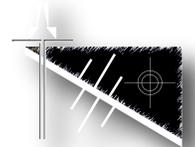


# 13<sup>e</sup> FORUM TECHNOLOGIQUE

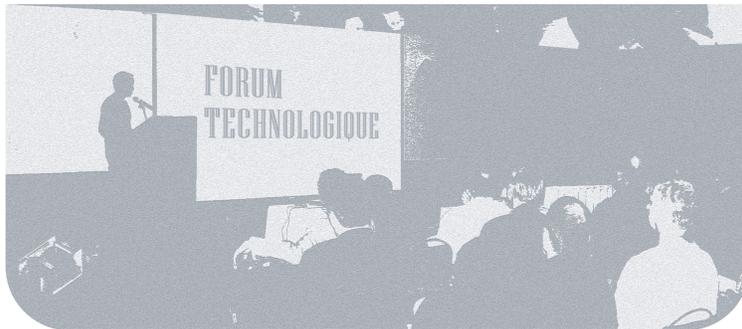
CONSOREM - DIVEX

2 juin 2015

ROUYN-NORANDA



## RECUEIL DES RÉSUMÉS





## Mot du coordonnateur CONSOREM

---

C'est avec plaisir que nous vous souhaitons la bienvenue à ce 13e Forum technologique organisé conjointement par CONSOREM et DIVEX. Ce Forum est devenu un instrument privilégié qui permet de diffuser à la communauté des travaux issus 1) de projets CONSOREM qui ne sont plus sous le couvert de la confidentialité, 2) de projets réalisés dans le cadre du réseau de recherche universitaire DIVEX et 3) de projets d'entreprises et d'organisations partenaires du CONSOREM.

Le Consortium de recherche en exploration minérale (CONSOREM) est une structure de recherche appliquée qui œuvre dans le domaine de l'exploration minérale sur tout le territoire du Québec. Il s'agit d'un partenariat de recherche précompétitive qui allie industrie, gouvernements et universités. De ce fait, il représente un lieu de synergie unique entre différents acteurs de l'exploration minérale faisant le pont entre les besoins industriels en R&D et la recherche universitaire. En plus de concevoir et de développer des technologies innovantes, le CONSOREM s'applique à transférer et implanter les résultats des projets de recherche vers l'industrie par la confection d'outils qui favorisent le succès de l'exploration minérale.

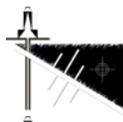
Après quinze années de fonctionnement, quelques 135 projets de recherche réalisés, 250 activités de transfert vers l'industrie, production de 169 outils pour l'exploration, génération de plus de 3355 cibles d'exploration, 32 étudiants impliqués et 61 boursiers, le CONSOREM présente une fiche de parcours à tout le moins significative.

Le réseau de recherche universitaire DIVEX réunit les chercheurs et les étudiants des universités québécoises oeuvrant dans le domaine de la métallogénie et des ressources minérales. Il a pour mission de soutenir et de dynamiser la R&D des universités québécoises dans le domaine de l'exploration minérale. Il regroupe une trentaine de chercheurs en sciences de la terre possédant l'objectif commun de soutenir les efforts de diversification de l'exploration minérale par la recherche scientifique.

La combinaison CONSOREM – DIVEX représente un maillon important pour soutenir l'innovation dans le domaine de l'exploration minérale au Québec et les différentes conférences présentées au cours de ce Forum en sont des exemples éloquentes.

*Réal Daigneault*

Coordonnateur du CONSOREM



## La nouvelle carte métamorphique de l'Abitibi: implications pour l'exploration aurifère

**Stéphane Faure (CONSOREM, UQAM)  
et Réal Daigneault (UQAC)**

Ce projet aborde les relations entre les minéralisations aurifères orogéniques et le métamorphisme de la ceinture archéenne de l'Abitibi. Une nouvelle carte métamorphique haute résolution est présentée pour la ceinture. Plusieurs auteurs ont démontré que les gisements aurifères syn à tardi métamorphiques (orogéniques), comme la majorité des minéralisations d'or non volcanogènes dans des veines et des cisaillements en Abitibi, se mettent en place dans le faciès schiste vert (SV) près de la limite des grades schiste vert supérieur (SVS) et amphibolite (AMP).

Suivant ce modèle de dévolatilisation de la croûte, il devient impératif de connaître à l'échelle de l'Abitibi la position des différents isogrades métamorphiques pour l'exploration aurifère. Or, la seule carte métamorphique est celle de Jolly (1978). Cette carte générale et incomplète pour certaines portions de l'Abitibi, ne distingue pas l'isograde critique du SVS. Trois types d'information ont été utilisés pour la réalisation de la nouvelle carte métamorphique de l'Abitibi: 1) les différents travaux publics sur le métamorphisme compilés à partir de cartes et de publications; 2) les minéraux et assemblages métamorphiques observés à l'affleurement ou en forage et décrits visuellement ou en lames minces dans des banques de données publiques ou privées; et 3) différentes approches géochimiques basées sur le contenu en volatiles de roches volcaniques.

La carte métamorphique a servi de guide d'exploration pour différents contextes. Il a été établi dans un premier temps que la très grande majorité des mines, gisements et gîtes d'or encaissés dans des veines et cisaillements, tout comme la majeure par-

