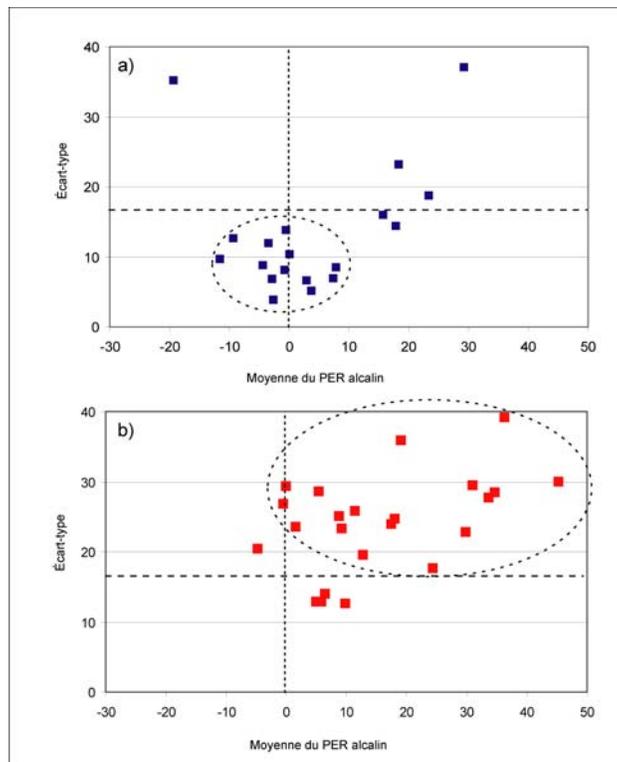


Figure 3. Diagrammes de l'écart-type en fonction de la moyenne du « PER alcalin ». Intrusions a) syn-tectoniques et b) syn-volcaniques.

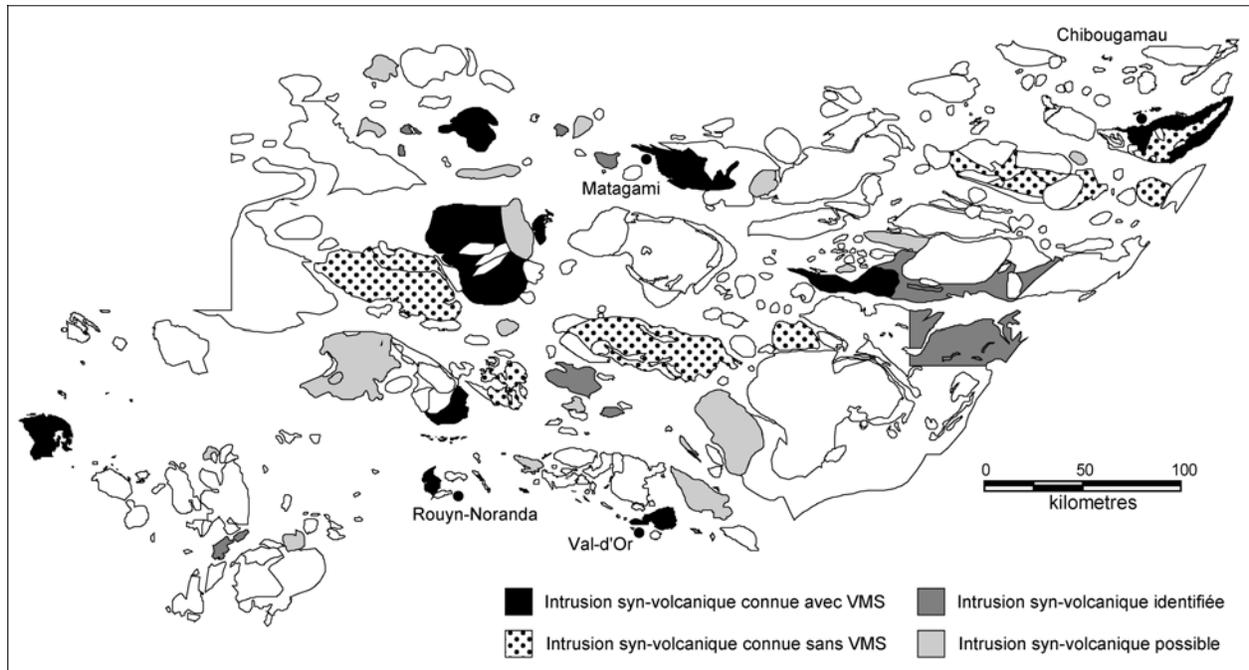


Figure 4. Interprétation des intrusions de la Sous-province d'Abitibi.

Tableau

Nom	Âge (Ma)	Composition	km ²	Mt minéral
Rivière Bell	2729	Gabbro - anorthosite litée	493	~ 50
Brouillan	2729	Tonalite - granodiorite	335	~ 47
Lac Doré	2728	Anorthosite litée	454	~ 2
Valrenne	2728	Diorite - gabbro lité	68	~ 9
Poularies	2728	Diorite	185	~ 3
Mistaouac	2726	Tonalite	1375	~ 14
Mountain	272_?	Tonalite - granodiorite	400	~ 15
Chibougamau	2718	Tonalite	400	> 48
Kamiskotia	2707	Gabbro - anorthosite litée	65	~ 7
Bourlamaque	2702	Granodiorite	136	~ 49
Flavrian	2701	Diorite - tonalite	74	~ 132
Mooshla	2698	Gabbro - diorite-Qz	5	> 100

Tableau 1. Intrusions syn-volcaniques connues avec minéralisation volcanogène.

Géologie et mise en valeur du projet Douay Ouest

Marco Gagnon, VIOR inc.

Le gîte aurifère de Douay Ouest est situé à 60 km au sud de Matagami. Il fut découvert en 1990 par la compagnie Inco Ltd. De 1990 à 1997, quelques compagnies minières y ont effectué des travaux d'exploration et de mise en valeur. Aujourd'hui, la propriété appartient à 100% à VIOR inc. et on y retrouve des infrastructures de surface totalisant CA\$5 millions. Depuis un an, VIOR a entrepris de nouveaux travaux de mise en valeur et d'exploration dans le but d'accroître les ressources aurifères disponible pour l'exploitation minière et également d'augmenter la compréhension géologique. Un récent calcul effectué par Systèmes Geostat International inc., incluant les nouveaux forages réalisés pendant l'hiver 2005, indique que le gîte de Douay Ouest contient des ressources minérales indiquées et inférées totalisant 1.04 Mt à 5.7 g/t Au (190 000 onces d'or) entre la surface et 400 mètres de profondeur.

Le gîte de Douay Ouest est situé le long de la zone tectonique Casa-Berardi – Douay – Cameron (Lacroix *et al.* 1990). Cette structure aurifère est la plus prolifique de la Zone Volcanique Nord de la Sous-province volcano-plutonique archéenne de l'Abitibi. Elle chevauche principalement un contact d'extension régionale est-ouest entre les domaines lithotectoniques des volcanites mafiques à ultramafiques de Cartwright au sud et des sédiments du Groupe de Taïbi au nord. Le complexe syénitique de Douay, adjacent au contact entre les deux domaines, est étroitement associé à la mise en place de la minéralisation aurifère du gîte de Douay Ouest. Ce complexe fournit un âge de 2676 \pm 6/-5 Ma (Davis *et al.* 2000) qui est similaire aux âges obtenus sur les plutons alcalins associés aux zones de déformations de Destor–Porcupine et de Cadillac–Lac Larder dans la partie méridionale de la ceinture de l'Abitibi. Le complexe est formé d'un faisceau de dykes décamétriques d'orientation est-ouest et d'une masse plus importante d'extension nord-sud. Il est principalement encaissé dans une séquence de basaltes et de gabbros traversée par quelques horizons d'argilites accompagnés de tufs à grains fins (Groupe de Cartwright). La bordure nord du complexe correspond à un assemblage de roches hétérogènes, comprenant des brèches volcaniques, des tufs cherteux et des sédiments fins (zone de transition du Groupe de Taïbi). Le complexe syénitique, peu différencié, présente cinq types de texture : aphyrique, porphyrique à phénocristaux de feldspath, porphyrique à phénocristaux de quartz et de feldspath, aplitique et pegmatitique.

Le gîte de Douay Ouest est composé de quelques lentilles aurifères orientées à 120° avec des pendages variant entre 50° et 80° vers le sud. Les lentilles ont des épaisseurs qui varient entre quelques centimètres et 20 mètres. Leurs largeurs varient entre 30 et 100 mètres alors que leurs axes longs qui plongent vers le sud-ouest à environ 50° varient entre 100 et 400 mètres. Les lentilles minéralisées se retrouvent dans un assemblage de roches hétérogènes déformées (sédiments fins, brèches, volcanites mafiques, gabbros et syénites) localisées entre 5 et 30 mètres au nord d'une zone de tuf et/ou faille graphitique qui les séparent des volcanites du Groupe de Cartwright. Les zones aurifères présentent une minéralisation de type remplacement. Elles sont associées à la présence d'une pyrite très fine, disséminée et en veinules. L'altération hydrothermale qui accompagne la minéralisation est typiquement marquée par le développement de carbonates de fer et d'albite et plus localement par la formation de feldspath potassique et d'hématite. Les épontes des zones les plus minéralisées montrent souvent des stockwerks de veinules de Qz-Cb-Py (zones de dilatation) sur plus d'une dizaine de mètres. Cette observation pourrait servir de guide d'exploration pour identifier de nouvelles zones minéralisées à Douay. Les observations effectuées jusqu'à maintenant suggèrent que l'altération hydrothermale et la précipitation des minéralisations aurifères sont synchrones à tardives aux couloirs de déformation.

Depuis 10 ans, deux scénarios pour l'exploitation de ce gîte avaient été étudiés, soit celui d'une rampe d'accès ou celui du fonçage d'un puits. Aujourd'hui, un scénario préliminaire d'une petite fosse à ciel ouvert nécessitant moins de coûts en capital est proposé pour le démarrage du projet. Il aurait l'avantage de payer les frais de développement d'une rampe de la surface à 90 mètres de profondeur tout en produisant 41 150 onces d'or à une teneur de 4.7 g/t (Calcul de réserve sur les ressources minérales indiquées, Géostat 2005). De plus, l'accès à la minéralisation permettrait d'augmenter notre niveau de

compréhension géologique des zones aurifères. Ce qui est non négligeable pour la poursuite du projet avec son opération souterraine. Cependant, d'autres travaux géotechniques seront nécessaires pour qualifier plus en détail la nature du mort terrain au-dessus de la fosse proposée.

Douay Ouest a fait l'objet de près de 92 sondages à ce jour. Ils sont distribués sur une distance de 500 mètres et recourent les lentilles minéralisées à une profondeur maximale de 450 mètres. La grande majorité des trous sont cependant situés à moins de 300 mètres de la surface. Plusieurs cibles d'exploration demeurent non sondées à proximité du gîte aurifère.

