DV 2013-03

Résumés des conférences et des photoprésentations, Québec Exploration 2012

Documents complémentaires

Additional Files





Licence



License

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

Énergie et Ressources naturelles
Québec

QUÉBEC MINES 2012

CARREFOUR DES GÉOSCIENCES ET DES RESSOURCES MINÉRALES

RÉSUMÉS DES CONFÉRENCES ET DES PHOTOPRÉSENTATIONS

26 au 29 novembre 2012



DV 2013-03

Québec

Coordonnateurs
- Charlotte Grenier
- Luc Charbonneau

Traduction et révision linguistique
- Venetia Bodycomb
- Michèle Mainville
- Marie Racine

Révision des textes
- Joanne Nadeau

Dessin
- André Tremblay

Couverture, mise en page
- André Tremblay

Supervision technique
- Charlotte Grenier

AVERTISSEMENT

Les données utilisées pour rédiger ce rapport proviennent de sources diverses. L'exactitude et la fiabilité de ces données dépendent entièrement de ces sources.

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-66930-2
© Gouvernement du Québec, 2013

Équipe de Québec Mines	**6**
Résumés des conférences	**7**
Résumés des photoprésentations	**33**
Localisation des projets	**35**
Acronymes	**66**



INVITATION DE LA PRÉSIDENTE D'HONNEUR

L'histoire du Québec est étroitement liée au développement de ses ressources minérales. Les premiers colons du continent ont vite compris qu'il y avait ici des ressources naturelles qui distingueraient avantageusement ce territoire de tous les autres. Encore aujourd'hui, les ressources minérales occupent une place prépondérante, voire même cruciale, dans la création de richesses collectives au sein de la société québécoise. Nous devons donc nous tourner vers le reste du monde pour saisir l'occasion qui nous est donnée de faire rayonner le secteur minier québécois.

Québec Mines 2012 offre une occasion de nous pencher, tous ensemble, sur la situation de notre secteur minier et de poursuivre une réflexion stratégique qui nous permettra de réaliser avec succès le maillage incontournable de l'économie du savoir avec notre industrie minière créatrice de valeur économique partagée et de ressources vitales pour la société. Il nous faut faire les choix qui nous permettront de répondre de manière durable – tant sur les plans économique et environnemental que social – à cette nouvelle demande qui nous vient des pays en forte croissance et celle également provenant des pays dits développés.

Je vous invite personnellement à ce rendez-vous incontournable pour échanger sur les stratégies concrètes qui doivent être articulées afin de répondre aux enjeux et aux occasions et aussi de maximiser les retombées positives du développement des ressources minérales du Québec, de l'exploration à l'exploitation minière.

Québec Mines 2012 est le lieu idéal pour faire des rencontres productives, être témoin du dévoilement de primeurs en matière d'exploration, accéder à de l'information privilégiée sur des projets structurants, mais surtout pour apprendre, discuter et faire des affaires.

Dominique Dionne
Présidente d'honneur



MOT DE LA MINISTRE DES RESSOURCES NATURELLES

QUÉBEC MINES 2012

DES MINES ET DES HOMMES : UNE INDUSTRIE À DIMENSION HUMAINE

C'est avec plaisir que je vous invite au congrès Québec Mines 2012, carrefour des géosciences et des ressources minérales, du 26 au 29 novembre au Centre des congrès de Québec, sur le thème « *Des mines et des hommes, un thème à dimension humaine* ».

Les femmes et les hommes qui ont pris part au développement de l'industrie minière du Québec ont écrit une page importante de notre histoire. Ils ont grandement contribué, par leurs rêves et leur travail acharné, au développement économique, territorial et social du Québec. C'est au début des années 1920 que l'activité minière a pris son véritable essor. Avec l'or d'abord, puis avec le cuivre et le fer dont l'exploitation, combinée à la croissance industrielle, ont permis au Québec de devenir un important fournisseur en minerai, reconnu dans toute l'Amérique du Nord.

