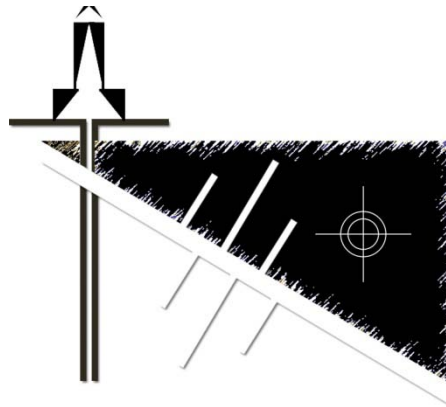


8e Forum Technologique
CONSOREM - DIVEX

15 septembre 2010
Rouyn-Noranda, QC

À la mémoire
du professeur Wulf Mueller
de l'UQAC (1953-2010)

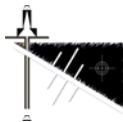


Recueil des résumés



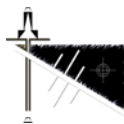


8^e Forum Technologique



À la mémoire du professeur Wulf Mueller (1953-2010) de l'Université du Québec à Chicoutimi, bien connu pour ses travaux de sédimentologie et de volcanologie particulièrement au sein de la Sous-province d'Abitibi. Il était membre du comité de gestion scientifique du CONSOREM de 2002 à 2010.





Résumés des conférences

Sulfures massifs volcanogènes: <<État des connaissances et avenues de recherches futures>>

Alan Galley

Commission géologique du Canada

Nos connaissances sur les gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV) ont progressé depuis que l'on a constaté que leur rassemblement caractéristique en camps est rattaché aux importants processus à l'origine de leur répartition chronologique et spatiale. Bien que l'on ait d'abord reconnu que ces gisements se sont formés le long de dorsales d'expansion océaniques, il est maintenant évident que la grande majorité des gisements de SMV âgés et conservés ont été mis en place dans des milieux subaquatiques d'arcs pendant des périodes de distension crustale. Ces intervalles de distension ont entraîné la formation de roches volcaniques identifiables géochimiquement et de sédiments connexes qui constituent des successions stratigraphiques distinctes renfermant divers types de gisements de SMV. Les successions d'arcs contenant des SMV délimitent des « corridors thermiques » le long desquels de longues périodes de plutonisme ont eu lieu. L'injection et le refroidissement de ces importantes occurrences subocéaniques de magmatisme ont mené à la formation de vastes réseaux de convection de fluides dans lesquels des amas de gisements de SMV se sont développés. L'évolution de ces réseaux hydrothermaux de grande échelle a non seulement provoqué l'apparition de gisements de SMV, mais également la sédimentation et la formation hydrothermales spatialement connexes de grandes zones d'altération qui s'étendent depuis l'intérieur de l'intrusion subvolcanique

sous-jacente jusqu'à des strates postérieures à la minéralisation recouvrant les roches à SMV. Ces intrusions subvolcaniques pourraient avoir permis l'apport de fluides magmatiques hydrothermaux riches en métaux pendant l'épisode producteur de SMV, selon le type de magmatisme d'arc associé à la formation des SMV, l'histoire spatiale des chambres magmatiques de grande échelle et l'étape d'évolution des arcs. Ces gisements de SMV riches en métaux précieux pourraient représenter l'une des parties d'un continuum de SMV épithermaux porphyriques qui permet désormais de mieux reconnaître le type de milieu d'arc dans lequel on peut chercher des gisements de SMV.

Pour chercher des réseaux producteurs de SMV, on dispose aujourd'hui de modèles prédictifs assez perfectionnés. Des travaux de recherche devraient être principalement réalisés pour mieux 1) identifier les réseaux à l'origine de gisements de SMV géants, 2) caractériser les empreintes distales menant à des réseaux hydrothermaux producteurs de SMV, 3) caractériser les réseaux de fluides producteurs de gisements de SMV riches en métaux précieux, 4) connaître la nature et le caractère de l'activité hydrothermale postérieure à la minéralisation, à titre d'indicateurs de minéralisation dans l'éponte supérieure, et 5) établir quels indicateurs d'exploration fiables sont représentés par les caractéristiques principales des réseaux de SMV qui sont transmises au milieu superficiel.



Volcanologie, structure et métallogénie du secteur de Dunraine, Val d'Or, Québec.

David Yergeau et Alain Tremblay (UQAM), Denys Vermette (Corporation minière Alexis).

La zone de cisaillement de Dunraine est un couloir de déformation subvertical d'orientation ENE-OSO qui recoupe la Formation de Val d'Or (FVO) dans la partie SE de la Sous-province de l'Abitibi. La FVO est interprétée comme étant un massif volcanique sous-marin archéen caractérisé par des roches volcaniques et volcanoclastiques andésitiques à rhyolitiques d'affinité transitionnelle à calco-alcaline qui sont hôtes de plusieurs gisements de sulfures massifs volcanogènes. La zone de cisaillement de Dunraine contient un gîte cuprifère (i.e. gîte de Dunraine) peu étudié et dont la nature exacte est méconnue. Cette présentation vise à clarifier le contexte géologique de mise en place du gîte de Dunraine ainsi qu'à définir l'effet de la déformation sur la minéralisation et les roches encaissantes.

Le secteur de Dunraine est caractérisé par des laves massives à bréchiques et des roches volcanoclastiques de composition andésitique à rhyodacitique et d'affinité transitionnelle à calco-alcaline qui sont généralement porphyriques à feldspath et/ou quartz ainsi que par des intrusions synvolcaniques à syntectoniques mafiques à intermédiaires. Ces roches de la FVO sont en contact au SE du secteur étudié avec des laves de composition mafiques coussinées à massives d'affinité tholéiitique de la Formation de Héva.