Extension des structures archéennes de l'Abitibi dans le parautochtone grenvillien : implications pour l'exploration.

Stéphane Faure, CONSOREM, Université du Québec à Montréal.

Une interprétation géophysique a été réalisée dans le Parautochtone archéen et l'Allochtone protérozoïque de la Sous-province de Grenville à l'est de la Sous-province d'Abitibi (Figure 1). L'étude comporte quatre principaux thèmes : 1) identification des lithologies/structures favorables à l'exploration minérale, 2) relation entre métamorphisme et signature géophysique, 3) étude des linéaments géophysiques et 4) guide d'exploration régionale pour les minéralisations volcanogènes et aurifères hypozonales.

Les minéralisations en or et métaux de base dans le Parautochtone sont rares. Elles sont principalement associées à des gneiss mafiques et des amphibolites. L'extension des unités favorables à partir de la signature géophysique de bandes mafiques connues a permis d'établir une nouvelle carte prospective pour l'exploration minérale. De nouveaux secteurs pour l'exploration des métaux de base sont mis en évidence sur cette carte, notamment entre Senneterre et Chibougamau et à l'ESE de Chibougamau (Figure 1). D'après les signatures géophysiques régionales, la plus forte densité de gneiss mafiques et d'amphibolites demeure la région située à l'est de Senneterre, dans le Terrain du Lac Témiscamingue et le Complexe de Serpent. La signature gravimétrique de ce domaine mafique montre que les lithologies favorables se poursuivent en profondeur sous l'Allochtone à plus de 100 km vers l'est. Par conséquent, la limite entre le Parautochtone et l'Allochtone représente une cible d'exploration de choix, notamment pour les minéralisations aurifères qu'on retrouve à la Mine Renco au Zimbabwe (20 t Au) ou le dépôt de Letaba dans le Sud Limpopo (10 t Au).

L'interprétation géophysique permet d'émettre des hypothèses sur le métamorphisme. Par le magnétisme, le Parautochtone amphibolitisé se distingue clairement de l'Allochtone granulitisé. Cependant, le faciès métamorphique des granulites cartographié dans le Parautochtone ne se distingue pas en géophysique parmi les roches amphibolitisées. Il est possible que le rétro-métamorphisme partiel des granulites au faciès des amphibolites explique l'absence de signature géophysique spécifique. Un chevauchement à faible pendage est interprété par géophysique à la limite entre le Parautochtone et l'Allochtone (Front des Granulites). La forte diminution du magnétisme dans les épontes de cette faille est interprétée comme une réhydratation des granulites par rétro-métamorphisme à la semelle d'une nappe allochtone (Figure 2).

La caractérisation de linéaments géophysiques syn- et post-tectoniques a permis de distinguer plusieurs familles de linéaments. Une série de linéaments E-O, interprétés comme des reliques de structures ductiles archéennes, est présente tout le long du Front de Grenville (Figure 3). Une structure E-O arquée de plus de 100 km de longueur a été identifiée dans le Terrain du lac Témiscamingue. Cette structure est interprétée comme étant le prolongement de la Faille Cadillac – Larder Lake dans le Parautochtone. Il s'agit d'un métallotecte important et d'une cible aurifère de première importance. D'autres linéaments orientés E-O à ENE sont mis en valeur par différents traitements géophysiques. Plusieurs de ces linéaments s'inscrivent, avec un certain décalage, dans le prolongement de corridors de déformation minéralisés de la Sous-province d'Abitibi. Ces linéaments représentent également de bonnes cibles d'exploration pour l'or hypozonal. Dans le Parautochtone et l'Allochtone, les linéaments NE et parallèles au Front de Grenville sont majoritairement interprétés comme des failles ductiles ou ductiles-cassantes grenvilliennes. Des indices minéralisés ou de sulfures disséminés y sont parfois spatialement associés. D'autres linéaments recoupant à fort angle les fronts de Grenville et des Granulites sont interprétés comme des failles cassantes et post-grenvilliennes.

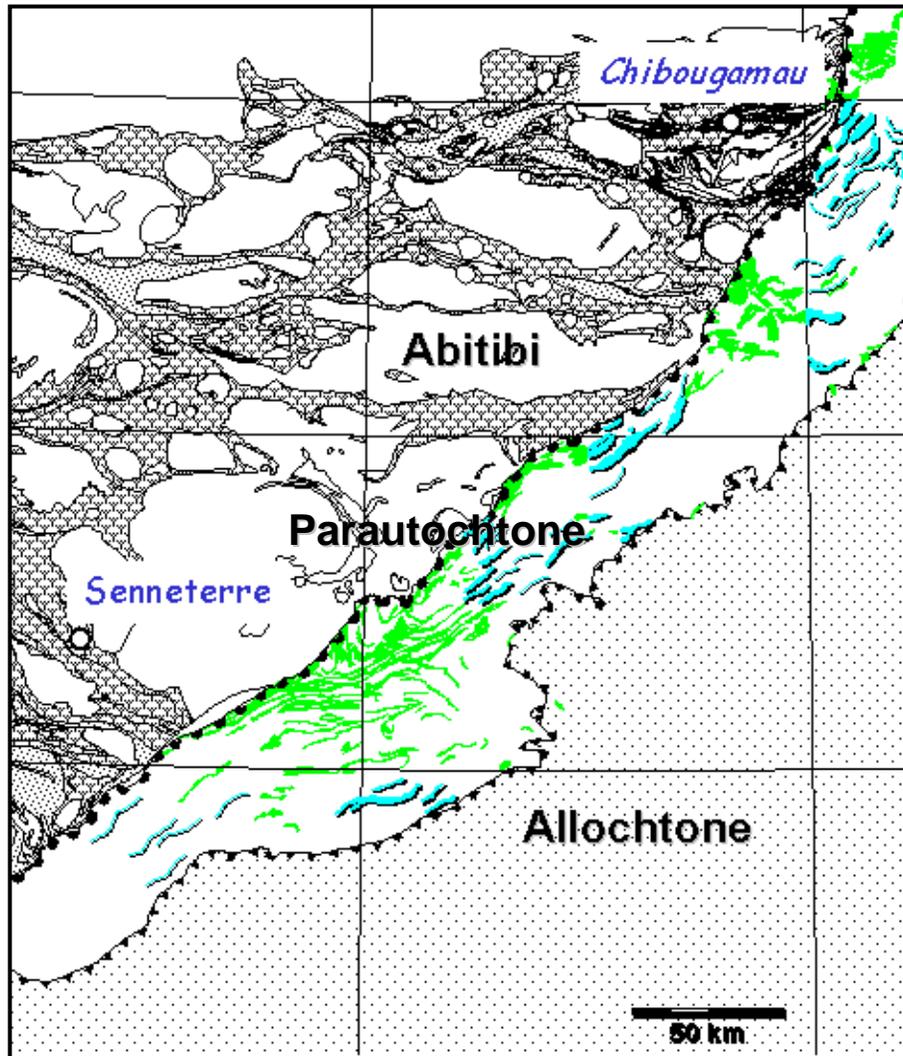


Figure 1. Carte synthèse montrant les gneiss mafiques et amphibolites dans le Parautochtone d'après la compilation de Goutier et Melançon (en préparation) et leur extension proposée par l'interprétation géophysique (en ombragé).

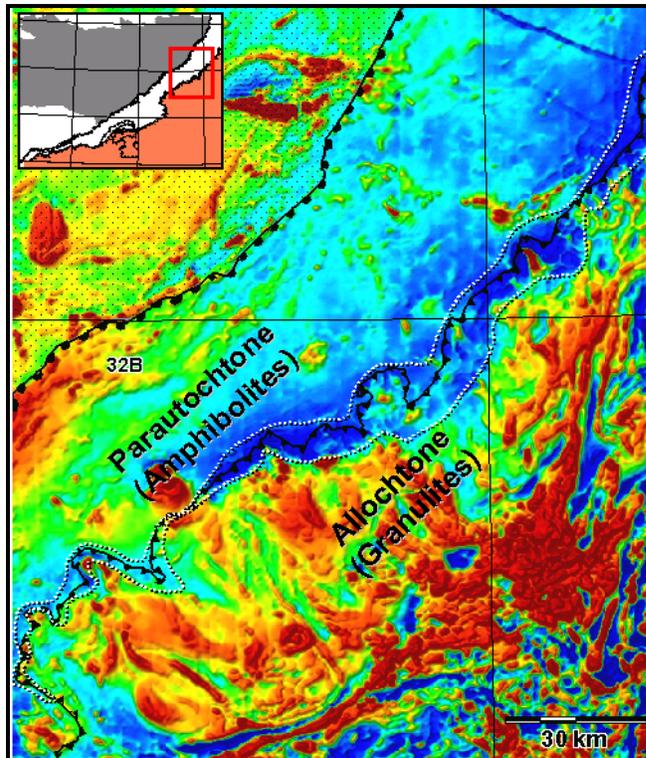


Figure 2. Front des granulites exprimé par une zone démagnétisée (pointillé blanc) de plusieurs kilomètres (filtre passe-bas à 1 km sur le champ magnétique total).

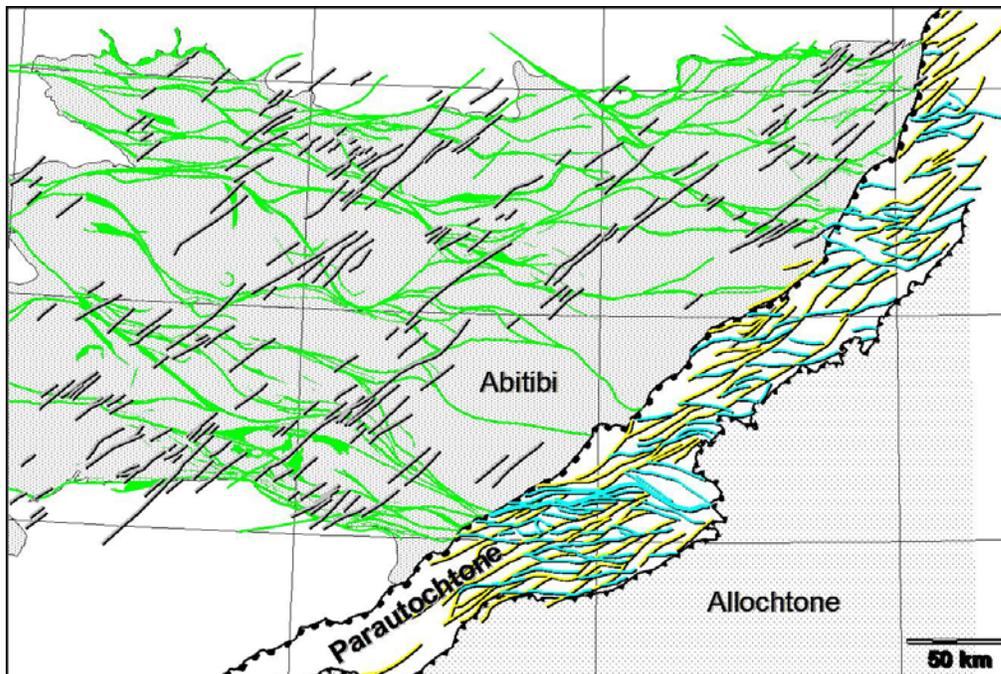


Figure 3. Compilation des linéaments géophysiques dans le Parautochtone et en Abitibi. Les linéaments E-O dans le Parautochtone sont interprétés comme des structures archéennes alors que ceux orientés NO-SE et parallèles aux fronts tectoniques sont attribués à l'épisode de déformation grenvillien. Noter le parallélisme avec les structures NO-SE de l'Abitibi.