tie de l'or produite ou en réserve, sont situés à moins de 2 km des couloirs de déformation. Cette enveloppe de fertilité autour des couloirs de déformation a ensuite été utilisée en relation spatiale avec la carte métamorphique. Les formations de fer sont généralement minéralisées en or si elles atteignent les faciès SVS-AMP à cause des réactions de sulfuration et des contrastes de compétence. Le croisement entre les surfaces au SVS-AMP, l'enveloppe de fertilité de 2 km, et les formations de fer de l'Abitibi, permet d'exclure 77% de la superficie occupée par les formations de fer et donc de mieux orienter l'exploration. L'autre approche a été d'identifier les segments de couloirs de déformation qui présentent des contrastes de métamorphisme de part et d'autres et qui bordent des bassins sédimentaires. Le contraste métamorphique et les bassins sédimentaires traduiraient la présence de mouvements verticaux importants (normal ou inverse) et la longévité de certaines structures, deux ingrédients reconnus comme favorables pour la genèse des gisements d'or orogénique. Les statistiques montrent que seulement 38 des 252 segments de failles en Abitibi présentent ces deux caractéristiques et qu'il y a 3,9 fois plus d'or par kilomètre carré dans ces zones que dans les autres segments de failles. Finalement, afin d'évaluer la théorie selon laquelle l'or précipiterait dans le faciès SV près de la limite des grades SVS-AMP, la quantité d'or par unité de surface et le tonnage absolu en or ont été calculés pour les faciès SVS et AMP, et pour des intervalles de distance de 1 km horizontalement à partir de l'isograde SVS. Le résultat obtenu démontre que la majorité de l'or se situe dans le SV et majoritairement dans les premiers 2 km de l'isograde SVS.



## Géologie et genèse des minéralisations aurifères de la région de Belleterre, Abitibi Témiscamingue, Québec

*Mahamed Koïta, Marc Richer-Lafleche et Lyal B. Harris (INRS-ETE)*

La région de Belleterre, située à environ 150 km au sud de Rouyn-Noranda, fait partie de la sous-province tectonique de Pontiac. Depuis le début des années 1930, la région de Belleterre est reconnue pour la présence de minéralisation aurifère filonienne. Certains filons furent exploités à l'ancienne mine Belleterre qui a produit plus de 960 000 onces d'or à partir d'un minerai dont la teneur moyenne était de 13,7 g/t.

Les minéralisations sont encaissées dans les roches volcano-sédimentaires du Groupe de Belleterre, au sud-est de la ceinture de Belleterre-Angliers. De nombreux dykes de lamprophyre calco-alcalin et d'intrusions felsiques (granodiorite et QFP) recourent les roches volcaniques et sont également observés sur la majorité des indices aurifères du secteur. Trois générations de lamprophyres sont observées dans la région : d'abord on a la mise en place des lamprophyres à chlorite (biotite rétrogradée), ensuite les lamprophyres à hornblende et enfin les lamprophyres à biotite. La plupart des lamprophyres sont plus jeunes que les veines aurifères, cependant certains lamprophyres et intrusions felsiques constituent parfois les roches hôtes de celles-ci d'où les interrogations sur le contrôle exercé par ces lithologies sur la minéralisation aurifère.

Les roches métavolcaniques de la région montrent des caractéristiques de déformation qui résultent de la superposition de trois générations de structures ayant affecté la stratification S0. La deuxième phase de déformation D2 est caractérisée par un clivage de crénulation discret et coplanaire avec le plan axial de l'anticlinal de Belleterre. Cette phase de déformation est contemporaine à la mise en place de certains granitoïdes (tonalite, granodiorite, monzonite et monzodiorite) de la région. C'est pendant cette

phase de déformation que se développent la plupart des zones de cisaillement qui réorientent à leur tour la schistosité S1. La troisième phase de déformation (D3) correspond à deux systèmes de failles conjuguées à rejet directionnel dextre et senestre. Elles coupent à angle (environ 80°) la schistosité S1.

On observe trois générations de veines aurifères dans la région : (1) les veines précoces qui sont antérieures à la première phase de déformation D1, (2) les veines tardi-D1, ce sont des veines à remplissage de faille; (3) les veines contemporaines à la deuxième phase de déformation D2, ce sont les veines de cisaillement (très étroites) et les veines contenues dans les intrusions felsiques. La mise en place des veines de quartz-carbonates à remplissage de faille est contrôlée par des failles développées le long de contacts de basaltes et de gabbros syn-volcaniques. La composition isotope du soufre, de l'oxygène, de l'hydrogène ainsi que la chimie des pyrites (LA-ICPMS) suggèrent une origine très différente en ce qui concerne les différentes générations de veines.

Les veines montrent une paragenèse multiphasée typiquement riche en sulfures (Py, Po, Sp, Ga, Cp...) avec du quartz, de l'ankérite, de la calcite, de l'électrum et de l'or. Les différentes relations texturales et minéralogiques définies par l'observation des roches hôtes des zones aurifères révèlent trois épisodes de minéralisation aurifère. Les relations de chronologie relative démontrent que le premier épisode consiste en la précipitation de l'or libre avec la pyrrhotite, la galène et le bismuth, le deuxième épisode aurifère correspond à des pyrites disséminées contenant de l'or sub-microscopique et le troisième épisode aurifère consiste en la remobilisation de l'or dans des fissures et contacts de minéraux pendant le pic du métamorphisme.



## Projet Mine Chimo : potentiel pour découvrir de nouvelles zones aurifères

*Philippe Cloutier (Ressources Cartier)*

Depuis l'acquisition du projet, Ressources Cartier a compilé, interprété et modélisé les données historiques de la mine d'or Chimo (40 km à l'est de Val-d'Or), qui est actuellement fermée. Ces travaux ont mené à la découverte de trois secteurs à fort potentiel, soit les secteurs Nord, Central et Sud.

Le Secteur Nord est constitué de six structures hôtes de zones non-exploitées ayant des concentrations de valeurs aurifères à connotation économique qui offrent un potentiel pour de nouvelles découvertes. Les nouvelles structures aurifères ainsi que les extensions des volumes de minéralisation aurifère non-exploités ont peu ou pas été testées par forage.

Le Secteur Central révèle : i) que la minéralisation se poursuit avec des concentrations de valeurs aurifères à connotation économique sous les deux zones principales de la mine, ii) que le sommet d'une troisième zone se développe au même endroit, et iii) que deux nouvelles zones aurifères situées près de la surface offrent un potentiel de découverte d'intérêt. Les résultats de forages rapportent respectivement des valeurs telles que 10,9 g/t Au sur 3,3 m, 8,1 g/t Au sur 6,8 m et 6,6 g/t Au sur 11,2 m situées sous les zones principales 5M et 5B.