La minéralisation se présente sous la forme d'un horizon étroit (1-10 mètres) et latéralement étendu (> 2 km) de veinules et disséminations de pyrite-chalcoppyrite avec localement des traces de sphalérite et d'or. Cette minéralisation est encaissée dans une série de roches volcanoclastiques dacitiques fortement altérées. L'altération de la roche encaissante forme un halo de moins de 10 mètres autour de la minéralisation. Cette altération est zonée avec 1) une partie distale séricitisée, 2) une partie médiane riche en chlorite-Mg et 3) une partie proximale altérée en silice et en chlorite-Mg.

La présence de cordiérite dans les zones les plus altérées propose l'existence d'une cheminée d'altération syn-volcanique.

La minéralisation est affectée par la déformation régionale et est transposée dans le plan de schistosité principal, ce qui implique une origine syn-volcanique.

L'épisode principal de déformation ductile relié à l'orogène kénoréenne (D₂) affecte de manière importante les lithologies et la minéralisation du secteur de Dunraine. Un anticlinal isoclinal régional subvertical caractérisé par un axe de plis plongeant de 25° à 40° vers l'O plisse la séquence volcanique et la minéralisation. La trace axiale de ce pli régional passe par le centre de l'intrusion de Dunraine (diorite synvolcanique) et se poursuit dans une charnière de pli se situant dans les roches volcaniques à l'O du secteur de Dunraine. Une faille inverse à vergence S qui semble reliée à l'épisode de déformation D₂ recoupe le flanc S du pli régional et marque le contact inférieur de la zone 4 de la mine Dunraine.

Les événements de déformation D₂ tardif et D₃ sont caractérisés par des mouvements dextres reliés à un événement de compression E-O tardif. Ces incréments de déformation n'ont par contre aucune influence notable sur la distribution de la minéralisation dans le secteur de Dunraine.



Reconnaissance de failles synvolcaniques et du système hydrothermal associés aux sulfures massifs volcanogènes dans le secteur des anciennes mines Louvem et Louvicourt, Val-d'Or.

Stéphane Faure (Consorem), faure.stephane@uqam.ca

Une variété d'altérations volcanogènes ont été caractérisées et comparées dans les secteurs des anciennes mines Louvem et Louvicourt et celui des gîtes du Lac Sleepy, dans le camp minier de Val-d'Or, ceinture de roches vertes archéennes de l'Abitibi. Ces deux régions sont parmi les plus prolifiques dans le district pour les minéralisations du type sulfures massifs volcanogènes (SMV). Les mailles de 10 indices d'altération géochimique (normatifs, élémentaires et molaires) ont été construites et mise en relation spatiale avec différents critères, dont la géologie de la Formation de Val-d'Or, les couloirs de déformation et les failles, ainsi que les minéralisations connues dans ces deux secteurs d'intérêt. L'approche géochimique a permis d'établir la géométrie et la polarité stratigraphique des réservoirs hydrothermaux fossiles associés aux minéralisations Cu-Zn ainsi que de proposer une série de nouvelles failles comme cibles d'exploration.

Dans le secteur Louvem - Louvicourt, deux réservoirs hydrothermaux superposés sont distingués sur une base géochimique. La partie basale du premier réservoir est concordante à la séquence stratigraphique et possède une envergure de 6 km latéralement par 1,5 km d'épaisseur stratigraphique. Cette zone de recharge hydrothermale enrichie en Na et en métaux est localisée entre le Batholite de Bourlamaque et les lentilles de SMV minéralisées de Louvem - Louvicourt. La partie sommitale de ce réservoir est également concordante et se situe sous et aux niveaux des anciennes lentilles minéralisées. Cette zone d'altération est en lien directe avec la minéralisation et couvre une dimension de 3,5 km par 600 m d'épaisseur

stratigraphique. Elle est caractérisée par un apport en K₂O, MgO, Fe, S, et un lessivage important en Na. Des altérations intenses et discordantes se situent au-dessus stratigraphiquement (au SE) des gisements Louvem et Louvicourt recoupant la séquence stratigraphique et la partie supérieure du premier réservoir. Ces zones forment deux corridors d'altération distincts de 200 à 600 m de largeur parallèlement à l'unique famille de failles synvolcaniques du secteur orientée N290°. Ces failles alimentent un second et important réservoir tout aussi altéré mais moins épais que le premier. Celui-ci est situé au-dessus du Filon-couche synvolcanique de Dunraine et pourrait lui être génétiquement associé. Chacun des réservoirs est surmonté par un niveau saturé en carbonates de quelques centaines de mètres d'épaisseur. L'intensité de la carbonatation se compare avec celle reconnue dans la Caldeira de Sturgeon Lake au Manitoba. Dans le secteur du Lac Sleepy, le système hydrothermal montre une polarité et une envergure comparable à celui du secteur Louvem - Louvicourt, mais l'intensité des altérations est moins forte.

Les failles synvolcaniques dans le secteur Louvem - Louvicourt sont caractérisées en plan et en longitudinales soit par des ruptures nettes dans la distribution de l'altération, formant des corridors ou des domaines d'altération sécants à la séquence stratigraphique, soit par des anomalies ponctuelles le long des failles. Sur cette base d'observation, 95 nouvelles structures ont été interprétées dans les deux secteurs étudiés. Plusieurs de ces structures coïncident avec des alignements ou des arrêts de conducteurs électromagnétiques et sont considérées comme des cibles d'exploration potentielles.