InfiniTEM^{MD} : de la recherche à l'application.

Marc Boivin, SOQUEM INC.
Vincent Jourdain, SOQUEM INC.

Depuis l'arrivée de la méthode MEGATEM dans le ciel de l'Abitibi, SOQUEM INC. a initié une importante réflexion sur les méthodes électromagnétiques à grande profondeur d'investigation. Les propriétés minières de métaux de base de SOQUEM INC. dans les secteurs de Matagami et de Selbaie du District Abitibi offraient un défi de taille pour nos équipes d'exploration puisque l'épaisse couverture de mort-terrain conducteur de cette région diminuait drastiquement l'efficacité des méthodes électromagnétique.

Avec la participation de la firme Abitibi Géophysique, SOQUEM INC. a testé et comparé plusieurs méthodes EM au sol dont la configuration « moving loop », « out-of-loop » et « in-loop ». Ces premiers tests avaient conclu à une meilleure performance de la configuration « in-loop ». En 2003, Abitibi Géophysique Inc. et SOQUEM INC. ont financé un projet de recherche destiné à caractériser la signature EM du dépôt de Caber en Abitibi avec la configuration « in-loop ». Ce programme de recherche a été supporté par Développement Économique Canada (DEC) et le CNRC. Le dépôt Caber, situé à plus de 125 mètres sous la surface, offrait un niveau de difficulté non négligeable à cause de sa nature zincifère peu conductrice et de sa couverture de mort-terrain conductrice.

Ces travaux nous ont amené à conclure que la traditionnelle configuration de type « out-of-loop » montrait de sérieuses lacunes et que la configuration « in-loop » pouvait être considérée comme supérieure dans des contextes de géophysique de reconnaissance à grande profondeur d'investigation.

C'est dans une volonté d'améliorer l'efficacité des levés EM à grande profondeur d'investigation que SOQUEM INC. et Abitibi Géophysique ont mis au point une nouvelle configuration à boucle fixe, connue maintenant sous le nom de INFINITEM^{MD}. Les résultats obtenus au-dessus du dépôt Caber à l'aide de cette nouvelle configuration sont particulièrement révélateurs quant à la sensibilité de la configuration. Des tests de la nouvelle configuration au-dessus du gîte de Caber Nord, situé à plus de 350 mètres sous la surface, ont confirmé la puissance de la méthode INFINITEM.

Plus récemment, le développement de la version forage de la méthode INFINITEM a été complété par la firme Abitibi Géophysique avec des résultats exceptionnels.

Suite à une entente d'exclusivité de la méthode avec Abitibi Géophysique, SOQUEM INC. a modifié sa stratégie d'exploration axée sur les métaux de base de façon à profiter de ce développement.

La méthode INFINITEM a été utilisée pour explorer la majorité des propriétés de SOQUEM INC. du District Abitibi possédant des environnements géologiques favorables aux minéralisations de sulfures massifs volcanogènes (SMV). La méthode INFINITEM a été particulièrement appliquée sur deux des propriétés, détenues en tout ou en partie par SOQUEM INC. dans le secteur Matagami, soient Du Dôme-Matagami (50% Ressources Metco Inc. – 50% SOQUEM INC.) et Samson (100% SOQUEM INC.). Ces propriétés couvrent le contact favorable entre les Groupes de Watson et de Wabasseé correspondant au niveau stratigraphique de la Tuffite Clef qui est hôte de la plupart des gisements de SMV du camp minier de Matagami. L'utilisation de la méthode INFINITEM a permis de localiser de nouveaux conducteurs qui ont été testés par forages.

Sur la propriété Du Dôme-Matagami, des forages ont recoupé à ce jour six (6) intersections de tuffite représentant un environnement anomal et favorable à la formation des dépôts SMV. Certaines intersections de tuffite ont titrées jusqu'à 2,65% Zn, 0,13% Cu et 6,05 g/t Ag sur 3,3 mètres d'épaisseur tandis que d'autres intersections atteignent jusqu'à 7,9 m d'épaisseur vraie. Les caractéristiques de certaines intersections de tuffite sont typiques de la proximité d'événements de sortie des fluides hydrothermaux responsable de l'édification des dépôts de SMV. Sur la propriété Samson, un forage a recoupé une intersection de tuffite renfermant des sulfures massifs sur une épaisseur de 1,1 mètre. Sur

ces deux propriétés, il s'agit de la première fois où l'on confirme la présence de l'horizon de tuffite situé au niveau stratigraphique favorable correspondant à celui des gisements du camp minier de Matagami.

Voici un exemple où un projet de recherche appliquée en matière de technique d'exploration a permis à SOQUEM INC. de développer une nouvelle stratégie d'exploration innovatrice et efficace. L'arrivée de la méthode InfiniTEM a fourni un outil permettant de faire ressortir le potentiel des propriétés de métaux de base de SOQUEM INC. De plus, l'acquisition de nouvelles propriétés a été directement influencée par ce nouvel outil. L'utilisation optimale de cette méthode se fait sur des propriétés à haut potentiel géologique présentant peu ou pas d'anomalie électromagnétique.

Gisements aurifères dans les terrains de haut grade métamorphique

Sylvain Trépanier, CONSOREM

La très grande majorité des gisements aurifères du Québec se trouvent dans les terrains peu métamorphisés (faciès schiste vert) de l'Abitibi. Les terrains métamorphisés aux faciès amphibolite ou granulite, qui couvrent pourtant la majorité du territoire québécois, contiennent très peu de gisements. En effet, on peut considérer dans cette catégorie la presque totalité du Grenville, toute la moitié nord du Supérieur et tous les terrains protérozoïques à l'est de la Fosse du Labrador. Quel est le potentiel de ces terrains pour des minéralisations aurifères? Pour arriver à cette fin, il faut d'abord caractériser les différents types de minéralisations aurifères qui peuvent se retrouver dans ces roches, à partir d'exemples connus dans le reste du monde.

D'abord, il est important de définir ce qu'on entend par « gisement aurifère dans un terrain de haut grade métamorphique ». La première condition est qu'il doit s'agir d'un gisement dans lequel l'or est la principale substance récupérée; on exclut les gisements où des quantités importantes de métaux de base sont récupérées. Le deuxième critère qui a été retenu est que les roches hôtes de la minéralisation doivent être métamorphisées lors du métamorphisme régional au faciès amphibolite moyen ou plus (environ 550°C et plus). Il est important de comprendre également qu'il ne s'agit pas ici d'une définition basée sur des critères génétiques; on peut inclure ici des gisements formés de différentes façons, en autant que les roches hôtes soient très métamorphisées.

Différents districts et gisements correspondant à ces critères ont été compilés. Une trentaine de gisements ont été examinés en détail et catalogués dans une base de données MS-Access. On peut constater d'abord que presque tous les cratons archéens d'importance comportent un ou plusieurs districts aurifères dans des roches de haut grade (Figure 1), dans différents contextes. D'autre part, la distribution des tonnages et teneurs de ces gisements (Figure 2) est tout à fait semblable aux autres gisements aurifères; il existe quelques géants (ex. : Kolar, 800 t Au; Hemlo, 650 t Au), mais la plupart des gisements sont de taille moyenne ou faible. Cette dernière observation tend à réfuter le mythe selon lequel les gisements aurifères dans les roches de haut grade ont une distribution de tonnage qui est différente des autres gisements aurifères, ainsi que le mythe selon lequel ces gisements ne sont que de petits gisements.

On peut distinguer trois principaux types de gisements dans les roches de haut grade :

- des gisements d'or orogénique dans lesquels la minéralisation se met en place dans des conditions métamorphiques correspondant au faciès schiste vert (donc rétrogrades sur l'encaissant de haut grade) – Mésozonaux (Figure 3);
- des gisements d'or orogénique dans lesquels la minéralisation se met en place dans des conditions métamorphiques élevées – Hypozonaux (Figure 3);
- certains gisements dont l'origine reste encore fortement débattue ou mal comprise.

Or orogénique mésozonal (rétrograde)

Les gisements d'or orogénique mésozonaux sont clairement rétrogrades par rapport à leurs roches hôtes très métamorphisées. Il s'agit de gisements caractérisés par des altérations compatibles avec le faciès schiste vert (séricite-ankérite-chlorite-albite), montrant un contrôle structural ductile-cassant à cassant. La nature des roches hôtes est très variée (orthogneiss, paragneiss, granites). Les minéraux métalliques associés à l'or sont principalement la pyrite, l'arsénopyrite et la chalcopryrite. Ils se forment typiquement durant les phases tardives des épisodes orogéniques, caractérisées par une tectonique d'extension et d'exhumation des roches profondes de l'orogène. En général, ils présentent des caractéristiques minéralogiques très similaires aux gisements orogéniques mésozonaux comme ceux trouvés en Abitibi. Les exemples les plus importants sont localisés en Chine, au Brésil, en Alaska et en France. Le gisement du Bourneix, dans le Massif Central français, est un bon exemple de ce type de gisement (Figure 4). Il

consiste en des veines de quartz dans une zone de faille cassante, qui recoupe des orthogneiss et des paragneiss plus anciens. La minéralisation est rétrograde et de relativement basse température-pression en comparaison au pic du métamorphisme des gneiss hôtes. La minéralisation se serait mise en place durant les phases d'extension et de soulèvement finales de l'orogène hercynienne, vers 305 Ma.

Or orogénique hypozonal (profond)

Les gisements d'or orogénique hypozonaux se forment dans des conditions métamorphiques élevées (amphibolite et plus), qui sont en équilibre avec les conditions métamorphiques de la roche hôte ou qui sont légèrement rétrogrades. Ils sont caractérisés par des minéraux d'altération de haute température (biotite, grenat, pyroxènes, feldspaths potassiques, grenats, etc.), par un assemblage de minéraux métalliques à pyrrhotite-arsénopyrite-loellingite-chalcopryrite, un contrôle structural ductile et des roches hôtes qui sont en majorité limitées aux lithologies riches en fer et/ou très compétentes (amphibolites, BIF, roches ultramafiques, diorites). Il faut noter en particulier la faible proportion de carbonates associés à la minéralisation (pas d'ankérite, parfois de la calcite) et l'altération qui est souvent difficile à distinguer des assemblages métamorphiques de la roche hôte. Ces gisements se forment durant ou légèrement après le pic du métamorphisme régional de haut grade de leurs roches hôtes. Les exemples les plus importants hors du Canada se retrouvent en Australie, en Inde, au Groënland, au Zimbabwe et en Afrique du Sud.