Deux nouvelles zones (5N1 et extension Est de 5M) qui sont constituées de valeurs telles que 5,8 g/t Au sur 4,0 m et 3,3 g/t Au sur 11,1 m sont situées le long des structures majeures du gisement et offrent un potentiel de découverte près de la surface.

Le Secteur Sud révèle : i) deux nouvelles zones aurifères, ii) la présence de nombreuses zones minéralisées et iii) que plusieurs des caractéristiques du Secteur Central se retrouvent dans le Secteur Sud. Les résultats de forage rapportent, sous les zones non exploitées, des concentrations de valeurs aurifères à connotation économique telles que 15,5 g/t Au sur 3,3 m (Zone 6) et 11,2 g/t Au sur 3,5 m (Zone 6B).

Deux nouvelles zones aurifères, définies par quelques forages, présentent également des intersections telles que 6,0 g/t Au sur 13,0 m (Zone 6N1) et 7,5 g/t Au sur 5,2 m (Zone 6P2). La découverte de la Zone 6 a été réalisée en 1986. Cependant, le suivi d'exploration ainsi que l'exploitation n'ont été effectués qu'en 1995 soit, deux ans avant la fermeture de la mine. À ce jour, il y a eu peu de forage d'exploration réalisé dans ce secteur. Le potentiel de ce secteur de la propriété est indiqué par la présence de plusieurs des caractéristiques des zones aurifères du Secteur Central (quartz enfumé, or natif, graphite et orientation des réseaux de structures).

Ces résultats de compilation, d'interprétation et de modélisation des données historiques du projet ont permis de compléter la planification d'un programme de travaux. Ce programme comprend i) l'évaluation des zones minéralisées non-exploitées pour une douzaine de zones aurifères, ii) la délimitation des extensions de dix-huit zones aurifères en plus de iii) l'exploration d'une dizaine de cibles à bon potentiel de découverte de nouvelles zones aurifères.



## La mine d'or Westwood : minéralisations et altérations associées à une intrusion synvolcanique et de type SMV riche en or

David Yergeau (IAMGOLD)

Le gisement Westwood (3,9 Moz d'or) fait partie du camp minier Doyon-Bousquet-LaRonde et est entièrement encaissé dans les roches volcaniques de la Formation de Bousquet (2699-2696 Ma) du Groupe de Blake River (GBR). Dans ce secteur, le GBR forme une mince bande volcano-plutonique homoclinale orientée E-O à fort pendage vers le sud bordée au nord et au sud par des sédiments archéens. La base de la séquence est composée de roches mafiques tholéiitiques de la Formation d'Hébécourt tandis que la partie supérieure est constituée de roches volcaniques de la Formation de Bousquet, qui est divisée en un membre inférieur mafique à intermédiaire et tholéiitique à transitionnel, et un membre supérieur intermédiaire à felsique de composition transitionnelle à calco-alcaline. Le pluton synvolcanique polyphasé de Mooshla, qui est cogénétique avec la Formation de Bousquet, se trouve pour sa part dans la partie ouest du camp. Le gisement Westwood est métamorphisé à la transition entre le faciès schiste vert supérieur et le faciès amphibolite inférieur. La déformation est distribuée de manière hétérogène avec des couloirs de forte déformation qui sont développés dans les zones d'altération synvolcanique et aux contacts lithologiques.

Le gisement est formé de trois corridors minéralisés distincts orientés E-O à fort pendage vers le sud soit, du nord au sud, la Zone 2 Extension, le Corridor Nord et le Corridor Westwood. La Zone 2 Extension est composée de veines sub-métriques de sulfures semi-massifs à massifs avec du quartz ainsi que de sulfures disséminés composés majoritairement de pyrite-chalcoppyrite. Les corridors Nord et Westwood sont composés de veines sub-métriques de sulfures semi-massifs à massifs ( $\pm$  quartz) et de sulfures disséminés composés de pyrite-sphalérite  $\pm$  chalcoppyrite-galène. De plus, le Corridor Westwood contient des lentilles concordantes de sulfures semi-massifs à massifs.

Les corridors Nord et Westwood sont associés à un large halo d'altération distale semi-concordante caractérisé par la présence de grenat manganésifère,

de carbonates et de biotite, tandis que l'altération proximale est composée de séricite-quartz-pyrite. Les veines de la Zone 2 Extension sont pour leur part caractérisées par des halos pluri-métriques d'altération à séricite-quartz-pyrite  $\pm$  gypse. L'altération associée à la Zone 2 Extension s'enracine dans la partie supérieure du pluton de Mooshla et se superpose à l'altération distale des deux autres corridors.

Les zones minéralisées des corridors Nord et Westwood sont spatialement et génétiquement associées aux roches felsiques calco-alcalines du membre supérieur de la Formation de Bousquet. Les zones minéralisées de la Zone 2 Extension sont pour leur part associées à la mise en place de dykes et de filons-couches felsiques à l'intérieur des roches volcaniques mafiques du membre inférieur. Ces roches intrusives ont une composition semblable aux roches felsiques du membre supérieur de la Formation de Bousquet et sont interprétées comme étant cogénétiques.

La Zone 2 Extension ainsi que les zones minéralisées de la mine Doyon (1,5 km à l'ouest) sont associées à la mise en place des phases tardives calco-alcalines du pluton de Mooshla (fluide magmatique aurifère de type intrusion-related). Les corridors Nord et Westwood font partie d'un système de type SMV riche en or et le fluide hydrothermal qui leur est associé est principalement composé d'eau de mer modifiée. Un apport de fluide magmatique provenant du système de type intrusion-related est proposé afin d'expliquer l'enrichissement exceptionnel en or des SMV. Par analogie avec les systèmes porphyriques-épithermaux phanérozoïques télescopés, le gisement Westwood représente donc un système magmatique-hydrothermal archéen sous-marin complexe. Ce gisement est donc une opportunité unique de documenter ce type de système à l'Archéen et de mieux comprendre les processus métallogéniques impliqués.