Travaux de recherche multidisciplinaires récents à Matagami, avec un focus sur la contribution de la géochronologie U-Pb et de la chimico-stratigraphie

Pierre-Simon Ross et Julie-Anaïs Debreil (INRS-ETE)

Vicki McNicoll (CGC)

Michel Chouteau, Pejman Shamsipoor et Thibault Astic (Polytechnique)

Damien Gaboury et Dominique Genna (UQAC)

Gilles Roy et Michel Dessureault (Xstrata Zinc)

Le camp minier de Matagami, dans le centre-nord de la Sous-province de l'Abitibi, contient 19 gisements connus de sulfures massifs volcanogènes (SMV) archéens et a produit depuis 1963 environ 46 Mt de minerai riche en zinc. On constate présentement un renouveau de l'exploration à Matagami, qui a mené notamment à la découverte du gisement Bracemac-McLeod (voir la conférence de Roy *et al.* plus tard ce matin). Simultanément, on assiste à une recrudescence des campagnes géoscientifiques gouvernementales (MRNF et CGC) et de la recherche universitaire dans la région, dans le cadre d'un programme multidisciplinaire CONSOREM-DIVEX. Trois projets de doctorat et un projet de maîtrise ont ainsi été entrepris depuis 2008, couvrant divers aspects de géophysique appliquée (Polytechnique); la minéralogie et la géochimie des tuffites afin de développer des vecteurs vers la minéralisation (UQAC); et la reconstitution de l'architecture volcanique (INRS), ce dernier thème constituant le sujet principal de la présentation actuelle.

Les méthodes employées pour la reconstruction de l'architecture volcanique, à l'échelle de la région et du gisement, incluent la volcanologie physique, la chimico-stratigraphie, et la géochronologie U-Pb sur zircons (à la CGC). L'étude géochimique des roches volcaniques mafiques sur le Flanc Sud et le

Camp Ouest, incluant les éléments en traces, a permis de raffiner le schéma stratigraphique de la région. Sur le Flanc Sud, on remarque que les premières coulées mafiques sont d'affinité magmatique transitionnelle, avec de fortes anomalies négatives en Nb et Ta. On retrouve également ce type de lave à Caber (Camp Ouest), à la même position stratigraphique que dans le Flanc Sud. Les coulées mafiques tholéitiques apparaissent seulement plus tard. Certains groupes géochimiques sont uniques à certains secteurs alors que d'autres sont connus sur de grandes distances. Un nouvel échantillonnage lors de l'été 2010 va permettre de préciser ces groupes.

L'analyse géochronologique à haute précision de six rhyolites a montré que la durée totale du volcanisme felsique sur le Flanc Sud est inférieure à 2,5 Ma et que le hiatus volcanique représenté par la déposition de la Tuffite Clé, un marqueur stratigraphique important, a probablement duré environ 0,5 Ma, vers 2726 Ma. Ces analyses ont aussi montré que la rhyolite de Watson sur le Flanc Sud possède le même âge qu'une rhyolite géochimiquement identique dans le mur du gisement Caber, ce qui renforce la corrélation entre les roches du Flanc Sud et celles du Camp Ouest.



Le système d'altération à carbonates associé aux sulfures massifs volcanogènes de Normétal.

Benoit Lafrance (Consorem), Wulf Mueller et Réal Daigneault (UQAC), Pascal Lessard (Xstrata Nickel)

L'altération avec carbonatation qui est génétiquement associée aux minéralisations de sulfures massifs volcanogènes a été reconnue de façon tardive par rapport aux altérations à silicates. La base de cette reconnaissance a été établie par l'étude du gisement archéen de Mattabi, puis par d'autres gisements australiens. Il a été proposé, suite à ces travaux, de diviser les gisements de sulfures massifs archéens en deux pôles selon l'altération à silicates (type Noranda) et à carbonates (type Mattabi). Tout récemment, les plongées en submersibles ont permis d'observer directement des systèmes hydrothermaux actifs qui produisent des précipitations de carbonates. Ces observations ont été faites aussi bien en contexte profond de ride océanique (Lost City sur la ride mid-Atlantique) qu'en contexte peu profond d'arc volcanique (Ambitle, en Papouasie Nouvelle-Guinée). Ces observations confirment l'existence de la carbonatation associée à l'hydrothermalisme volcanogène mais n'ont accès qu'à la tranche superficielle des systèmes.

Le complexe volcanique de Normétal, daté à 2728 Ma, est caractérisé par une caldeira centrale dont la marge ouest contient deux lentilles de sulfures massifs volcanogènes dont celle de l'ancienne mine Normétal (10,1 Mt @ 2,15 % Cu; 5,12 % Zn; 0,5 g/t Au et 45,25 g/t Ag). La séquence monoclinale à polarité inverse qui est orientée NO-SE à E-O est constituée de roches volcaniques bimodales (un pôle de basalte andésitique-dacite et un pôle de rhyolite) d'affinité géochimique principalement transitionnelle. Le sommet de l'empilement est caractérisé par des roches volcano-sédimentaires et une quantité importante

de roches volcanoclastiques. L'attitude sub-verticale des strates du complexe volcanique de Normétal a donc permis d'étudier les variations latérales et verticales de la carbonatation.

L'altération est marquée par des roches contenant de la séricite, du carbonate, du quartz et du chloritoïde. La distribution de ces minéraux permet de reconnaître des zones d'altération hydrothermale régionales semi-concordantes qui de prime abord semblent assez homogènes. Cependant l'étude de la zonalité des carbonates permet de définir des vecteurs à partir des zones distales vers les zones proximales. Les secteurs proximaux aux sulfures sont caractérisés par une zone de 1-2 km de carbonate de fer de la série sidérite-magnésite. Cette zone est entourée latéralement par une zone de 2-4 km du membre riche en Mg et pauvre en Fe (ankérite-dolomite ferrière) de la série ankérite-dolomite. La racine des zones à sidérite-magnésite est également caractérisée par des zones discordantes d'ankérite-dolomite. Ces zones discordantes se démarquent latéralement des zones à calcite qui constitue le carbonate le plus distal. Quatre principales zones discordantes de remontée de fluides hydrothermaux qui sont séparées de 5-8 km ont été identifiées. La percolation latérale des fluides dans les unités volcanoclastiques sommitales, à partir des quatre zones discordantes qui correspondent aux failles synvolcaniques, est responsable de l'aspect semi-concordant de l'altération. L'utilisation de la zonalité des carbonates volcanogènes est donc un métallotecte d'ordre kilométrique qui est utile à l'exploration.