Depuis, de nombreux autres sites à potentiel minier ont été développés. Avec l'essor actuel du secteur et le projet de développement du Nord, l'avenir s'annonce prometteur. Plusieurs nouvelles mines devraient voir le jour dans les prochaines années. Elles exploiteront le diamant, l'or, le nickel, le fer, le lithium, le niobium, l'apatite, le zinc, les terres rares et bien d'autres substances minérales recherchées. Exploitant les ressources de façon responsable, ces minières contribueront à leur tour au développement économique et social du Québec.

Voilà ce que vous découvrirez à Québec Mines 2012 : une industrie minière d'avenir, basée sur le savoir et la haute technologie, l'implication des communautés locales, le développement minier durable, l'acceptabilité sociale, le respect de l'environnement et la création de richesse collective. Mais avant tout, vous y ferez la rencontre d'une industrie à dimension humaine, composée de femmes et d'hommes visionnaires, compétents et dynamiques, dont l'expertise est reconnue dans le monde entier!

Je vous invite à ce rendez-vous unique!

Martine Ouellet
Ministre des Ressources naturelles

ÉQUIPE DE QUÉBEC MINES

COMITÉ STRATÉGIQUE

Joëlle Boudigou
Luc Charbonneau
Renée Garon
Nathalie Germain
Robert Giguère
Jean-Yves Labbé
Robert Marquis
Patrice Roy
Lucie Ste-Croix

Coordonnateur
Christian Fortin

ÉQUIPE LOGISTIQUE ET COMMUNICATION

Andrea Amortegui
Gladys Chamberland
André Cloutier
Diane Devault
Marie Dussault
Charlotte Grenier
Marie-Josée Hudon
Marie-Eve Lagacé
Roxanne Lamy
Sonia Montambault
Caroline Nadeau
Sylvie Otis
Pierre-Thomas Poulin
Sophie Proulx
Gaétan Simard
Joanie Vallerand

PROGRAMME TECHNIQUE

Michel Jébrak
Jean Vavrek
Jean-Yves Labbé

COMITÉ ORGANISATEUR QUÉBEC MINES *POUR TOUS*

Luc Charbonneau
Jean-Pierre Fillion
Julie Gagné
Renée Garon
Charlotte Grenier
Sylvie Otis (coordonnatrice)
Joanie Vallerand
Lucie Vincent (ICM)

PARTENAIRES

Association minière du Québec (AMQ)
André Lavoie
Josée Méthot
Dan Tolgyesi

Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines (CSMO-Mines)
Luc Baillargeon
Michel Bélanger

Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM)
Lise Bujold
Jean Vavrek
Lucie Vincent

Institut national des mines
Jean Carrier

Québec International
Pierre Grenier
Isabelle Migneault
Line Lagacé

LE MINISTÈRE TIENT À REMERCIER LES PERSONNES SUIVANTES POUR LEUR CONTRIBUTION SPÉCIALE À L'ORGANISATION DE L'ÉVÉNEMENT

Diane Bélanger
Martin Bernatchez
Lynda Carrier
Johanne Jobidon
Joanne Nadeau
Geneviève Paquet
Solange Saillant
André Tremblay
Anne Veilleux
Émilie Villeneuve

Résumés des conférences

CONFÉRENCES

SÉANCE 1 - NOUVELLES DONNÉES GÉOSCIENTIFIQUES AU QUÉBEC

Programmation géoscientifique 2012-13 et nouvelles cibles d'exploration découlant des travaux du Bureau de l'exploration géologique du Québec 10

Survol des projets quaternaires au Québec 10

Évaluation du recouvrement quaternaire et topographie du roc de la ceinture verte de l'Abitibi : implications pour l'exploration minérale 11

Implications de la réanalyse des sédiments de lac du nord-est de la Province du Supérieur pour l'élaboration de nouveaux modèles d'exploration 11

Résultats préliminaires des travaux récents de cartographie géologique à la Baie-James 12