## Island Gold Mine, Ontario : nouvelle découverte d'un million d'onces au Canada

*Daniel Adam (Mines Richmont)*

La propriété Island Gold se trouve dans la ceinture de roches vertes de Michipicoten qui fait partie de la sous-province de Wawa dans la Province archéenne du Supérieur. La propriété est stratigraphiquement positionnée dans la partie supérieure de l'assemblage de Wawa, composé de roches volcaniques intermédiaires à felsiques surmontées par des formations de fer pyriteuses.

Le gisement aurifère d'Island Gold a été découvert en 1987 par Ressources Canamax avec le forage de trous d'exploration au-dessous du lac Goudreau. Mines Richmont est devenu impliquée dans le projet en 2003, avec une entente d'option avec Patricia Mining, et est devenu par la suite propriétaire de la mine en 2008 avec l'acquisition de Patricia Mining.

La mine Island Gold a débuté sa production en 2007 en utilisant une méthode d'extraction par chantiers long trou retraités. Depuis ce temps, plus de 300 000 onces d'or ont été produites à l'usine de traitement à charbon en pulpe de Kremzar. Le dépôt est accessible par rampe, avec la majorité de la production provenant jusqu'à maintenant d'au dessus du niveau -400 mètres.

En 2009, Mines Richmont a commencé un vaste programme d'exploration en dessous du niveau -400 mètres qui a conduit, à la fin de 2013, à la découverte d'une ressource de 1,1 million onces qui s'étend jusqu'à une profondeur d'environ un kilomètre. Le forage de délimitation et de définition est

présentement en cours avec du développement dans la partie supérieure de ce bloc de ressource. La rampe d'accès a atteint une profondeur de 650 mètres, cinq galeries ont été réalisées dans la zone C, principale zone minéralisée, et les premiers chantiers viennent d'être minés.

La minéralisation aurifère est contrôlée par des zones structurales associées à la zone de déformation régionale de Goudreau Lake. Dans des zones de séricitisation et silicification intense avec 2% à 5% de pyrite, des veines de quartz étroites et sub-parallèles portent la minéralisation aurifère principale. Les zones minéralisées en profondeur sont la continuation des zones minéralisées qui sont exploités présentement. La minéralisation a subi une inflexion vers le sud entre les niveaux -400 m et -500 m, avant de revenir avec un fort pendage vers le sud en profondeur. En profondeur, les veines de quartz semblent plus importantes et certains changements sont aussi observés dans l'altération avec moins de séricitisation et plus de silicification.

La ressource aurifère qui a été trouvée en profondeur reste ouverte en dessous de 1 km et vers l'est. Aussi, la structure générale d'Island Gold qui se prolonge latéralement à l'ouest et à l'est sera l'une des principales cibles pour l'exploration.



## Le projet Amaruq, Nunavut : historique de découverte et géologie d'un nouveau gisement aurifère

*Olivier Côté-Mantha, Patrice Barbe, et Marjorie Simard (Agnico Eagle – Exploration)*

Le projet Amaruq est situé à 50 km au nord-ouest de la Mine Meadowbank, et à 120 km au nord-ouest de la communauté de Baker Lake, dans la région de Kivalliq au Nunavut. Le secteur fait présentement l'objet de travaux d'exploration intensifs suite à la découverte de zones minéralisées aurifères en 2013 par Agnico Eagle. Cette découverte, survenue en contexte d'importante réduction de coûts en exploration dans toute l'industrie, résulte d'une campagne d'exploration modeste (environ 40 km linéaires de MAG+EM au sol et 4 forages totalisant 573 m pour un budget de 0,25 M\$) exécutée en suivi sur des travaux historiques de cartographie et prospection ainsi que sur de la reconnaissance régionale plus récente par Agnico Eagle. Toutefois, compte tenu de l'importance de cette découverte pour l'avenir de la Mine Meadowbank, il s'agit aujourd'hui d'un des projets d'exploration les plus prometteurs et les plus travaillés chez Agnico Eagle. On y dénombrait à la fin 2014 un total de 158 forages pour 33 946 m. Une campagne d'un minimum de 50 000 m de forage supplémentaire y est actuellement en cours.

Le projet Amaruq se trouve au sein de roches volcanosédimentaires néoarchéennes appartenant au Groupe de Woodburn Lake, dans le Domaine de Rae de la Province géologique de Churchill. Ce groupe comprend des roches volcaniques mafiques à ultramafiques interdigitées avec des roches sédimentaires turbiditiques variablement carbonées (grauwackes, siltstones, mudstones, cherts et formations de fer rubanées). Cette séquence volcano-sédimentaire est recoupée par des granitoïdes et des essaims de lamprophyres, et a subi de multiples épisodes de déformation en plus d'un métamorphisme atteignant le grade schiste vert supérieur (amphibolite locale).

Quatre principaux secteurs aurifères ont été découverts jusqu'à présent : I, R, V et Whale Tail. Il s'agit en fait d'ensembles de corridors minéralisés occupant différentes familles de structures est-nord-est à nord-est ayant un pendage abrupte à modéré vers le sud-est, formant ce qu'on interprète actuellement comme un système minéralisé de type aurifère filonien orogénique. Bien que les différentes zones sont

toutes ouvertes latéralement et en profondeur, le gîte Whale Tail est présentement la découverte la plus significative, et ainsi celui qui a fait l'objet de la plus grande quantité de travaux jusqu'à présent. Ce qui suit se consacre à sa description.