Bracemac-McLeod : un nouveau gisement atypique dans le camp de Matagami
Gilles Roy et Michel Dessureault (Xstrata Zinc) Stéphane Faure (Consorem)

Le 16 juillet dernier, Xstrata annonçait la mise en chantier de la future Mine Bracemac-McLeod. Cette nouvelle mine s'ajoute à une série de dépôts qui depuis cinquante ans n'ont cessé d'approvisionner le concentrateur de Matagami. Un autre communiqué parue quelques jours plus tard annonçait les résultats de forages profonds effectués sur la nouvelle zone de McLeod Deep. Actuellement délimitée par huit trous espacés de ± 100 m, cette zone minéralisée sera définie à partir des futures installations sous-terraines de la mine.

Le système minéralisé de Bracemac-McLeod se compose présentement de six lentilles distinctes, cinq à forte teneur en Zn-Cu et une cuprifère. Les tonnages combinés définissent la deuxième plus importante ressource trouvée jusqu'à ce jour dans le camp. Quatre lentilles se trouvent au niveau de la Tuffite Clef (KT), l'interface mafique-felsique hôte de la majorité des dépôts du camp, et deux se situent plus haut dans la stratigraphie, au niveau d'interfaces mafique-mafique.

Dans le détail, Bracemac-McLeod correspond à deux secteurs d'amas sulfurés espacés de 1 km. À l'ouest, la zone Bracemac comprend trois lentilles : une au niveau de la KT et deux à des niveaux supérieurs. La zone Bracemac est le premier système télescopé documenté à Matagami. À l'est, la zone de McLeod comprend trois lentilles de sulfures massifs situées essentiellement au niveau de la KT: 1) La lentille McLeod qui correspond au suivi de la découverte initiale de 2004; 2) la zone West McLeod qui est l'hôte d'une minéralisation en pyrite et chalcopyrite que l'on associe à du remplacement et 3) la zone McLeod Deep qui est une zone de sulfures massifs découverte en décembre 2009.

La nouvelle zone McLeod Deep est une lentille de sulfures massifs découverte dans le prolongement en profondeur de la zone McLeod. Il est proposé que ces deux zones ne forment qu'une seule et même lentille. Il s'agit d'un horizon minéralisé à fort pendage (-70 degrés) concordant à sub-concordant avec la KT et dont la dimension est de 230 m de largeur x 1100 m d'extension x 8,5 m d'épaisseur moyenne. C'est le seul dépôt à Matagami qui possède une empreinte aussi étendue au niveau de la KT. Quelques mètres sous cet horizon minéralisé, les forages recoupent systématiquement dans la rhyolite de Lac Watson une zone d'altération sub-concordante à la KT de 0,5 à 11m d'épaisseur contenant des veinules de pyrite et chalcopyrite. Jusqu'à présent, les forages ne semblent pas avoir recoupés de minéralisations discordantes pouvant s'apparentées à la racine d'un dépôt typique de sulfures massifs volcanogènes (Bell Allard par exemple). La morphologie de l'amas, tant par son étendue que la présence de sulfures massifs recoupant la stratigraphie et l'absence de racines profondes sous les dépôts de McLeod et McLeod Deep suggèrent une mise en place atypique par remplacement le long de l'interface de la KT.

L'image géologique du camp devrait se raffiné considérablement dans les mois à venir. Un projet de cartographie du MRNF est actuellement dans sa phase finale. Le MRNF entreprendra par la suite une modélisation 3D des données. Parallèlement, trois projets doctoraux et une maîtrise sont en cours. Ces études sont chapeautées par CONSOREM-DIVEX et regroupent les différents paliers gouvernementaux, trois universités et quatre compagnies minières.



8^e Forum Technologique



Dîner gracieusement offert par :



MERCI !





Composition en volatiles des inclusions fluides par spectrométrie de masse pour vectoriser l'exploration : Application aux gisements de Casa Berardi.

Damien Gaboury (UQAC-LAMEQ) et Martin Demers (Mines Aurizon Ltee)

INTRODUCTION

Les gisements aurifères orogéniques résultent d'une longue et complexe histoire de circulation de fluides hydrothermaux essentiellement d'origine métamorphique. Cette activité est fossilisée communément sous la forme de filons de quartz. L'histoire hydrothermale est en partie enregistrée par de microscopiques imperfections dans les cristaux de quartz où sont capturés les fluides. Pour l'exploration, un outil de discrimination des fluides fertiles pour établir des vecteurs au sein de grands systèmes fossiles constituerait donc un atout important. Dans cette optique, une sélection d'échantillons de la mine Casa Berardi a été analysée au LAMEQ par le « Bubble Blaster » pour déterminer la composition en volatiles des inclusions fluides en relation avec leur température de décrépitation.

GÉOLOGIE DE LA MINE CASA BERARDI

La mine Casa Berardi (129 T Au : Mines Aurizon Ltée) est située dans la partie nord de l'Abitibi. Des lentilles minéralisées, composées principalement de quartz sont distribuées spatialement sur plus de 5 km le long de la zone de déformation Casa Berardi. Ces lentilles sont individualisées en tant que mine Principale, Est et Ouest. Plus spécifiquement, la lentille 118 dans la mine Ouest est en cours d'exploitation. Au sein de la zone de déformation, des lambeaux déformés et métamorphisés (schistes verts supérieurs) de roches volcaniques mafiques, de shales graphiteux, de conglomérats et de formations de fer composent les roches encaissantes. La minéralisation, sous la forme d'un système géant de veines de quartz avec peu de sulfures, est développée à l'interface d'anisotropies lithologiques. Des dykes inter-minéraux de lamprophyres sont présents dans la zone 118 et les teneurs aurifères les plus élevées coïncident avec leur proximité.