Trois contextes particuliers favorables à de tels gisements d'or sont retenus ici pour leurs implications potentielles pour l'exploration au Québec :

1) Les ceintures de roches vertes très métamorphisées de l'Archéen

Des gisements d'or orogénique hypozonal très importants se retrouvent dans des ceintures de roches vertes archéennes métamorphisées au faciès amphibolite moyen à supérieur. Les deux districts les plus importants sont ceux de Kolar, en Inde (800 t Au) et Southern Cross, en Australie (150 t Au). Dans les deux cas, il s'agit de ceintures de roches vertes relativement petites et métamorphisées au faciès amphibolite moyen à supérieur, qui sont entourées de terrains orthogneissiques très vastes. Les gisements sont concentrés principalement dans des amphibolites ou des formations de fer et sont localisés dans des zones de cisaillement ductile. L'exemple de Kolar est particulièrement intéressant, puisque la ceinture de roches vertes qui l'encaisse est de taille relativement modeste. Ceci permet de mettre sérieusement en doute le mythe qui veut que de très petites ceintures de roches vertes fortement métamorphisées, comme celles du Grand Nord du Québec, ne puissent contenir de minéralisations aurifères importantes (Figure 5).

2) Les arcs magmatiques continentaux du Protérozoïque inférieur

Comme l'écrasante majorité des gisements aurifères connus au Québec se trouvent dans des roches archéennes, on oublie très souvent que le Protérozoïque inférieur est également une période très importante pour l'or orogénique. Deux exemples de minéralisations aurifères dans des roches de haut grade du Protérozoïque inférieur sont présentés ici de par leurs implications très intéressantes pour l'exploration dans les roches du Protérozoïque inférieur du Québec.

Le gisement de Nalunaq, au Groënland, se trouve dans l'orogène ketilidien (Protérozoïque inférieur) du sud du Groënland (Figure 6). Il consiste en des veines de quartz accompagnées de diopside, amphibole calcique, plagioclase calcique, loellingite, arsénopyrite et pyrrhotite, qui recoupent une enclave d'amphibolite se trouvant dans des paragneiss migmatitiques. Il est en exploitation depuis le début de 2004 et les réserves prouvées sont estimées à environ 15 t Au à une teneur de 32 g/t Au, avec une ressource probable de près de 56 t Au. Le contexte tectonique de ce gisement est particulièrement intéressant; il se trouve dans la zone d'avant-arc fortement métamorphisée (probablement le prisme d'accrétion) d'un arc magmatique continental très important (batholithe de Julianehab - 1854-1795 Ma) (Figure 7). Ce contexte tectonique est tout à fait similaire à celui qui est proposé pour les gisements orogéniques (Figure 8), et qui s'applique à d'importants districts phanérozoïques de l'ouest du continent nord-américain situés dans de même contextes (ex. : Mother Lode en Californie).

Le Groënland a été séparé relativement récemment du Labrador (au Tertiaire). On peut comparer les zones tectoniques du sud du Groënland avec des contextes relativement semblables et du même âge dans les secteurs métamorphisés situés à l'est de la Fosse du Labrador au Labrador et au Québec (Figure 9). Dans le cas du Québec et du Labrador, on peut reconnaître deux arcs magmatiques continentaux successifs : l'arc de Burwell (1910-1890 Ma) et le Batholithe de De Pas (1850-1810 Ma) (Figure 10). Des zones de sédiments d'avant-arc très métamorphisés se retrouvent dans ces terrains; les métasédiments du groupe de Laporte, entre la fosse du Labrador et le batholithe de De Pas, et les paragneiss de Tasiuaq, dans les Torngats, sont les deux ensembles principaux. Le prospect VBE-2, qui consiste en une minéralisation disséminée dans une formation de fer incluse dans les gneiss de Tasiuaq du côté du Labrador (Figure 10), souligne également le potentiel aurifère de ces secteurs. Il s'agit d'une minéralisation à pyrrhotite-arsénopyrite-loellingite avec une altération à grenat-orthopyroxène, qui contient approximativement 1 t Au. Du côté québécois, plusieurs anomalies en arsenic dans les sédiments de lacs dans ces zones d'avant-arc très peu explorées restent inexplicables et mériteraient une investigation plus poussée étant donné le potentiel ainsi reconnu.

3) Les fronts de chevauchement majeurs superposant des roches très métamorphisées sur des roches peu (moins) métamorphisées

Les fronts orogéniques majeurs peuvent également constituer des métalotectes intéressants pour des minéralisations aurifères dans des roches de haut grade. Le Limpopo, qui chevauche la frontière entre le Zimbabwe et l'Afrique du Sud, en est un bon exemple. Le Limpopo est un bloc de granulites archéennes situé entre le craton du Kaapvaal, au sud, et le craton du Zimbabwe, au nord, tous deux métamorphisés au faciès schiste vert. Des minéralisations aurifères se trouvent à la limite nord du Limpopo près du craton du Zimbabwe, (gisement de Renco) et à la limite sud également. Le gisement de Renco (~20 t Au) est particulièrement intéressant; il s'agit d'une minéralisation aurifère située dans une zone de cisaillement recoupant un petit pluton d'enderbite flottant dans des gneiss charnockitiques. La minéralisation consiste en des amas et disséminations de sulfures aurifères à pyrrhotite-chalcopyrite accompagnées d'altération à grenat-biotite. La minéralisation s'est mise en place dans des conditions compatibles avec le faciès amphibolite moyen à supérieur (650°C) et est en réalité rétrograde sur les granulites.

Il est démontré que ces minéralisations se sont mises en place au faciès amphibolite, rétrogradant ainsi les granulites hôtes. La rétrogression des granulites et les minéralisations sont concentrées autour des contacts chevauchants entre le bloc de granulites et les ceintures de roches vertes adjacentes peu métamorphisées. Le modèle génétique proposé pour ces minéralisations suggère que les fluides métamorphiques minéralisateurs auraient été produits lors de la juxtaposition du bloc de granulites chaud (800°C) sur les ceintures de roches vertes plus froides (400°C) lors du chevauchement des granulites sur les deux cratons (Figure 11). C'est donc en quelque sorte le métamorphisme des ceintures de roches vertes adjacentes par le bloc de granulites chaudes qui aurait créé les fluides. Ces fluides seraient remontés par ce conduit majeur qu'est le front orogénique pour rétrograder au faciès amphibolite les granulites près du front et les minéraliser. Des intrusions granitiques contemporaines sont également concentrées près du front et marqueraient cet épisode métamorphique.

Des fronts orogéniques majeurs sont présents dans les terrains de haut grade du Québec. Un front orogénique intéressant qui pourrait constituer une cible d'exploration de ce type est la limite entre la zone allochtone et la zone paraautochtone dans le Grenville. En effet, la zone allochtone est constituée de roches métamorphisées au faciès granulite qui sont chevauchées sur les roches plus faiblement métamorphisées du paraautochtone (amphibolite). Quelques indications possibles de minéralisations, sous forme de zones rouillées, ont été repérées dans des travaux antérieurs.

Finalement, il existe quelques gisements qui présentent des caractéristiques très particulières et atypiques, ou qui sont encore mal compris. Le gisement de Challenger, qui est très inusité, est bien représentatif des surprises que peuvent renfermer les terrains de haut grade. Il s'agit d'une minéralisation aurifère à loellingite-arsénopyrite qui est concentrée dans les leucosomes de paragneiss fortement migmatisés. Tout indique qu'il s'agit d'une minéralisation aurifère précoce d'un type inconnu qui aurait été

fusionnée, transportée sous forme de magma et reconcentrée dans les flancs courts de plis pygmaitiques. Le gisement a été trouvé par des méthodes de géochimie des régolites.

Conclusion

Le potentiel aurifère des roches de haut grade métamorphique au Québec reste encore très peu connu. Cependant, la caractérisation des gisements de ce type à travers le monde nous suggère un potentiel aurifère intéressant, dans différents contextes tectoniques de la province. Ce projet a permis de suggérer plusieurs approches innovatrices basées sur l'étude de géologie de ces gisements et qui peuvent être utilisées pour l'exploration au Québec.

Bibliographie

- Barnicoat, A., Fare, R., Groves, D.I., McNaughton, N. 1991. Synmetamorphic lode-gold deposits in high-grade Archean settings. *Geology*, v.19: p.921-924.
- Bloem, E., Dalstra, H., Groves, D., Ridley, J. 1994. Metamorphic and structural setting of Archean amphibolite-hosted deposits near Southern Cross, Southern Cross Province, Yilgarn Block, Western Australia. *Ore Geology Reviews*, vol 9: 183-208.
- Bouchot, V. Gros, Y. Bonnemaïson, M. 1989. Structural Controls on the Auriferous Shear Zones of the Saint Yrieix District, Massif Central, France : Evidence from the Le Bourneix and Laurières Gold Deposits. *Economic Geology* vol 84: 1315-1327.
- Garde, A.A., Hamilton, M.A., Chadwick, B., Grocott, J., McCaffrey, K.J.W. 2002. The Ketilidian orogen of South Greenland: geochronology, tectonics, magmatism, and fore-arc accretion during Palaeoproterozoic oblique convergence. *Can. J. Earth Sci.*, 39: 765–793.
- Goldfarb, R.J., Phillips, G.N. and Nokleberg, W.J. 1998. Tectonic setting of synorogenic gold deposits of the Pacific Rim. *Ore Geology Reviews*, 13: 185–218.
- Groves, D.I. 1993. The crustal continuum model for late-Archean lode-gold deposits of the Yilgarn block, Western Australia. *Mineralium Deposita*, 28: 366-374.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Robert, F., Hart, C.J.R. 2003. Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance. *Economic Geology*, vol.98: 1-29.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G. & Robert, F. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews*, Volume 13, Issues 1-5, Pages 7-27.
- Kaltoft, K., Schlatter, D.M., Kludt, L. 2000. Geology and genesis of Nalunaq Paleoproterozoic shear zone-hosted gold deposit, South Greenland. *Transactions of the Institute for Mining and Metallurgy: section B: Applied Earth Sciences*. Volume 109.
- Kisters, A.F.M., Kolb, J., Meyer, F. Michael. 1998. Gold Mineralization in High-Grade Metamorphic Shear Zones of the Renco Mine, Southern Zimbabwe. *Economic Geology* vol. 93: 587-601.
- Marignac, C., Cuney, M. 1999. Ore deposits of the French Massif Central : insight into the metallogenesis of the Variscan collision belt. *Mineralium Deposita* 34 : 472-504.
- Siddaiah, N., Rajami, V. 1989. The Geological Setting, Mineralogy, Geochemistry and Genesis of Gold Deposits of the Archean Kolar Schist Belt, India. *Economic Geology* vol. 84: 2155-2172.