Levés géophysiques sur la Fosse du Labrador et la Province de Churchill : résultats et interprétations préliminaires 12

Un nouveau regard sur la Province de Churchill : évolution tectonique et implication pour l'exploration des ressources minières au nord du Québec et Labrador 13

SÉANCE 2 - LA NOUVELLE MÉTALLURGIE DES SUBSTANCES CLASSIQUES ET SES CONSÉQUENCES SUR L'EXPLORATION

Substances classiques / substances nouvelles : défis et contraintes de la valorisation des nouveaux minerais ... 13

La minéralogie appliquée : un outil pour mieux comprendre les procédés de concentration des minerais de fer 14

85 ans de développements à la fonderie Horne 14

SÉANCE 3 - LES ENJEUX GÉOSCIENTIFIQUES ET MINIERS DU DÉVELOPPEMENT NORDIQUE

Le pergélisol et le changement climatique au Québec nordique : les défis pour le développement régional 15

Xstrata Nickel Mine Raglan : les défis d'une opération à la limite du nord du Québec 15

Les défis associés à la mise en valeur d'un projet en milieu nordique : cas du projet Méliadine 16

Le gîte de terres rares lourdes de Strange Lake : construire une mine de classe mondiale dans le Grand Nord québécois 16

Les ressources minérales du Nord du Québec : comment convertir un potentiel en réalité économique? ... 17

SÉANCE 4 - LA MÉTALLURGIE DES NOUVELLES SUBSTANCES D'INTÉRÊT

Matériaux critiques pour un avenir durable : le lithium, le graphite et les terres rares 17

Le gîte de Kipawa, développement et défis du projet de terres rares lourdes au Témiscamingue 18

Le graphite au Québec : libérer son potentiel extraordinaire pour l'humanité par le biais des applications du graphène 18

Extraction, purification et recyclage des métaux mineurs pour l'industrie des semi-conducteurs 19

Extraction d'alumine métallurgique à partir de schiste argileux : une nouvelle approche technologique 19

Un survol non exhaustif des technologies de traitement élaborées pour le graphite et le lithium 20

SÉANCE 5 - LES ENJEUX SOCIOÉCONOMIQUES DU DÉVELOPPEMENT NORDIQUE

Mieux comprendre les impacts sociaux des mines sur les communautés autochtones du Nunavik et d'Eeyou Istchee, un aperçu des enjeux juridiques, politiques et sociaux 20

ArcelorMittal, le plus grand projet minier du Nord 21

Le développement économique, environnemental et social du projet Renard 21

SÉANCE 6 - LES MINES D'HIER À DEMAIN

Des mines et des hommes : travailleurs, villes et environnement miniers d'hier à aujourd'hui 22

Innovation en exploration minière au Québec – 50 ans d'histoire 22

La géomatique au service de l'exploitation minière 23

La survie de Niobec a passé par ses innovations minières et métallurgiques 23

L'exploration spatiale : la porte vers les mines du futur 24

SÉANCE 7 - AVANCÉES MÉTALLOGÉNIQUES

Les amas sulfurés géants de la ceinture pyriteuse sud-ibérique en 2012 : état des connaissances et perspectives minières 24

Les éléments traces dans les sulfures et les oxydes magmatiques : implications pour la pétrogenèse, l'exploration et l'exploitation 25

Le comportement des métaux (Au-Cu-Zn-Pb-Mo) sous les stratovolcans 25

Les minéralisations chromifères et nickélifères de la ceinture de roches vertes de McFaulds Lake, Ontario : état des connaissances et perspectives pour la Province du Supérieur 26

Signatures géophysiques des intrusions aurifères tardi-archéennes de l'Abitibi dans leur contexte géodynamique 26

SÉANCE 8 - LA MINE VERTE

Disposition stratégique des roches stériles pour améliorer le comportement géotechnique et géochimique des haldes durant la construction et à la fermeture 27

Investigation de la valorisation des boues de traitement pour la prévention et le contrôle du drainage minier acide 27