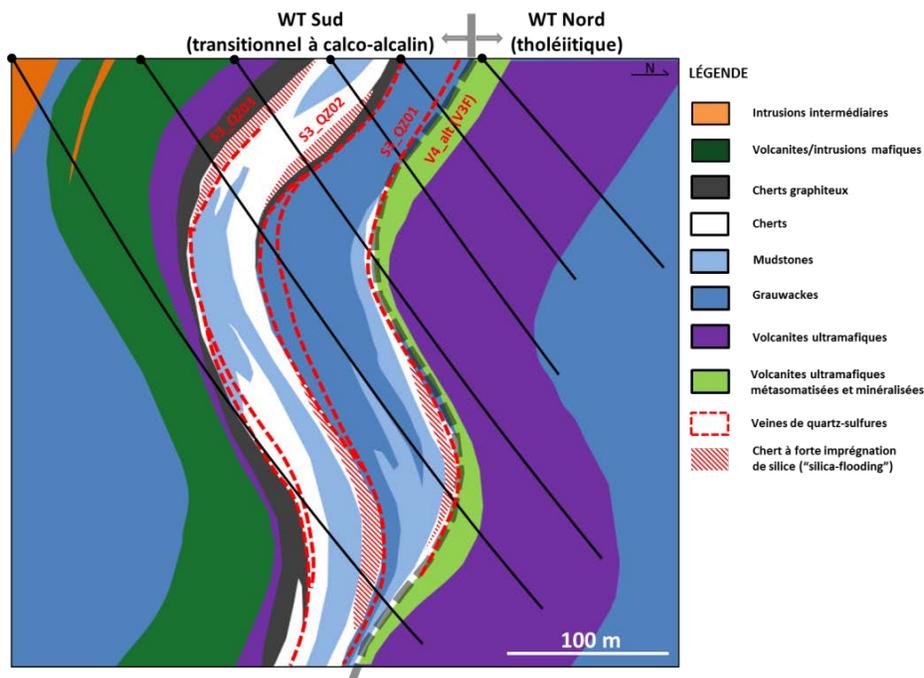
À Whale Tail (WT), deux séquences de roches ignées d'affinités magmatiques différentes (tholéiitique vs transitionnel à calco-alcalin) et montrant des extensions latérales significatives servent d'horizons marqueurs au sein de la séquence sédimentaire déformée. Leur disposition permet de préciser la géométrie de la stratification primaire et ainsi de définir deux domaines (WT Sud vs WT Nord), séparés par une discordance structurale marquant la limite entre les roches tholéiitiques (au nord) et transitionnelles à calco-alcalines (au sud). Cette structure semble avoir joué un rôle important sur la mise en place de la minéralisation. Elle se matérialise par une zone d'intense altération à amphiboles-carbonates-pyrrhotite tout le long de l'unité ultramafique au mur de la discordance (domaine WT Nord). La zone aurifère nommée V4\_alt (typiquement 5-7 g/t Au sur 6 à 8 m, mais jusqu'à 21.8 g/t Au sur 18.9 m et 11.8 g/t Au sur 19.9 m), constitue actuellement le panneau minéralisé le plus continu du gisement. Au toit de cette zone (domaine WT Sud), trois autres zones aurifères à injections et imprégnations de quartz-arsénopyrite-pyrrhotite-pyrite sont actuellement reconnues (zones S3\_QZ01, 02 et 03). Leur géométrie et leur assemblage d'altération, aussi à amphiboles-carbonates, laissent supposer qu'il s'agit d'embranchements de la zone principale V4\_alt. Leur style contrastant de minéralisation, caractérisé par l'abondance de silice, pourrait être attribuable à la nature sédimentaire de leur encaissant (contrôle lithologique). Ces zones semblent s'être développées à la faveur de contrastes lithologiques au sein de la séquence sédimentaire, en particulier aux contacts entre les horizons à dominance clastique et ceux à dominance orthochimique (cherts). Les zones S3\_QZ présentent elles aussi un potentiel aurifère très significatif (typiquement 4 à 8 g/t Au sur 4 à 6 m, mais jusqu'à 13.5 g/t Au sur 17.6 m et 7.6 g/t Au sur 23 m). Des veines tardives à quartz-arsénopyrite-galène-sphalérite-chalcopryrite-or natif (typiquement 8 à 10



g/t Au sur 4 à 5 m, mais jusqu'à 10.8 g/t Au sur 11.9 m) s'ajoutent localement aux zones minéralisées V4\_alt et S3\_QZ et semblent les recouper, particulièrement dans la partie est du gîte. Il pourrait s'agir de veines de remobilisation, dans lesquelles la présence de sulfures de métaux de base traduirait l'implication de fluides minéralisateurs différents. Dans l'ensemble, à Whale Tail, la minéralisation a été recoupée de manière continue de la surface jusqu'à 250 m de profondeur (ponctuellement jusqu'à 350 m) et sur 1,200 m latéralement, et demeure ouverte

dans toutes les directions. Une estimation datant de décembre 2014 y chiffre les ressources actuelles à 1,4 million d'onces d'or (6,6 Mt de minerai à 7 g/t), toutes de catégorie inférée.

La compréhension actuelle du gîte Whale Tail, bien qu'en constante évolution, permet déjà d'extraire des outils concrets et des guides d'exploration régionale utilisés avec succès pour le ciblage et le suivi géologique d'autres secteurs de la propriété Amaruq (Mammoth Lake, I-V-R, etc.).



Section schématique du gîte Whale Tail (vue vers le sud-ouest)



## Quantifier l'altération hydrothermale : l'apport des calculs normatifs

*Lucie Mathieu (CONSOREM, UQAC)*

La méthode CONSONORM\_LG permet de standardiser et d'approximer les paragenèses métamorphiques. Elle propose des indices d'altération pour quantifier les changements minéralogiques et chimiques induits par l'altération hydrothermal. La norme CONSONORM\_LG a été conçue pour des roches riches en silicates, en oxydes de Fe-Ti et/ou en carbonates, et elle permet d'approximer les paragenèses principales pour des roches des facies schistes verts à amphibolite pour trois couples de pressions-températures (cf. faciès 2SV350, 2SV450 et 2AMP575 de la norme). Pour chacun des facies modélisés, la norme calcule la paragenèse principale à l'aide d'un tétraèdre ACFMNK, un outil qui facilite la représentation d'un grand nombre d'assemblages de silicates. En plus des silicates, CONSONORM\_LG calcule les oxydes de Fe-Ti ainsi que d'autres minéraux accessoires à partir des éléments mineurs. Elle calcule les sulfures à partir du soufre ou des métaux analysés et les carbonates en utilisant le CO<sub>2</sub> analysé ou estimé normativement à partir de la perte au feu

(PAF). CONSONORM\_LG calcule également plusieurs indices d'altération pour estimer les altérations en Fe-Mg (chloritisation), Ca (altération propylitique), Na-K acide (séricitisation, altération phyllique) et les gains relatifs en Al (argilisation). Des indices de carbonatation sont aussi calculés à partir des proportions des minéraux normatifs susceptibles d'être formés par ce type d'altération (cf. carbonates, chlorite et muscovite).