Skanes, M., Kerr, A., Sylvester, P.J. 2004. The VBE-2 gold prospect, Northern Labrador : geology, petrology, and mineral geochemistry. Current Research (2004) Newfoundland Department of Mines and Energy.

Tomkins, A., Mavrogenes, J. 2002. Mobilization of Gold as a Polymetallic Melt during Pelite Anatexis at the Challenger Deposit, South Australia: A Metamorphosed Archean Gold Deposit. Economic Geology, v. 97: 1249-1271.

Wardle, R.J., James, D.T., Scott, D.J and Hall, J. 2002. The southeastern Churchill Province: synthesis of a Paleoproterozoic transpressional orogen¹. Can. J. Earth Sci., 39: 639–663.

Figure

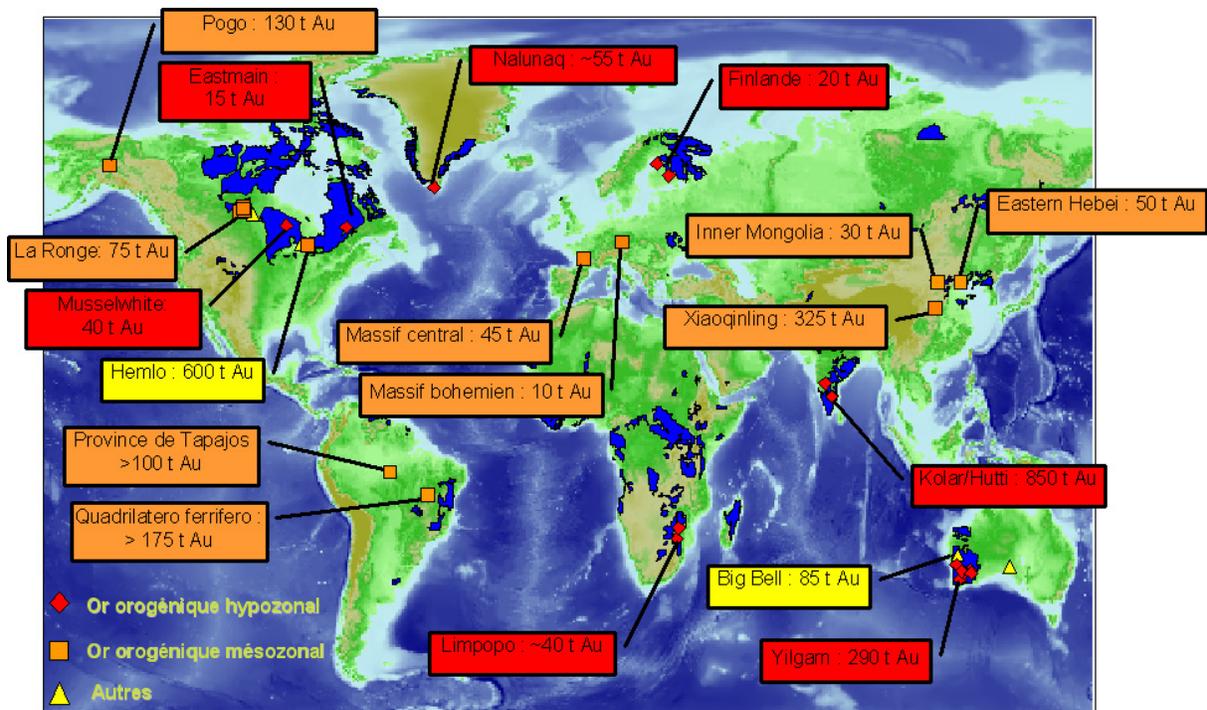


Figure 1. Localisation des principaux districts selon le type de gisement.

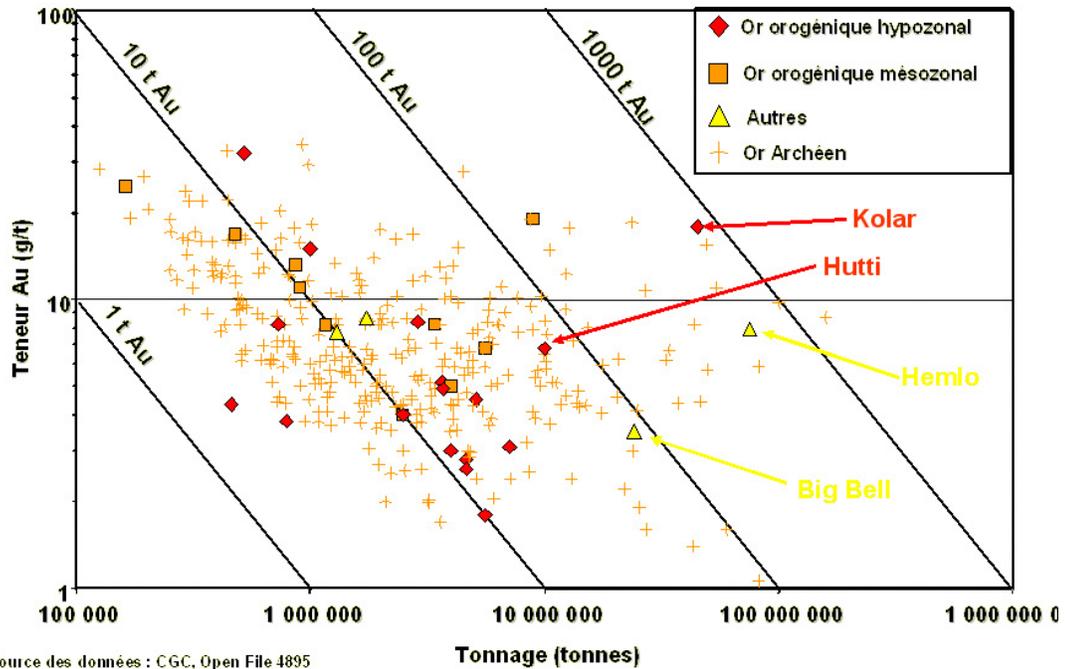


Figure 2. Tonnages et teneurs des gisements selon la catégorie. Source des données : CGC, Open File 4895 et compilation du Consorem.

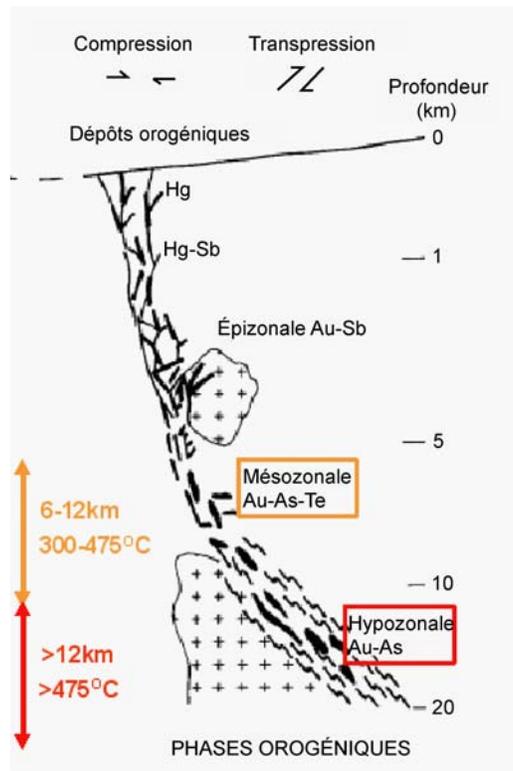


Figure 3. Environnement crustal de formation des gisements d'or épigénétiques. Figure modifiée de Groves et al. (1998).

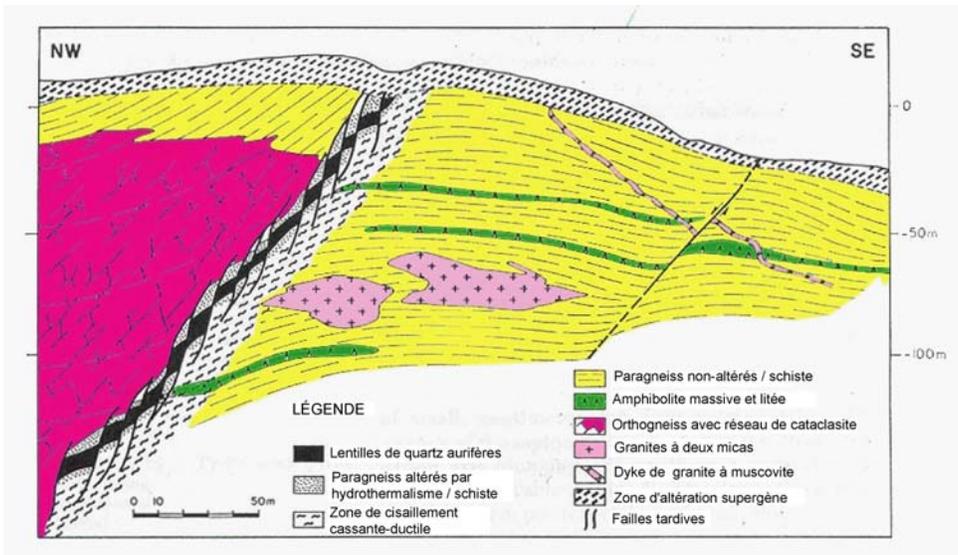
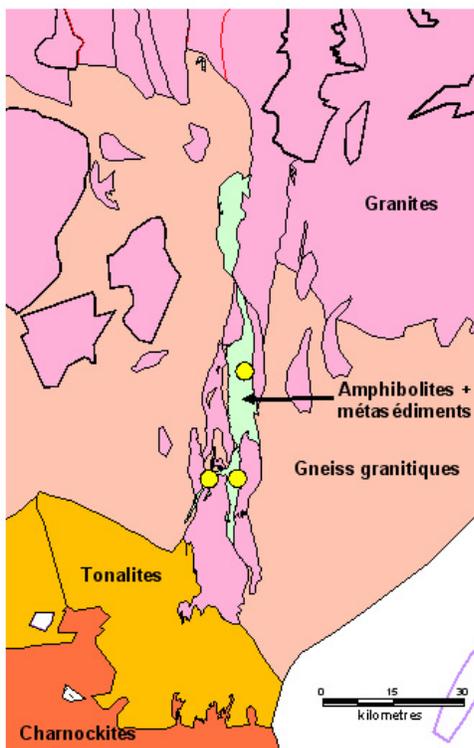


Figure 4. Coupe transversale du gisement Le Bourneix, Limousin, France. Figure modifiée de Bouchot et al. (1989).

Ceinture de Kolar, Inde. 800 t Au



Ceinture de Qalluivartuuq, Québec. 0 t Au?