Le stockage du CO_2 dans les résidus miniers : une composante de la mine verte 28

Recherche de substituts économiques aux liants traditionnels dans les remblais en pâte 28

Déshydratation des boues et opération en continu 29

Surveillance en continu des câbles d'extraction 29

SÉANCE 9 - LES DÉFIS DE L'EXPLOITATION DES GISEMENTS À BASSE TENEUR

L'extraction des sulfures massifs du fond océanique – L'aube d'une nouvelle industrie..... 30

SÉANCE 10 - RESTAURATION DES SITES MINIERS : UNE RESPONSABILITÉ PARTAGÉE

Travaux de recherche sur la restauration des sites miniers abandonnés québécois 30

Projet de restauration de Mines Gaspé de 2007 à 2010 ..31

Fonds Restor-Action Nunavik : 5 ans déjà et quel succès!..... 32

Projet de restauration de la mine Principale à Chibougamau 32

Séance 1

Programmation géoscientifique 2012-13 et nouvelles cibles d'exploration découlant des travaux du Bureau de l'exploration géologique du Québec

Patrice Roy, Charles Maurice et Claude Dion (MRN)

Le Bureau de l'exploration géologique du Québec (BEGQ) dispose d'un budget annuel de 12 M$ pour effectuer des travaux d'acquisition de connaissances géoscientifiques sur l'ensemble du territoire québécois. Ces travaux ont pour objectif d'améliorer la connaissance géoscientifique de base dans les territoires peu explorés et d'approfondir les connaissances dans les secteurs plus matures, notamment dans la 3e dimension.

Depuis novembre 2011, le BEGQ a réalisé 22 projets d'acquisition de connaissances géoscientifiques qui ont permis d'identifier plus de cinquante nouvelles cibles d'exploration regroupées dans le document PRO 2012-05. Les levés incluent six projets de géophysique, six projets de cartographie géologique, huit projets de géologie du Quaternaire et deux projets d'échantillonnage de sédiments de lac. De plus, deux études de potentiel minéral et trois modèles géologiques en 3D ont été complétés. Ces travaux sont accompagnés de plusieurs projets d'études et d'analyses en collaboration avec nos partenaires universitaires et institutionnels.

Les impacts des travaux du BEGQ sur la connaissance géoscientifique et le potentiel minéral du Québec sont multiples. Les levés géophysiques ont permis de compléter la couverture aéromagnétique de la Baie-James, de la Fosse du Labrador et de la partie est de la Province de Churchill, en plus d'amorcer celle du Grenville et de la partie nord de l'Orogène de l'Ungava. Ces données géophysiques seront d'une grande utilité pour les travaux de cartographie futurs, tels que ceux du secteur Outardes, dans la Province de Grenville. Dans la Fosse du Labrador, les levés géophysiques permettent déjà de réinterpréter les cartes géologiques existantes. Nous avons poursuivi la cartographie de reconnaissance (1/250 000) de la Province de Churchill et amorcé en parallèle la cartographie des dépôts quaternaires du secteur. Le projet Octave-Wawagosic en était à sa dernière phase et a permis d'améliorer la cartographie géologique et quaternaire d'un grand secteur recouvert d'une épaisse couche de sédiments lacustres. À la Baie-James, nous avons poursuivi la cartographie du contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca. À l'est de Chapais, les affleurements exposés par les nouveaux chemins forestiers ont permis de raffiner la connaissance géologique. À Malartic, le levé magnétique héliporté de haute précision et la nouvelle cartographie auront un impact significatif sur la compréhension géologique du secteur.

Séance 1

Survol des projets quaternaires au Québec

Hugo Dubé-Loubert, Guillaume Allard, André Brazeau, Mohamed El Amrani (MRN) et Martin Roy (UQAM)

Au cours des dernières années, Géologie Québec a vu s'inscrire à sa programmation annuelle de nombreux projets portant sur la géologie du Quaternaire. Ces projets, ayant des sphères d'intervention des plus variées, se sont traduits par l'élaboration de divers partenariats ministériels, universitaires ou privés.