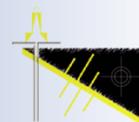
Pendant cette présentation, le principe du calcul de la norme CONSONORM\_LG sera présenté, et ce calcul normatif sera validé à l'aide de données pétrologiques et d'analyses de roches totales publiques. Les indices d'altérations seront ensuite validés à partir d'échantillons provenant de halos d'altération qui entourent divers dépôts d'or ou de métaux de base. Enfin, la norme CONSONORM\_HG, qui représente une extension du calcul de la CONSONORM\_LG à haut grade, sera rapidement présentée.



# 13<sup>e</sup> FORUM TECHNOLOGIQUE

CONSOREM - DIVEX

2 JUIN 2015



**Dîner gracieusement offert par:**

OSISKO

  
RICHMONT

GLENCORE

SOQUEM

  
AGNICO EAGLE

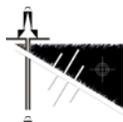
  
ARIANNE  
Phosphate

  
MIDLAND  
EXPLORATION

  
DIVEX  
DIVERSIFICATION  
DE L'EXPLORATION  
MINÉRALE AU QUÉBEC

  
CONSOREM  
Consortium de recherche  
en exploration minérale

**Merci**



## Caractérisation de l'altération en contexte aurifère : applications en Abitibi

*Ludovic Bigot (CONSOREM, UQAM)*

L'altération est largement reconnue dans les gisements aurifères. Toutefois, bien qu'il existe plusieurs méthodes pour caractériser cette altération, la plupart se heurtent à de nombreuses contraintes, notamment d'ordre lithologique qui influencent le résultat. À la lumière des limites des méthodes existantes, il apparaît nécessaire de développer une nouvelle méthode plus polyvalente, indépendante des lithologies, et plus objective afin de caractériser efficacement l'altération en contexte aurifère.

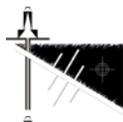
Deux nouveaux diagrammes discriminants de l'altération sont proposés. Ils sont construits à partir des calculs de bilans de masse et des indices de carbonatation qui sont les seuls paramètres indépendants des lithologies et qui illustrent l'intensité de l'hydrothermalisme. Les deux diagrammes binaires témoignent de l'intensité des altérations potassiques et sodiques, et de l'intensité et du type d'altération en carbonate. Ces trois altérations sont reconnues comme étant les altérations proximales dominantes en contexte aurifère non-volcanogène.

Le projet mise sur l'aspect méthodologique par une approche quantitative à partir de données lithogéochimiques. Initialement, une base de données pro-

venant de mines et de gisements d'or non-volcanogènes en Abitibi a été construite. Les analyses provenant d'échantillons ignés, altérés, ayant une teneur en or supérieure à 1 g/t Au et représentatifs du gisement y ont été sélectionnées. Finalement, 405 analyses répondant aux critères et provenant de 56 gisements d'or ont été retenues plus spécifiquement pour l'étude.

À partir des approches développées lors de ce projet, les signatures hydrothermales des 56 gisements étudiés ont pu être caractérisées. Tout en respectant l'aspect sectoriel et le contexte géologique, il est désormais possible de comparer la signature de diverses données lithogéochimiques avec celle de gisements d'or connus en Abitibi. Cela permet, entre autre, de vectoriser les travaux d'exploration à partir de données géochimiques.

L'intégration spatiale des signatures hydrothermales des gisements d'or de l'étude a permis de dresser un portrait quantitatif de l'hydrothermalisme en Abitibi, et d'en distinguer des champs hydrothermaux spécifiques.



## La dispersion de l'or détritique et ses avancements technologiques

*Réjean Girard (IOS Services Géoscientifiques)*

Depuis longtemps, le comptage et la description des grains d'or détritique dans les sédiments glaciaires est une méthode largement utilisée par l'industrie de l'exploration minière au Québec. Rappelons que la ruée pour l'or dans le secteur de la Baie de James, ayant ultimement mené à la découverte de la mine Opinaca, a été déclenchée par la découverte de quelques grains dans les tills près du Réservoir LG-2 en 1993. Paradoxalement, nonobstant son usage courant, cette méthode a connue très peu de développement depuis la publication de l'article phare de Di Labio en 1991: échantillonnage du till, concentration à la table à secousse, et comptage visuel des grains. Simple, efficace, et artisanale.

Très peu de développements technologiques, outre une multitude d'études de cas type, ont été proposées depuis l'implantation de l'offre commerciale de la méthode, il y a plus de 40 ans. Toutefois, on observe depuis quelques années la formation de divers groupes de recherche sur le sujet et l'introduction de nouvelles techniques, commerciales ou expérimentales. La méthode actuelle montre trois principales limitations: sa reproductibilité, la quantité de matériel requis, et le peu d'information extraite des échantillons.