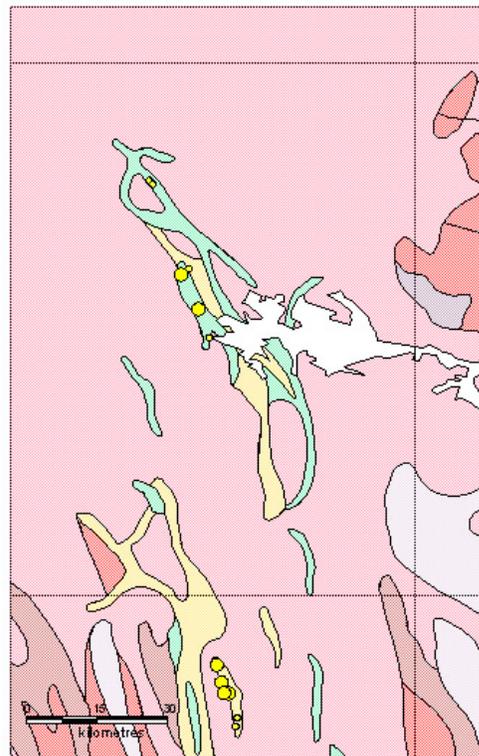


Figure 5. Comparaison entre la taille de la ceinture de Kolar et de l'une des ceintures du Grand-Nord du Québec. Les deux figures sont présentées à la même échelle.

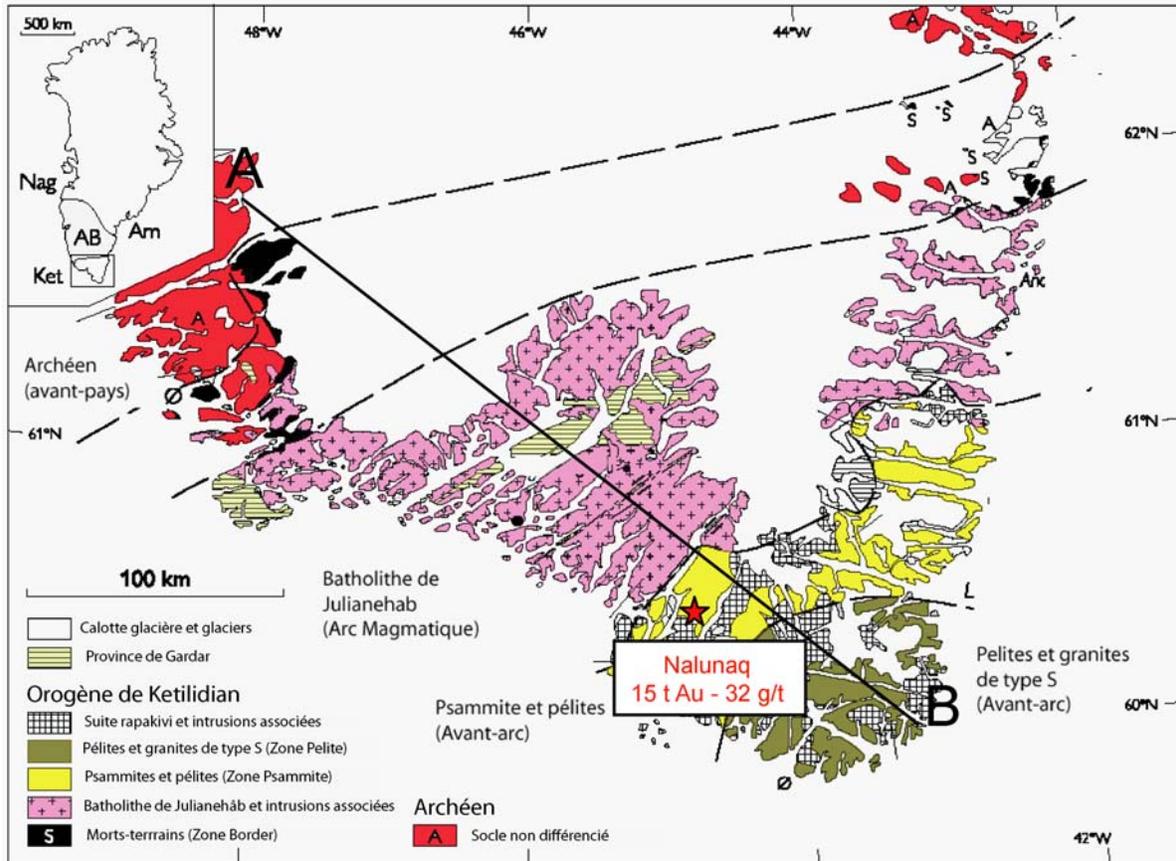


Figure 6. Géologie simplifiée de l'orogène ketilidien du sud du Groënland. La position du gisement de Nalunaq est spécifiée par l'étoile rouge. Figure modifiée de Garde et al. (2002).

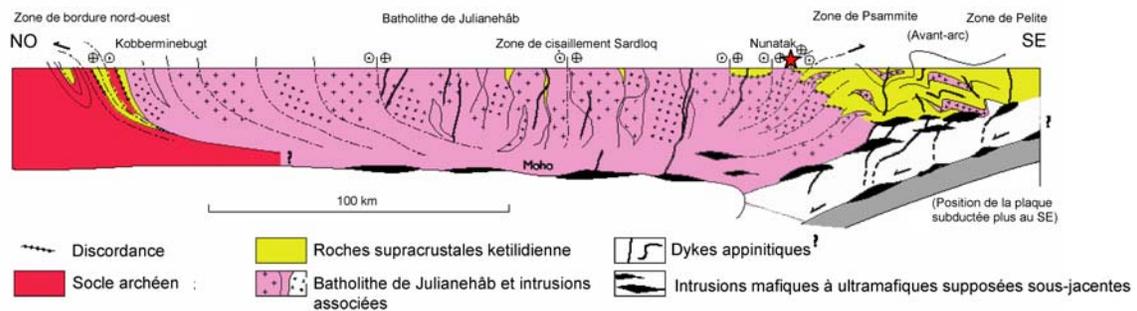


Figure 7. Coupe à travers l'orogène ketilidien. Figure modifiée de Garde et al. (2002).

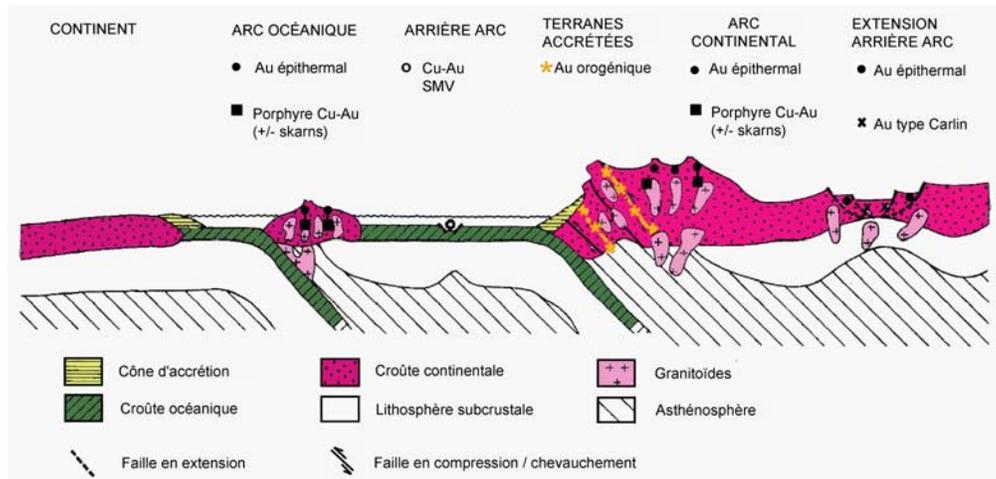


Figure 8. Contexte tectonique des gisements d'or épigénétiques. Figure modifiée de Groves et al. (1998).

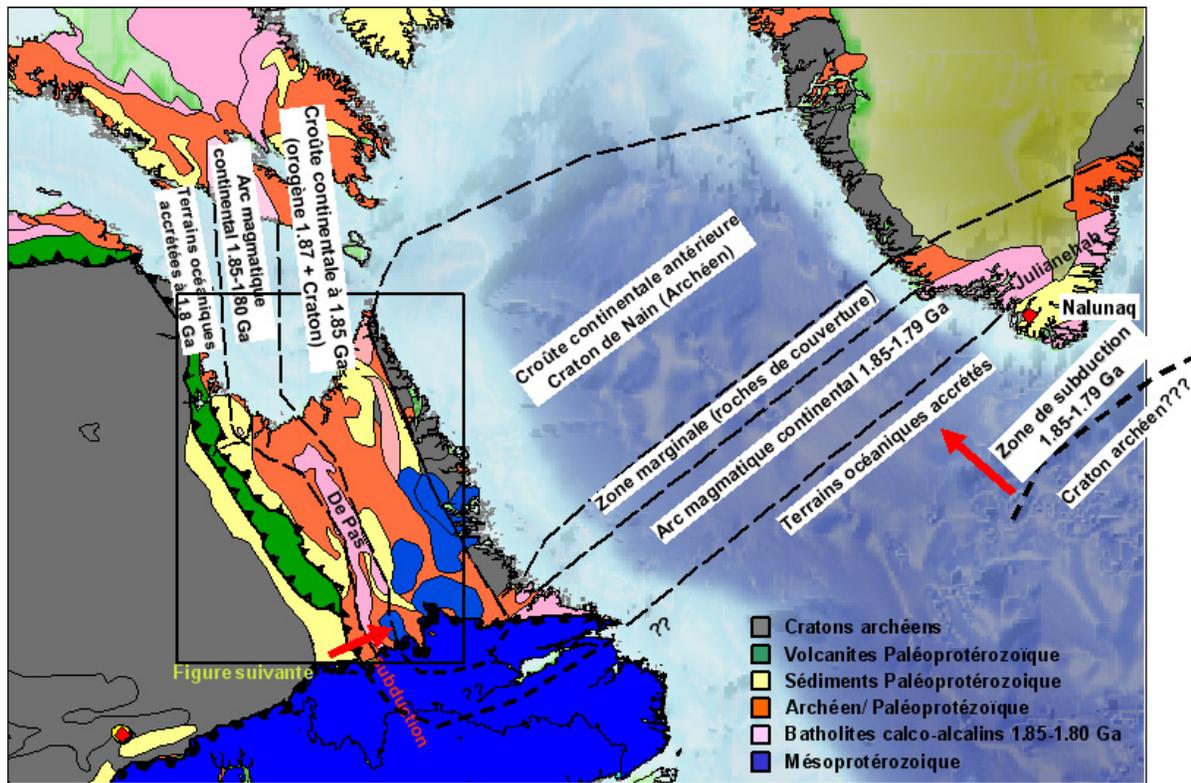


Figure 9. Corrélations entre l'orogène ketilidienne et la Province de Churchill au Québec. Figure inspirée de Garde et al. (2002) et Wardle et al. (2002).