Pour l'année 2012, onze différents projets ont été menés à travers le Québec. Dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissance sur les eaux souterraines (PACES) du Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), six nouveaux projets ont été mis en oeuvre dans les régions de l'Outaouais, de Charlevoix, de l'Abitibi, de Vaudreuil-Soulanges, de Chaudière-Appalaches et du Bas-Saint-Laurent. Ces projets, réalisés conjointement avec le MDDEFP, visent à dresser le portrait de la ressource en eau souterraine.

Dans un souci de parer aux risques liés aux changements climatiques et au dégel du pergélisol, un projet d'inventaire des granulats a été mené en périphérie de la communauté de Kuujjuaq. En effet, la plupart des infrastructures étant construites sur des tabliers de granulats, elles sont très sensibles aux fluctuations de la surface et à la déstabilisation du pergélisol. La recherche et la caractérisation de nouvelles sources de granulat dans les zones de pergélisol deviennent donc impératives.

Le programme de forages combinant stratigraphie quaternaire et échantillonnage du soubassement rocheux dans le but de documenter de nouvelles cibles d'exploration s'est poursuivi dans le nord-ouest de l'Abitibi. Près de 60 nouveaux forages ont été décrits et les résultats d'analyses devraient permettre l'élaboration d'un cadre chronostratigraphique plus robuste, facilitant ainsi les initiatives d'exploration dans cette région à forte couverture quaternaire.

En collaboration avec l'Université de Nancy (ENSG), un projet de modélisation de l'épaisseur des dépôts quaternaires de la ceinture de roches vertes de l'Abitibi a été réalisé. Le but est d'obtenir une carte isopaque de sédiments quaternaires ainsi qu'une carte de la topographie du socle rocheux, et ce, afin de mettre en évidence des zones propices à la préservation de sédiments anciens ou de roc altéré.

Finalement, la première phase d'un projet d'échantillonnage d'esker et de sédiment glaciaire a été entamée dans la région du lac Saffray, au sud-est de Kuujjuaq. Ce projet d'une durée de trois ans devrait combiner les outils de glacio-prospection à la cartographie du soubassement rocheux dans la recherche de cibles minérales. Le projet quaternaire Ungava permettra de donner un aperçu régional du potentiel diamantifère et aurifère des zones investiguées.

Séance 1

Évaluation du recouvrement quaternaire et topographie du roc de la ceinture verte de l'Abitibi : implications pour l'exploration minérale

Guillaume Rongier (U. Lorraine-ENSG), Olivier Rabeau et Guillaume Allard (MRN)

La région de l'Abitibi renferme des évidences de multiples avancées et retraits de la marge glaciaire du secteur du Labrador de l'Inlandsis laurentidien. Les glaciations récentes ont entraîné le dépôt d'importantes couches de sédiments quaternaires. Dans les régions où il y a une forte couverture, les cartes de profondeur au socle et de topographie du socle rocheux sont utiles dans de nombreux domaines : hydrogéologie, géotechnique, relevés géophysiques, exploration minière, etc. Dans le cas plus particulier du domaine minier, ces cartes peuvent aider à mettre en évidence des zones de préservation de roc altéré (saprolite). Ces zones d'altération du socle – qui concentrent certains éléments représentant une ressource potentiellement économique – peuvent avoir été protégées de l'érosion glaciaire dans certains secteurs, là où la topographie du roc favorise leur préservation. La présence de quelques saprolites a été récemment documentée dans la zone d'étude. Des travaux visant à définir des zones potentielles pour la découverte de saprolite sous le recouvrement quaternaire a été initiée dans la portion ouest de la Ceinture verte de l'Abitibi. Des cartes de profondeur au socle ont été générées sur une superficie de 23 000 km^2 en se basant sur des données d'affleurement, de till mince et de forages. Ces données proviennent de sources variées : Commission géologique du Canada, ministère des Ressources naturelles, sociétés minières et ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. À la suite du processus de validation, une base de données homogénéisée a été générée en format ArcGIS. Les 416 984 points de donnée de profondeur au socle présentent une distribution exponentielle et une répartition spatiale principalement regroupée autour des zones habitées et des centres miniers. Après divers essais, l'interpolation à l'aide de krigeage a été privilégiée afin d'estimer la profondeur au socle sur l'ensemble de la zone d'étude. Par la suite, la topographie du socle rocheux est obtenue par soustraction de cette profondeur à la topographie de surface. Le meilleur modèle est sélectionné par validation croisée et comparaison avec des éléments géomorphologiques et structuraux connus (eskers, failles). Les zones de préservation potentielle de saprolite ont été interprétées comme étant les secteurs de grande profondeur au socle ne correspondant pas à une structure d'esker connue. La relation entre les fosses profondes et les différentes failles aurifères de l'Abitibi permet de mieux cibler les secteurs potentiels pour l'exploration des gisements supergènes.