L'extraction des grains d'or d'échantillons glaciaires est présentement effectuée selon des méthodes requérant la dextérité des opérateurs et des équipements peu sophistiqués. L'opération d'une table à secousse demeure très sensible à son opérateur, et la qualité des concentrés produits est très variable. La récupération est ainsi quelque peu aléatoire (30-70%! ). Des appareillages ont été développés dans le but de réduire l'effet de l'intervention humaine, et donc de paramétrer la méthode. Le dernier appareil développé dans nos laboratoires consiste en une trappe utilisée à l'alimentation de la table à secousse permettant une récupération mesurée et constante

entre 80-90% des grains de 40 microns et plus. Obtenir une récupération paramétrée est essentielle pour la comparabilité des résultats, un peu comme on doit calibrer les appareils d'analyse chimique. Qui dit paramétrage implique étalonnage, et donc confection de matériaux de référence certifiés, ce qui est actuellement en cours.

La méthode usuelle de comptage de grains d'or requiert des échantillons typiquement d'une dizaine de kilogrammes. Pour réduire la taille de ces échantillons sans compromettre les limites de détections statistiques requiert de réduire la taille des grains récupérés. Alors que la méthode est stable jusqu'à une taille minimale de 50 microns, les grains de taille supérieure à celle-ci représentent moins de 2% du compte de ceux présents dans les dépôts. Il est un mythe de croire que la méthode conventionnelle est efficace à des tailles de grains inférieures. De nouveaux protocoles sont en cours de développement dans nos installations pour la récupération de l'or fin, dont une séparation dans l'azote liquide, les mesures de spectres optiques (partenariat UQAC-IOS-FRQNT), microscopie électronique automatisée, etc.

L'essentiel de la recherche actuelle sur l'or détritique concerne l'étude des grains eux-mêmes, dans le but d'augmenter l'information qui en est extraite. La caractérisation chimique et isotopique des grains pourrait permettre la caractérisation des dépôts sources (Chaire de recherche Agnico-Eagle de l'Université Laval). La caractérisation texturale et la modélisation 3D de la surface pourrait permettre la quantification des distances de transport. Finalement, de nombreux groupes travaillent à déterminer les assemblages de minéraux distinctifs pouvant être utilisés comme traceurs des minéralisations d'or, tel la scheelite, la dumortièreite, la sanidine, la mariposite, la molybdénite, les spinelles, les sulfosels, etc.



## Les minéralisations en éléments des terres rares au Québec (Canada) : contexte géologique et évaluation de leur intérêt économique

*Anne-Aurélié Sappin et Georges Beaudoin  
(Université Laval)*

Les éléments des terres rares (ETR) comprennent le groupe des lanthanides (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb et Lu), Sc et Y. Ils sont contenus dans différentes espèces minérales, tels que les silicates, les carbonates, les oxydes, les phosphates, ou encore les argiles. Le contenu en ETR de ces minéraux est cependant très variable et seul un petit nombre d'entre eux présente un intérêt économique, en particulier les minéraux contenant les ETR les plus rares (Nd, Eu, Tb, Dy et Y).

Le Québec possède un grand nombre d'occurrences, d'indices et de gîtes en ETR qui sont contenus dans différents types de roches hôtes. Ces minéralisations sont subdivisées en six principaux types, soit 1) les gîtes primaires associés aux complexes de carbonatite, 2) les gîtes primaires associés aux roches ignées peralcalines, 3) les gîtes primaires associés à des gîtes d'oxydes de fer-Cu-Au-ETR de types Kiruna/Olympic Dam, 4) les gîtes primaires associés aux pegmatites granitiques, granites et migmatites hyperalumineux/métalumineux, ainsi qu'aux skarns, 5) les gîtes secondaires associés aux placers et paléopla-

cers, et 6) les gîtes secondaires associés aux argiles à adsorption ionique. Parmi ces différents types de minéralisation, celles d'origine primaire (formées à partir de processus magmatiques et/ou hydrothermaux), associées aux intrusions alcalines/hyperalcalines (e.g., Montviel, Strange Lake, Kipawa) et aux gîtes d'oxydes de fer-Cu-Au (e.g., Kwyjibo) protérozoïques semblent présenter le plus fort potentiel économique. Elles sont plus nombreuses, présentent localement des teneurs élevées en ETR, et représentent aussi bien des sources en terres rares les plus abondantes (e.g., La, Ce) qu'en terres rares dont l'approvisionnement est plus critique (e.g., Nd, Eu et Tb). De plus, plusieurs de ces gîtes sont actuellement à des stades d'exploration relativement avancés.

Grâce à la variété et la diversité de ces minéralisations en ETR, dont certaines présentent un fort enrichissement en métaux traces, le Québec apparaît donc comme étant l'une des provinces les plus prospectives pour ce type de minéralisation au Canada.



## Apport de la gravimétrie en forage pour l'exploration minière

---

*Nacim Foudil-Bey (URSTM)*

La méthode gravimétrique est très utilisée en prospection minière pour la détection des gisements minéralisés, en particulier dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue. Toutefois, comme les nouvelles mines à moyenne-haute teneur proviendront de gisements de plus en plus profonds et afin de donner une nouvelle perspective à la mesure du champ gravitationnel, un système de mesure GRAVILOG a été développé en 2008 par Scintrex. L'utilisation de ce système permet de mesurer les variations de la force gravitationnelle en fonction de la profondeur le long d'un puits de forage. L'importance du GRAVILOG est sa capacité à distinguer des variations de densité dans le voisinage d'un trou de forage, ce qui ouvre alors les possibilités pour l'étude de la distribution de masse dans les trois dimensions avec une meilleure résolution spatiale permettant ainsi de détecter les

gisements de sulfures massifs volcanogènes, voire d'améliorer les informations du gisement ainsi que la possibilité d'estimer leur tonnage par une modélisation en trois dimensions.

La première partie de cette présentation vise à montrer l'influence des différents paramètres tels que la géométrie des sources, de leurs inclinaisons et azimutes ainsi que leur distance aux puits sur la forme de l'anomalie gravimétrique. Dans la deuxième partie, une nouvelle méthode de modélisation en trois dimensions est appliquée sur le gîte de Coulon à la Baie-James (Osisko redevances aurifères) dans le but de définir des lentilles minéralisées.