MÉTHODOLOGIE

Les inclusions fluides ont été analysées par spectrométrie de masse d'après la méthode de Gaboury et al. (2008 : Econ Geol) sauf pour les paramètres suivants. En utilisant un spectromètre Stanford Research RGA100 avec un multiplicateur d'électron, 10 volatiles (H_2O , CO_2 , N_2 , C_2H_6 , He, Ar, CH_4 , SO_2 , H_2S , H_2) ont été analysés en temps réel pendant le chauffage progressif ($6^{\circ}C$ / minute) d'échantillons de quartz sous vide. Les données spectrométriques pour chaque espèce volatile sont mesurées à tout les 5 secondes (0.5s pour chaque volatile), fournissant ainsi ~800 analyses complètes sur la gamme de chauffage de 100 à $500^{\circ}C$. Les données brutes sont converties en valeurs quantitatives par la soustraction du signal de fond et la correction pour l'interférence massive (N_2 , CH_4) avec le logiciel OriginPro-8. Les données sont exprimées sous la forme de graphiques de pression partielle (mbar) versus la température de décrépitation (Td). Seize échantillons ont été analysés en duplicata et triplicata pour assurer la représentativité et la reproductibilité des données. Les échantillons ont été choisis pour fournir un spectre des caractéristiques de la minéralisation : 1) de la surface à plus de 1200 m de profondeur, 2) distribués sur >5 km latéralement; 3) de stérile à hautes teneurs (125 g/t Au); et 4) dans différents types de roches encaissantes.

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Les résultats montrent une diversité de spectres de volatiles à l'échelle du gisement. Cette diversité suggère une contribution de plusieurs fluides ce qui est atypique pour les gisements orogéniques. Sur la base des pics en volatiles à des Td spécifiques, au moins trois types de fluides peuvent être distingués (Fig. 1).

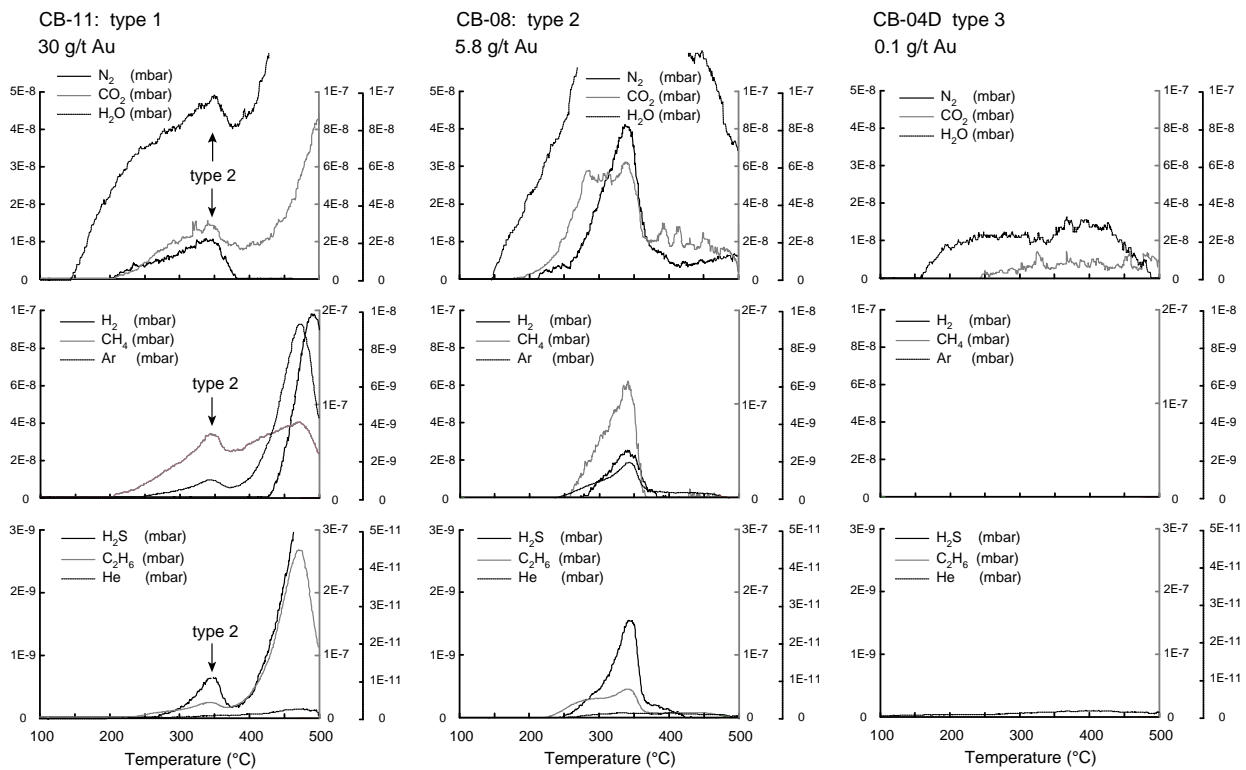


Figure 1. Graphiques de la pression partielle des volatiles (abondance) en fonction de la température de décrépitation des inclusions fluides.

Le type 1 correspond à des fluides à dominance carbonique de haute température (T_d : > 475°C) composés en proportion variable de CO_2 (9 – 90 mole %) et H_2O (0 – 51 mole %) avec un fort contenu en H_2S (0.34 – 4.7 mole %). Les échantillons ($n = 8$) qui renferment ces fluides sont fortement minéralisés (1.6 – 62 g/t Au). Les valeurs aurifères affichent une tendance corrélative positive ($R^2 = 0.2$) avec le H_2S . Cette relation est considérée significative puisque Au et H_2S ont été analysés par des systèmes différents sur des parties différentes du même échantillon. Le contenu en autres volatiles est très variable: CH_4 (0 – 27 mole %), C_2H_6 (0 – 17 mole %), H_2 (0 – 16 mole %) et N_2 (0 – 9 mole %). Les contenus variables d'hydrocarbures (CH_4 , C_2H_6) suggèrent que les fluides ont réagi à des degrés différents avec les roches riches en graphite pendant leur afflux. Le H_2S n'affiche pas de corrélation positive avec C_2H_6 et CH_4 suggérant qu'il n'est pas dérivé du lessivage des shales à graphite mais plutôt d'un dégazage. Enfin, une ségrégation entre CO_2 et H_2O est enregistrée dans quelques échantillons indiquant que les fluides magmatiques ont aussi évolué selon des fluctuations de pression.