Séance 1

Implications de la réanalyse des sédiments de lac du nord-est de la Province du Supérieur pour l'élaboration de nouveaux modèles d'exploration

Charles Maurice (MRN)

Près de 18 000 échantillons de sédiments de lac couvrant un territoire de plus de 260 000 km^2, soit le nord-est de la Province du Supérieur (NEPS), ont été réanalysés. Ces échantillons ont initialement été prélevés en 1997, selon une maille d'un échantillon par 13 km^2, dans le cadre d'un levé régional comptant plus de 26 000 échantillons (levé 1997520[1]). Environ 2000 d'entre eux, principalement des échantillons situés à l'ouest de la baie d'Ungava, ont été réanalysés en 2004 pour les métaux précieux[2]. En 2009, 4000 échantillons prélevés à l'est, sur le territoire correspondant à la Province de Churchill, ont été réanalysés pour une large suite d'éléments[3]. Les nouvelles données disponibles aujourd'hui ont été analysées au même laboratoire qu'en 2009, selon les mêmes protocoles analytiques[3].

La base de données est désormais bonifiée par des analyses pour lesquelles plus de 95 % des résultats avaient des teneurs en deçà ou égales aux limites de détection (p. ex. Be et Se). De plus, certains éléments n'avaient jamais été analysés (p. ex. : Hg, In, Nb, Sn, Ta, Te, Tl), tandis que d'autres étaient inutilisables. C'est le cas notamment du Bi, qui montre un coefficient de corrélation de 0,09 entre les données ICP-MS et ICP-AES, une dispersion qui résulterait des interférences avec le Cr lors des analyses ICP-AES.

Dans le Domaine de Goudalie et la Sous-province de La Grande, les nouvelles données révèlent des associations métalliques typiques des systèmes porphyriques associés à des intrusifs felsiques de source sédimentaire. Ainsi, on y retrouve, du nord vers le sud, plusieurs domaines où les sédiments de lac sont successivement enrichis en Bi-In (Sn), Bi-W (Sn-In), Mo, Sn-W-Mo, puis en W-Sn. Collectivement, ces domaines s'alignent le long d'un axe NNW de 350 km, une dimension similaire aux 300 km de la province jurassique à W-Sn de Nanling, en Chine. Plus au nord, dans le Domaine d'Utsalik (Complexe de Nantais), l'association de fortes concentrations de Bi et Te dans les lacs à proximité d'indices aurifères connus pourrait suggérer la présence de systèmes minéralisateurs impliquant des tellures de bismuth. En plus d'être mises à contribution pour le raffinement de modèles d'exploration existants, les nouvelles données de sédiments de lac peuvent contribuer au ciblage d'environnements géologiques jusqu'alors non reconnus dans le NEPS.