## Discrimination des conducteurs électromagnétiques (EM) graphitiques et sulfurés dans les argilites archéennes de l'Abitibi, QC

Silvain Rafini (CONSOREM, UQAM)

Pour des raisons historiques, l'exploration des sulfures massifs volcanogènes (SMV) en Abitibi s'est toujours focalisée sur le modèle bimodal-mafique, avec un ciblage sur les anomalies EM isolées juxtaposées à des volcanites felsiques et mafiques. Les anomalies EM situées le long de conducteurs linéaires graphitiques formationnels, dans les environnements sédimentaires et volcaniques mafiques (90% des volcanites de l'Abitibi), ont donc été systématiquement occultées en dépit de leur potentiel en SMV pour deux types peu conventionnels au Québec : les types pélitique et pélitique-mafique.

L'exploration dans ces environnements soulève la question épineuse de la détectabilité des SMV encaissés dans des formations graphitiques, lesquelles sont déjà très anormales par leur très haute conductivité électrique. Autrement dit, le problème réside dans la discrimination des conducteurs graphitiques et sulfurés. Deux avenues ont été investiguées dans le but d'apporter des éléments de réponses :

1. Un maximum d'anomalies MEGATEM générées par des conducteurs de minéralogie connue a été compilé, afin d'analyser en statistiques multivariées les relations entre la composante graphitique vs. sulfurée du conducteur et les caractéristiques de ces anomalies (réponse sur tous les canaux dans les trois composantes, au pic de l'anomalie). Cette étape a permis d'introduire l'indice original I1, égal au rapport des canaux on-time moyens sur off-time précoces et moyens. On montre statistiquement que cet indice, qui représente l'essentiel de la variabilité des réponses anormales du MEGATEM, est un discriminant potentiel entre sulfures et graphite.
2. La seconde avenue consiste à analyser longitudinalement les variations des anomalies EM le long des conducteurs linéaires graphitiques encaissant des SMV connus par forages. Ceci dans le but de contraindre la réponse EM de ces lentilles dans un environnement déjà hautement conducteur.

L'hypothèse testée ici est que la superposition des vortex induits séparément par la trame graphitique et la lentille de SMV devrait générer une accentuation soudaine et ponctuelle de la réponse EM anormale, excédant les fluctuations longitudinales background causées par les variations de l'horizon en graphite et sulfures primaires. Cette hypothèse est remarquablement validée par les données réelles : les lentilles de SMV connues sont très clairement identifiées par des changements abruptes de la réponse EM le long du conducteur linéaire encaissant, tandis qu'ils étaient invisibles en projection classique transversale au conducteur (le long des lignes de vol). Les paramètres utilisés sont : l'enveloppe d'énergie totale au canal b12, la constante de temps TAU sur les canaux moyens, et l'indice I1 décrit plus haut.

Ce travail a permis de revisiter sous un nouveau regard les données MEGATEM. Il est démontré que le signal EM des SMV encaissés dans des horizons sédimentaires graphitiques n'est pas masqué par ce dernier, contrairement aux idées courantes jusqu'ici. Au contraire, plusieurs cas réels révèlent que l'analyse des variations longitudinale de ces horizons permet de détecter avec confiance les lentilles de SMV. En d'autres termes, ceci revient à simplement augmenter considérablement le niveau de base jusqu'à saturer la réponse des volcanites ou sédiments encaissants l'horizon graphitique, afin de ne visualiser que les variations entre roches très conductrices. Cette méthodologie originale a été généralisée à l'ensemble des bassins volcano-sédimentaires de l'Abitibi dans les zones couvertes par les levés MEGATEM, ce qui a permis de générer un grand nombre de cibles d'exploration dans des secteurs habituellement peu considérés en Abitibi.

---

**PROGRAMME DES CONFÉRENCES**

- 9h00 Mot de bienvenue – *Réal Daigneault (UQAC)*
- 9h10 La nouvelle carte métamorphique de l'Abitibi : implications pour l'exploration aurifère  
– *Stéphane Faure (CONSOREM), Réal Daigneault (UQAC)*
- 9h30 Géologie et genèse des minéralisations aurifères de la région de Belleterre, Abitibi Témiscamingue, Québec  
– *Mahamed Koita (INRS)*
- 9h50 Projet Mine Chimo : potentiel pour découvrir de nouvelles zones aurifères  
– *Philippe Cloutier (Ressources Cartier)*
- 10h10 La mine d'or Westwood : minéralisations et altérations associées à une intrusion synvolcanique et de type SMV riche en or – *David Yergeau (IAMGOLD)*
- 10h30 PAUSE
- 10h50 Island Gold Mine, Ontario : nouvelle découverte d'un million d'onces au Canada  
– *Daniel Adam (Mines Richmond)*
- 11h10 Le projet Amaruq, Nunavut : historique de découverte et géologie d'un nouveau gisement aurifère  
– *Olivier Côté-Mantha (Mines Agnico Eagle)*
- 11h30 Quantifier l'altération hydrothermale : l'apport des calculs normatifs  
– *Lucie Mathieu (CONSOREM)*
- 11h50 Dîner
- 13h30 Caractérisation de l'altération en contexte aurifère : applications en Abitibi  
– *Ludovic Bigot (CONSOREM)*
- 13h50 La dispersion de l'or détritique et ses avancements technologiques  
– *Réjean Girard (IOS Services Géoscientifiques)*
- 14h10 Les minéralisations en éléments des terres rares au Québec (Canada)  
Contexte géologique et évaluation de leur intérêt économique  
– *Anne-Aurélié Sappin et Georges Beaudoin (Université Laval)*
- 14h30 Apport de la gravimétrie en forage pour l'exploration minière  
*Nacim Foudil-Bey (URSTM)*
- 14h50 Discrimination des conducteurs électromagnétiques graphitiques et sulfurés  
– *Silvain Rafini (CONSOREM)*
- 15h10 Mot de la fin – *Georges Beaudoin*
-