Spatialement, les échantillons sont concentrés dans la zone 118, là où les lamprophyres sont présents, et dans les parties profondes des lentilles en cours d'exploration de la zone principale. Ces fluides sont interprétés comme d'origine magmatique basée sur leur haut T_d et peuvent être génétiquement associés à l'événement de lamprophyre.

Le type 2 correspond à des fluides principalement aqueux de température modérée (T_d : 350 ± 10 °C) dont la composition est complexe en termes de volatiles : H_2O (32 – 57 mole %), CO_2 (11 – 41 mole %), CH_4 (0 – 25 mole %), C_2H_6 (5 – 16 mole %), N_2 (8 – 17 mole %), Ar (0.08 – 1.13 mole %), H_2S (0.18 – 0.97 mole %) et He (0.004 – 0.008 mole %). Les rapports N_2/Ar (11 – 73) faibles indiquent un équilibre de ces fluides avec l'atmosphère, ce qui est une caractéristique des eaux météoriques. Le haut contenu d'hydrocarbures (CH_4 , C_2H_6) est interprété comme le résultat d'une interaction chimique avec les shales graphiteux pendant la convection profonde. D'ailleurs, la relative constance des rapports CO_2/CH_4 (<2.2), $\text{C}_2\text{H}_6/\text{H}_2\text{S}$ (15 – 28) et $\text{CO}_2/\text{C}_2\text{H}_6$ (1 – 7.5) suggère que les



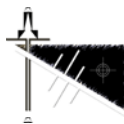
fluides ont atteint un niveau de saturation lors de leur interaction avec les shales graphiteux. Le H₂S affiche des corrélations positives avec le C₂H₆ ($R^2 = 0.78$) et le CH₄ ($R^2 = 0.21$) suggérant que le H₂S est dérivé du lessivage des shales graphiteux sous des conditions réductrices (CO₂/CH₄ ratios <2.2). La minéralisation aurifère des échantillons (n=6) qui possèdent cette signature de fluides est très variable (0.5 – 125 g/t) et il n'y a pas de relation entre H₂S et Au. Spatialement, les échantillons sont localisés essentiellement dans la partie superficielle (<500 m) des lentilles qui composent les mines Ouest et Principale, en accord avec leur origine météorique.

Le type 3 correspond à des fluides aquacarboniques définissant un large spectre de Td (150 – 500°C). Ces fluides sont composés essentiellement de H₂O (57 – 80 mole %) et CO₂ (10 – 36 mole %), alors que les autres volatiles sont présents en faibles concentrations (CH₄ < 7.5; C₂H₆ < 3.3 ; H₂S < 0.28 mole %). Le large spectre de Td est une caractéristique typique des fluides métamorphiques, où la séparation des phases CO₂ et H₂O induit une gamme d'inclusions capturées en différentes proportions sous déséquilibre thermique. Les échantillons (n = 7) qui renferment uniquement ce type de fluides ont une tendance à

être faiblement minéralisés (<1.2 g/t Au) quoique 2 échantillons ont des teneurs entre 30 et 50 g/t Au. Spatialement, ils sont restreints à la mine Principale et à la mine Est.

IMPLICATIONS POUR L'EXPLORATION

Au-delà de l'interprétation génétique des fluides et de l'implication académique, un fait demeure : 3 types de fluides peuvent être individualisés. Les échantillons qui renferment ces fluides montrent une distribution cohérente à l'échelle du gisement. Pour l'exploration, les implications sont majeures. Sur la base de la distribution spatiale des fluides, des vecteurs minéralisateurs peuvent clairement être individualisés. Par exemple, les fluides de type 1, qui sont centrés sur la lentille 118, ont été identifiés dans les forages d'exploration sous les lentilles de la zone principale en profondeur. Cette distribution implique un potentiel accru pour la minéralisation dans ce secteur en raison de la convergence de vecteurs minéralisés à fluides de types 1 et 3. Au niveau décisionnel, ces informations ajoutent une justification pour appuyer l'exploration en profondeur. Enfin, à plus large échelle, il devient alors possible d'utiliser cette technique pour individualiser des vecteurs prospectifs sur la base de fluides favorables.



Une nouvelle lumière sur vos données : exemple de la capacité analytique du Core Mappertm pour caractériser les carottes de forage instantanément in situ

Éric Roberge et Christian Sasseville (Photonic Knowledge)

En avril dernier, Photonic Knowledge a lancé son produit *CoreMappertm* à Val d'Or. Depuis, Photonic Knowledge a entrepris une phase d'essais industriels au cours de l'été 2010. Les objectifs de l'étude étaient de mesurer la fiabilité, l'endurance et la capacité de production du *CoreMappertm*. En parallèle, Photonic Knowledge poursuivait le développement logiciel afin d'optimiser le traitement et l'analyse des données spectrales sur les carottes de forage.

Les travaux d'acquisition furent réalisés de manière continue à raison de 12 heures par jour sur une période de deux mois. Ainsi, le *CoreMappertm* opérait à 50 pourcent de sa capacité, sans bris, ni arrêt de production autre qu'un ralentissement de production par jour de pluie. Malgré tout, le *CoreMappertm* a permis de caractériser plus de 50 000m de carottes de forage

grâce à l'analyse spectrale à haute-résolution sur une période de deux mois.

Le développement de librairie spectrales, lithologique, d'altérations et minéralogique ainsi que le développement d'outil de traitement et d'analyse de données spectrales par Photonic Knowledge permettent maintenant l'analyse, la quantification et la linéarisation instantanées des données spectrales.