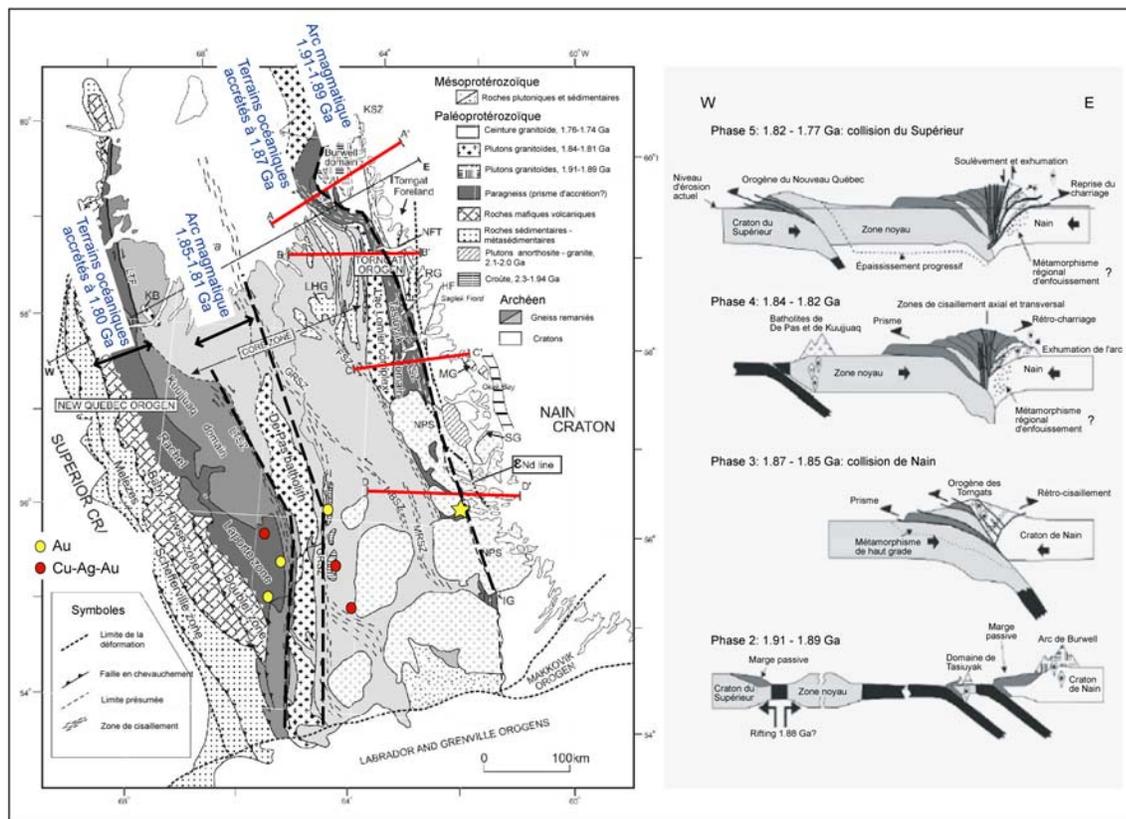


Figure 10. Géologie régionale de la Province de Churchill au Québec. Figure de Wardle et al., (2002). L'étoile représente le gîte d'or hypozonal VBE-2, tel que situé par Skanes et al. (2004).

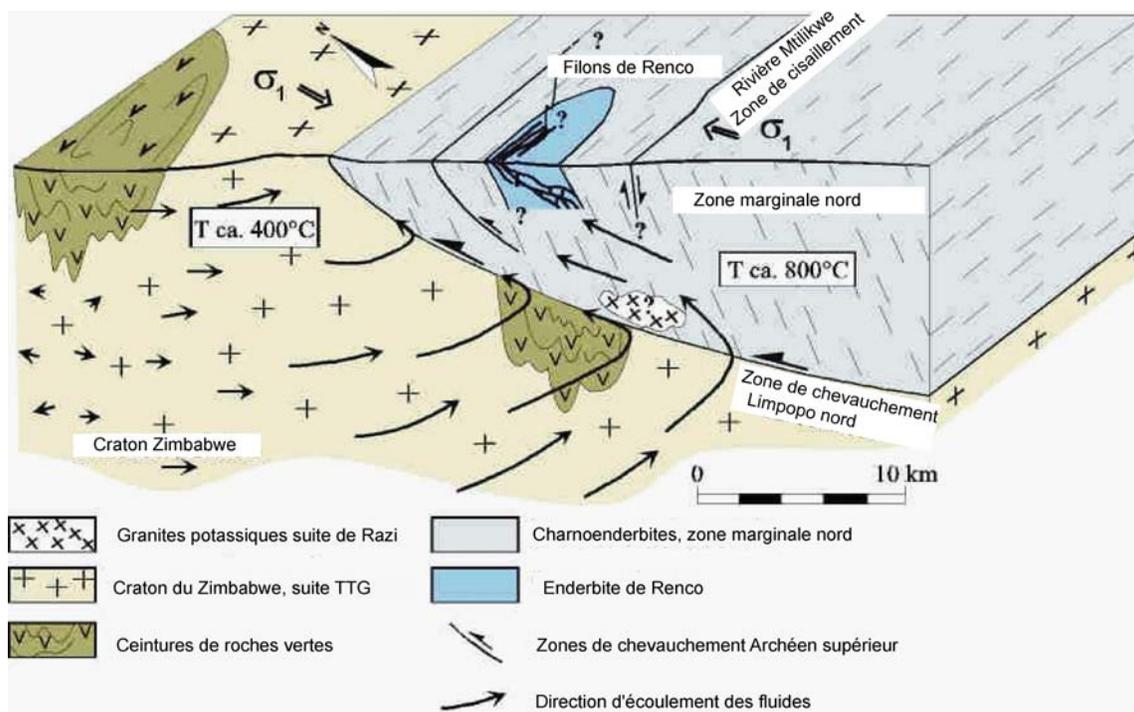


Figure 11. Modèle de mise en place proposé pour le gisement de Renco, zone marginale nord du Limpopo, sud de l'Afrique. Figure tirée du site internet : <http://www.iml.rwth-aachen.de/projekte/enrenco.htm>.

Récents succès d'exploration dans le Camp minier de Noranda

Mario Masson (Géologue Sénior); Falconbridge Ltée

Le camp minier de Noranda est reconnu mondialement pour son excellent potentiel pour contenir des dépôts de haute qualité de métaux précieux et de métaux de base. La proximité des infrastructures existantes facilite leur mise en production. La mine Horne représente un excellent exemple de gisement de classe mondiale ayant produit 54.0 MT à une teneur de 2.2% Cu et 6.2 g/t Au. Le gisement Ansil, de taille plus modeste, contenait environ 1.5 MT avec une teneur exceptionnelle à 7.2% Cu.

En juin 2004, Falconbridge Limitée a signé une entente de co-participation avec la compagnie junior Corporation Minière Alexis afin d'effectuer des travaux d'exploration d'envergure dans le camp de Noranda. La Corporation Minière Alexis finance les travaux d'exploration au rythme de cinq millions de dollars par année sur une période de trois ans, soit de juin 2004 à juin 2007, afin d'acquérir une participation de 50% dans les intérêts de Falconbridge Ltée.

La stratégie d'exploration adoptée lors de la relance de l'exploration dans le camp minier de Noranda en août 2002, consistait en l'application des nouvelles technologies afin de découvrir de nouveaux gisements de métaux de base. Ces technologies comprennent entre autres le levé électromagnétique aéroporté MEGATEM, la modélisation 3D avec Gocad ainsi que le levé combiné MT-PP appelé Titan-24.

Du levé MEGATEM à la découverte du Lac Montbray

En 2002, un important levé MEGATEM d'une superficie de 1960 km² a couvert le groupe de Blake River. Plusieurs nouvelles anomalies ont été détectées et expliquées par la présence de sulfures en veinules et par la présence de sulfures semi-massifs à massifs. En novembre 2004, Falconbridge-Alexis ont fait une nouvelle découverte de sulfures massifs dans le canton Montbray. Le sondage MON-04-09 a rapporté une teneur de 5.61% Cu, 1.70% Zn sur 5.16m. Les forages suivants n'ont pas rapporté de minéralisation significative, cependant, ce nouvel horizon favorable à faible pendage a été reconnu jusqu'à une profondeur verticale d'environ 400 mètres et demeure inexploré au-delà de cette profondeur. Ce succès démontre clairement que l'utilisation de cette nouvelle technologie peut apporter de nouvelles découvertes même dans les camps miniers dits matures.

Du modèle 3D (Gocad) à la découverte de West Ansil

Le modèle 3D-Gocad du camp minier de Noranda a été complété au printemps 2004 et a généré plusieurs nouvelles cibles d'exploration qui sont toujours en cours de vérification. En mars 2005, une nouvelle zone de sulfures massifs titrant 1.07% Cu sur 18.75m suivie d'une zone de veinules titrant 1.80% Cu et 0.70% Zn sur 7.40m ont été intersectées dans le sondage AN-05-03 dans la formation de Rusty Ridge. Cette nouvelle découverte est située à environ 1.8 kilomètres au sud-ouest de l'ancienne mine Ansil. Par la suite, plusieurs autres intersections significatives ont été effectuées sur West Ansil, par exemple 3.35% Cu, 1.30% Zn, 1.86 g/t Au et 12.3 g/t Ag sur 45.70m dans le sondage WAN-05-04 ainsi que 14.34 % Cu sur 6.30m dans le sondage WAN-05-10. À ce jour, trois lentilles minéralisées ont été découvertes à l'intérieur de la séquence basaltique-andésitique de la formation de Rusty Ridge, entre les horizons contenant la mine Ansil (Horizon Lewis) et la brèche de Beecham à une profondeur verticale située entre 175m et 550m. Cette nouvelle découverte découle directement de la vérification par sondage d'une cible générée avec l'aide de Gocad.

Jusqu'à maintenant, plus de 20 sondages totalisant au-delà de 14 000m de forage ont été complétés dans ce secteur de West-Ansil. Une évaluation du potentiel économique du dépôt est présentement en cours afin de guider les prochains travaux.

Du levé Titan-24 à une prochaine découverte!

Au cours de l'été 2004, un important levé Titan-24 a été exécuté dans l'extension nord-ouest du camp central. Ce levé a couvert environ 135 kilomètres linéaires avec des lignes espacées aux 400m. Plusieurs anomalies AMT et PP ont été détectées dans des secteurs peu ou pas explorés dans le passé, et ce, à diverses profondeurs. L'application de la MT-AMT demeure un défi énorme dans un environnement géologique complexe comme celui du camp minier de Noranda. Les outils d'interprétation et de modélisation sont essentiellement efficaces dans les cas 2-D et doivent être adaptés pour la recherche directe des cibles VMS. Jusqu'à maintenant quelques anomalies MT profondes ont pu être expliquées par la présence de sulfures, confirmant ainsi la capacité de cette méthode à détecter des zones conductrices sous le seuil de détection des méthodes conventionnelles.