Cela signifie qu'il est maintenant possible d'intégrer les données linéarisées aux bases de données minières. Il est donc possible de procéder à l'analyse spatiale des données spectrales à l'aide de logiciels 3D tels Geotic, DataMine, GemCom ou AutoCad. Ces possibilités ouvrent de nouveaux horizons dans l'analyse métallogéniques de gisements et dans la mise en valeur des propriétés minières.



Signaux géochimiques dans les fractions fines et les minéraux lourds des sédiments de ruisseaux: exemple du Grenville du sud du Québec

Sylvain Trépanier, CONSOREM (trepanier.sylvain@sca.uqam.ca)

Les levés régionaux de sédiments de ruisseaux constituent une source de données importante pour l'exploration, en particulier au sud du Québec. Ces données ont été utilisées depuis des dizaines d'années pour l'exploration. Toutefois, les signaux géochimiques régionaux et locaux qui sont enregistrés dans les fractions fines et dans les minéraux lourds de ces sédiments demeurent assez mal compris. Une bonne connaissance de la nature de ces signaux est importante pour déterminer des anomalies géochimiques susceptibles d'être dues à des minéralisations.

La banque de données du sud du Grenville (levés 1987 à 1989; plus de 5000 échantillons) a été choisie pour l'étude. Ces levés ont l'avantage d'avoir été analysés par des techniques multi-éléments (ICP-ES et activation neutronique) et de contenir des échantillons des fractions fines et des minéraux lourds prélevés sur les mêmes sites.

Les corrélations entre les teneurs dans les fractions fines et dans les minéraux lourds sont relativement faibles pour tous les éléments (entre 0.04 et 0.45). Ceci indique que ces deux types d'échantillons enregistrent des signaux géochimiques fondamentalement différents.

Les données géochimiques ont été étudiées par des analyses statistiques multivariées (analyse par grappe et en composantes principales). Les cartes géologiques, de dépôts de surface, l'altitude, la radiométrie régionale, les données qualitatives de l'échantillonnage (couleur, contamination) ainsi que les données topographiques ont aussi été comparées avec la géochimie pour mieux identifier les signaux géochimiques.

L'étude statistique et spatiale des données des fractions fines indique que leurs teneurs sont fortement influencées par les variations des proportions de matière organique, d'argiles et d'oxydes secondaires dans les sédiments. Les variations lithologiques du socle influencent les teneurs dans une proportion à peu près semblable. Les variations de ces proportions forment des sédiments fondamentalement différents qui ne

sont pas comparables entre eux pour leurs teneurs "normales" en métaux. Les principaux types de sédiments identifiés sont les suivants:

- Organique → forêts, en altitude. Enrichissement en LOI, Hg, Br, As, Sb.
- Argileux → vallées agricoles, couvertes de sédiments glacio-marins-lacustres. Enrichissement en K, Mg, Cr, Ti, Ni, Cu.
- Oxydes de fer-manganèse → forêts, intrusions mafiques. Enrichissement en Fe, Mn, Zn, Co, V, Al.
- Granitique-ETR → intrusions felsiques, sables fins. Appauvris dans tous les éléments sauf ETR-U (valeurs moyennes)
- Carbonates → marbres. Enrichissement en Ca, P, Sr

Les teneurs dans les minéraux lourds sont par opposition beaucoup moins influencées par l'environnement secondaire en raison de l'absence de matière organique et d'argiles dans ce type d'échantillon. Elles se corrélaient beaucoup mieux aux variations des lithologies du socle. Les lithologies suivantes sont les plus facilement associées à des variations des teneurs des minéraux lourds:

- Paragneiss
- Charnockite
- Anorthosite de Morin

Le contraste entre les anomalies géochimiques et les variations du bruit de fond a également été examiné pour différents métaux d'intérêt. Ce contraste a été défini comme le rapport la valeur d'une anomalie géochimique typique et la variation du bruit de fond. En termes pratiques, il est défini comme ceci: $\langle \text{Valeur du centile } 99.9 \rangle / (\langle \text{Valeur du } 3^{\text{e}} \text{ quartile} \rangle - \langle \text{Valeur du } 1^{\text{er}} \text{ quartile} \rangle)$. Les valeurs de contrastes sont systématiquement plus élevées dans les minéraux lourds que dans les fractions fines pour tous les métaux sauf l'uranium. Ceci indique que les anomalies sont plus clairement définies dans les minéraux lourds que dans les fractions fines.



8^e Forum Technologique

Les signaux géochimiques des minéraux lourds sont fondamentalement plus simples et reliés plus directement aux lithologies du socle que ceux des fractions fines. Ceci est une conséquence directe du processus de concentration des minéraux lourds qui élimine la matière organique et les argiles, qui sont jugés responsables de la complexité des signaux des fractions fines. Les anomalies sont également mieux démarquées du bruit de fond dans les minéraux lourds que dans les fractions fines.

Les données de fractions fines ont donc avantage à être traitées par des approches statistiques multivariées. Une méthode possible est de séparer les échantillons en différents types par une analyse par grappe et de calculer des seuils différents pour chacun des groupes. Pour les minéraux, des traitements basés sur des statistiques de base calculés par grands ensembles lithologiques sont suffisants.



Architecture et origine du système de minéralisation polymétallique du secteur Lac Line, Chibougamau, Québec

Olivier Côté-Mantha, Réal Daigneault et Damien Gaboury (UQAC), Francis Chartrand (SOQUEM et maintenant MDN), Pierre Pilote (MRNF)

Le secteur lac Line est localisé à 3 km au nord de la ville de Chibougamau. Il exhibe un système minéralisé à Au-Ag-Cu encaissé dans une séquence de roches volcano-sédimentaires et plutoniques faiblement métamorphisées et appartenant au second cycle volcanique du Groupe de Roy, édifié entre ~2720 et ~2712 Ma. Les roches volcano-sédimentaires font partie de la Formation de Blondeau et sont dominées par des coulées de laves intermédiaires à mafiques d'affinité calco-alcaline accompagnées de filons-couches comagmatiques d'affinité calco-alcaline à tholéiitique. Des roches volcanoclastiques intermédiaires à felsiques calco-alcalines, formées dans un environnement sous-marin de bassin volcano-sédimentaire peu profond en émergence, s'y intercalent communément. Le secteur a été le théâtre d'une activité plutonique synvolcanique vigoureuse et soutenue matérialisée par l'abondance de filons-couches comagmatiques, par la présence des filons-couches tholéiitiques du Complexe de Cummings ainsi que par la présence du Stock du lac Line. Ce dernier est dominé par une phase tonalitique localement porphyrique, d'affinité calco-alcaline et datée à $2707,6 \pm 1,4$ Ma (âge tardi-volcanique mais pré-déformation régionale).

L'architecture actuelle de l'empilement hôte du système minéralisé se résume à une séquence monoclinale verticalisée, orientée E-O, rajeunissant vers le nord et répétée à au moins quatre reprises par des failles ductiles longitudinales. La déformation fragile y est omniprésente sous forme de zones de fractures et de failles cassantes d'origine synvolcanique et d'orientations dominantes N-S et NO-SE. Ces discontinuités montrent une association spatiale systématique avec la minéralisation et sont communément accompagnées de perturbations importantes de la séquence stratigraphique (fracturation, rupture de la continuité, mégabrèche de talus, etc.). Les évidences de déformation ductile sont plus locales et se résument au développement hétérogène d'une schistosité pénétrante E-O subverticale attribuable à la déformation régionale (~2703 Ma). Cette

schistosité se concentre le long des zones de cisaillement longitudinales. L'association spatiale entre déformation ductile et minéralisation est une exception plutôt qu'une règle, ne se limitant qu'à quelques zones les plus altérées. Les nombreuses duplications stratigraphiques et le caractère discontinu, incohérent et fracturé du secteur lac Line contraste grandement avec l'homogénéité et la continuité latérale caractéristique de l'empilement volcanique préservé ailleurs dans la région.

Les indices minéralisés sont essentiellement encaissés dans les zones de fractures N-S ou NO-SE synvolcaniques et sont formés d'une combinaison variable de veines de magnétite-sulfures, de veines et veinules de sulfures à gangue silicatée et/ou de disséminations de sulfures. La signature géochimique globale est à Au, Ag, Cu, Zn, Mo, As, Bi, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, Se et Te. Les indices montrent des caractéristiques typiques de minéralisations formées en régime d'extension à de faibles profondeurs dans la croûte et sont associés à divers styles d'altération (principalement propylitique, sodique à potassique, chloriteuse et séricitique) caractérisés par des assemblages minéralogiques et des changements de masses similaires à ceux des systèmes volcanogènes sous-marins. Certains indices, en particulier ceux dans lesquels Au est enrichi par rapport à Ag et Cu, montrent une association spatiale étroite avec des brèches et des dykes interminéraux potentiellement reliés au Stock du lac Line, militant ainsi pour un lien entre l'activité hydrothermale et le plutonisme intermédiaire à felsique tardi-volcanique.

Les relations de chronologie relative entre les événements de volcanisme, de plutonisme, d'hydrothermalisme, de déformation régionale et de métamorphisme confirment l'origine synvolcanique du système minéralisé. Couplé à la reconstruction de l'environnement synvolcanique, ce cadre chronologique définit un modèle évolutif en 4 étapes, impliquant :



8^e Forum Technologique

- 1. la formation d'un environnement d'effondrement (caldeira?) vers la fin du second cycle volcanique régional (~2715-2712 Ma), qui explique les associations lithologiques, l'intense fracturation et les perturbations stratigraphiques observées à diverses échelles;
- 2. le développement d'un système hydrothermal dominé par l'eau de mer et responsable de minéralisations épithermales sous-marines neutres dans les structures synvolcaniques reliées à l'effondrement;
- 3. une possible contribution au système hydrothermal lors de la mise en place tardi-volcanique du Stock du lac Line (~2708 Ma), probablement responsable de minéralisations de type porphyrique et de la superposition locale d'une empreinte enrichie en Au et;
- 4. la déformation régionale (~2703 Ma), qui provoque la superposition de la schistosité régionale et de paragenèses du pic métamorphique sur les empreintes hydrothermales préexistantes ainsi que la réactivation des failles longitudinales en zones de cisaillement à mouvement inverse.

En somme, si l'on intègre le secteur lac Line dans son contexte régional, on constate que la région de Chibougamau expose en fait un énorme système minéralisé volcano-plutonique archéen, avec des dépôts Cu-Au magmatiques-hydrothermaux proximaux (camp minier du lac Doré) et des dépôts épithermaux polymétalliques distaux centrés sur des systèmes plutoniques satellites s'inscrivant possiblement dans la même lignée pétrogénétique.



Une nouvelle frontière: la sismotectonique des gites d'or filoniens

Michel Jébrak et Raphaël Doutré (UQAM), Olivier Rebeau (URSTM), A. Amortegui (MRNF)

La géologie structurale constitue un élément essentiel pour la compréhension des processus métallogéniques et ses implications en exploration minière. Au cours des années, les approches sont passées de descriptives à cinématiques, puis ont permis une compréhension en relation avec la dynamique globale. Dès 1975, Sibson montrait que les structures tectoniques constituaient les marqueurs fossiles des séismes et ouvrait la voie à l'analyse paléo-sismotectonique. Les progrès dans la compréhension des ruptures séismiques le long des failles majeures et dans les systèmes plutono-volcanique, et dans l'hydrologie des failles actives

permettent de réconcilier les observations de terrain sur des systèmes tectoniques anciens et les modèles sismiques actuels. Malgré des temporalités très différentes, on peut maintenant interpréter en terme sismique un grand nombre d'observations classiques sur les systèmes filoniens: textures, distribution des veines, organisation des districts métallogéniques. Cette approche débouche sur des outils potentiels en exploration, aussi bien locaux que régionaux, applicables en particulier en Abitibi.