Le Groupe de Blake River : revisité

Vital Pearson, CONSOREM

Introduction

Un nouveau modèle génétique pour le Groupe de Blake River (GBR) de la Sous-province archéenne de l'Abitibi est ici présenté. Ce modèle repose sur de nombreux travaux antérieurs, mais s'appuie surtout sur des relevés de terrain effectués par l'auteur au cours des années 1980 à 2000. Ces travaux de cartographie ont été effectués dans les portions québécoises et ontariennes du GBR. Le modèle présenté pourrait modifier plusieurs paradigmes et concepts de l'exploration minière.

Contexte géologique

Le GBR est constitué d'un assemblage de roches volcaniques mafiques et felsiques datées entre 2696 et 2701 Ma (Lafrance et al., 2005 et références incluses). Il repose en concordance sur les laves tholéitiques du Groupe de Kinojévis (Dimroth et al., 1974, 1982; Jensen, 1981; Jensen et Langford, 1985), lequel est équivalent au sous-groupe de Garrison de Goodwin (1977, 1979). Cet auteur subdivise le GBR en deux sous-groupes soient les sous-groupes de Misema et de Noranda lesquels sont respectivement à caractères calco-alcalin et mixte (calco-alcalin à tholéitique).

Le sous-groupe¹ de Misema affleure essentiellement dans la portion ontarienne du GBR. En considérant les divisions chimico-stratigraphiques de Gélinas et al., (1984), la portion québécoise du Misema correspond vraisemblablement à l'unité calco-alcaline de Renault en y incluant les roches d'affinité calco-alcaline non-divisées du secteur des lacs Labyrinthe et Dassérat. Par extension, il serait possible d'inclure les roches calco-alcalines de Cléricky, lesquelles n'ont pas fait l'objet d'échantillonnage par Goodwin.

Le sous-groupe de Noranda, pour sa part, affleure uniquement au Québec et comprend l'ensemble de la séquence stratigraphique bimodale, dont les cinq cycles felsiques de De Rosen-Spence (1976). Une version plus formelle de la stratigraphie a par la suite été proposée par Gibson (1989) en y reprenant la nomenclature de Dimroth et al., (1982), c.-à-d. des formations pré-, syn- et post-caldeira. Gibson y propose une séquence d'effondrement d'un dôme central subséquent recouvert par les effusions dites du « Camp central ». Les limites de la caldeira de Noranda sont définies par la faille Hunter au Nord et la faille Horne au sud. Le pluton de Flavrian délimite sa partie ouest et la faille de D'Alembert, sa limite est.

La caldeira de Noranda représente donc une phase d'effondrement bien établie qui a joué un rôle primordial pour le contrôle des minéralisations en sulfures massifs volcanogènes (SMV). Cependant, la question peut être posée quant à l'origine du substratum sur lequel elle s'est développée, soit tout le reste du Blake River.

Aperçu du modèle

L'idée générale consiste à définir le GBR comme étant le résultat de la construction d'un complexe volcano-plutonique différencié et de grande taille, soit un mégavolcan ayant subi au moins trois phases d'effondrement. Ce mégavolcan serait constitué d'un ensemble imbriqué de caldeiras d'âge et de taille variés. La caldeira de Misema représente un élément nouveau et constitue la première phase d'effondrement. Son envergure proposée, de plus de 100 x 50 km, correspond presque aux limites actuelles de GBR ce qui en fait une structure comparable aux grandes caldeiras comme Taupo en Nouvelle-Zélande (Wilson et al., 1994) et Yellowstone aux États-Unis (Finn et Morgan, 2002). La déformation tardive est interprétée comme ayant modifiée en partie la géométrie des roches, mais sans faire perdre les grands éléments de l'architecture originale. L'organisation radiale et concentrique préservée des dykes mafiques au sein de tout le GBR, la localisation prépondérante des dépôts

¹ Même si la proposition retenue par le North-American Commission on Stratigraphic Nomenclature ne recommande pas l'utilisation du terme « sous-groupe », la ligne de pensée de Pélouquin (1999) est utilisée dans ce texte afin de respecter la nomenclature historiquement établie pour le GBR.

pyroclastiques ainsi que des zones de carbonatation en périphérie sont les éléments permettant d'interpréter la présence de grandes failles annulaires associées à l'effondrement et qui aurait servi de conduits tant à des montées de magma mafique qu'à des éruptions pyroclastiques puis à la circulation de fluides hydrothermaux.

La deuxième phase d'effondrement correspond également à un élément nouveau désigné comme la caldeira de New Senator Rouyn. Cette caldeira est de taille plus modeste mais la portion connue pourrait ne représenter qu'une partie d'une caldeira plus importante dont la zone d'effondrement suggérée aurait une orientation N-S à NW-SE.

La troisième phase d'effondrement correspond à la caldeira mieux connue de Noranda telle que proposée par De Rosen Spence (1976), Dimroth et al. (1982) et Gibson (1989). Cette caldeira est associée à un système d'effondrement E-NE auxquelles sont associées de nombreuses failles synvolcaniques contrôlant la minéralisation en SMV.

L'interprétation du Groupe de Blake River dans un système de caldeiras imbriquées a des implications sur l'exploration minérale. En effet, si le rôle métallogénique de la caldeira de Noranda est bien connu, l'importance des deux autres caldeiras reste à évaluer. Selon l'interprétation préliminaire, la mine Horne se trouve près de la faille bordière de la caldeira de New Senator Rouyn. Les gisements Magusi-Iso, Bouchard-Hébert ainsi que le prolifique camp de Bousquet pourrait être associés aux failles annulaires de la caldeira de Misema.

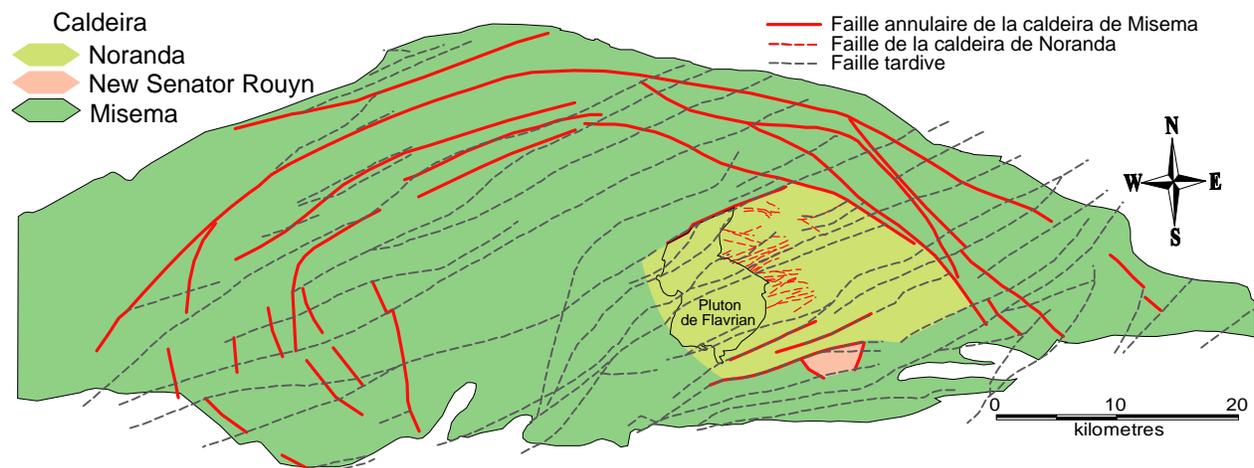


Figure 4 : Représentation des limites du Groupe de Blake River avec les limites de la mégacaldeira de Misema recoupée par les caldeiras de New Senator Rouyn (rose) et de Noranda (vert pâle).

Références

- De Rosen-Spence, A.F., 1976. Stratigraphy, development and petrogenesis of the central Noranda volcanic pile, Noranda, Quebec. Thèse de doctorat, University of Toronto, Toronto, Ontario, 116 p.
- Dimroth, E., Rocheleau, M., Boivin, M., Larouche, M. et Côté, R., 1974. Stratigraphic and tectonic work on the Rouyn-Noranda area, counties of Rouyn-Noranda, Abitibi-West and Timiskaming. Ministère des Richesses naturelles du Québec, Québec, DP-246, 43 p.
- Dimroth, E., Imreh, L., Rocheleau, M. et Goulet, N., 1982. Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part I: Stratigraphy and paleogeographic model. *Journal canadien des sciences de la Terre*, 19 : 1729-1758.
- Finn, C.A. and Morgan, L.A. 2002. High-resolution aeromagnetic mapping of volcanic terrain, Yellowstone National Park. *J. Volc. Geotherm. Res.*, vol. 115, pp. 207-231.
- Gélinas, L., Trudel, P. et Hubert, C., 1984. Chimico-stratigraphie et tectonique du Groupe du Blake River, Partie I: chimico-stratigraphie. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, MM 83-01, 22 p.
- Gibson, H.L., 1989. The Mine Sequence of the Central Noranda Volcanic Complex : Geology, Alteration Massive Sulphide Deposits and Volcanological Reconstruction. Thèse de doctorat, Carleton University, Ottawa, Ontario, 334 p.
- Goodwin, A.M., 1977. Archean Volcanism in Superior Province, Canadian Shield. *Dans Volcanic Regimes in Canada, édité par W.R.A. Baragar, L.C. Coleman et J.M. Hall. The Geological Association of Canada, Special Paper 16. pp. 205-241.*
- Goodwin, A.M., 1979. Archean volcanic studies in the Timmins – Kirkland Lake – Noranda region of Ontario and Quebec. Geological Survey of Canada – Commission géologique du Canada, Bulletin 278. 51 p.
- Jensen, L.S., 1981. A petrogenic model for the Archaean Abitibi Belt in the Kirkland Lake area, Ontario. Thèse de doctorat, University of Saskatchewan, Saskatchewan, 421 p.
- Jensen, L.S. et Langford, F.F., 1985. Geology and Petrogenesis of the Archean Abitibi Belt in the Kirkland Lake Area, Ontario; Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper 123, 130 p.
- Lafrance, B., Davis, D.W., Goutier, J., Moorhead, J., Pilote, P., Mercier-Langevin, P., Dubé, B., Galley, A.G. and Mueller, W.U., 2005. Nouvelles datations isotopiques dans la portion québécoise du Groupe de Blake River et des unités adjacentes. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, RP 2005-01. 15 p.
- Péloquin, A.S., 1999. Reappraisal of the Blake River Group Stratigraphy and its Place in the Archean Volcanic Record. Thèse de doctorat, Université de Montréal, Montréal, Québec, 189 p.
- Wilson, C.J.N., Houghton, B.F., McWilliams, M.O., Lanphere, M.A., Weaver, S.D. and Briggs, R.M. 1994. Volcanic and structural evolution of Taupo Volcanic Zone, New Zealand: a review. *J. Volc. Geotherm. Res.*, vol. 68, pp. 1-28.