1. 35 éléments par ICP-AES, dissolution partielle acide nitrique (0,5 g) et 9 éléments par activation neutronique (10 g)
2. Au, Pd, Pt par pyroanalyse ICP-MS (5 à 15 g)
3. 53 éléments par ICP-MS, dissolution partielle ***aqua regia*** (0,5 g)

Séance 1

Résultats préliminaires des travaux récents de cartographie géologique à la Baie-James

Hanafi Hammouche, Pénélope Burniaux, Jean Goutier, Claude Dion et Daniel Bandyayera (MRN)

Depuis 2009, la région des réservoirs La Grande 3 et La Grande 4 (Baie-James) fait l'objet de cartographie géologique à l'échelle du 1/50 000. Ces travaux sont appuyés par de nouveaux levés aéromagnétiques de haute résolution.

La région cartographiée touche principalement la Sous-province de La Grande et déborde partiellement sur celle de l'Opinaca. Elle est dominée par des roches archéennes, principalement des gneiss tonalitiques et des tonalites foliées. Une partie de ces roches appartiennent au Complexe de Langelier et correspondraient au socle, tandis que d'autres recoupent les séquences volcano-sédimentaires et sont syntectoniques. Des bassins sédimentaires archéens (formations de Keyano, de Magin et de Marbot) et protérozoïques (Formation de Sakami) se sont formés sur ce socle. Des ceintures volcaniques, généralement démembrées, ont été reconnues lors des travaux (prolongement vers l'est du Groupe de Guyer, Formation de Corvette).

Les formations sédimentaires archéennes et les ceintures volcaniques contiennent des niveaux centimétriques à métriques de formations de fer et des bandes de sulfures massifs à semi-massifs. Des filons-couches et des dykes ultramafiques d'épaisseur métrique à décamétrique les recoupent et contiennent des sulfures par endroits.

Au sud de la région, la Sous-province d'Opinaca est représentée par le Complexe de Laguiche, principalement constitué de paragneiss migmatitisés.

Le magmatisme tardi-archéen se traduit par la mise en place de vastes intrusions felsiques à intermédiaires. Des essaims de dykes de gabbro et de gabbronorite archéens et protérozoïques recoupent toutes ces roches.

Le grain structural est grossièrement E-W. Les grands ensembles lithostratigraphiques sont séparés par des zones de cisaillement ductiles. Le métamorphisme est au faciès des amphibolites dans le La Grande et atteint le faciès granulitique dans l'Opinaca.

Les travaux récents ont notamment contribué à mieux redéfinir le contact entre les deux sous-provinces. Ils ont aussi permis d'identifier plusieurs types de minéralisation au potentiel intéressant :

- formations de fer associées à des minéralisations aurifères et de métaux usuels. Elles sont généralement interstratifiées avec les roches volcaniques du Groupe de Guyer;
- minéralisations volcanogènes de métaux usuels et précieux incluant les formations sulfurées et les disséminations de sulfures (PY-PO ± CP) dans des zones altérées;
- minéralisations de Cu-Ni-EGP et Cr-EGP dans les intrusions ultramafiques recoupant les roches du Groupe de Guyer et les formations de Corvette et de Keyano;
- minéralisations de Mo-Cu associées aux granitoïdes de type observé au lac Tilly, au nord de la région;
- minéralisations aurifères associées à des zones de déformation au contact des sous-provinces de La Grande et d'Opinaca;
- minéralisations filoniennes de Cu-Ag ± Au, généralement formées de veines de quartz rectilignes dans des zones de cisaillement.

Séance 1

Levés géophysiques sur la Fosse du Labrador et la Province de Churchill : résultats et interprétations préliminaires

Isabelle D'Amours et Thomas Clark (MRN)

Géologie Québec a réalisé en 2011 deux nouveaux levés, magnétique et de spectrométrie de rayonnement gamma à haute résolution sur les territoires de l'Orogène du Nouveau-Québec, aussi connu sous le nom de Fosse du Labrador, et de la partie ouest de la Zone noyau, dans la Province de Churchill Sud-Est. Les nouveaux levés couvrent une superficie de 27 000 km^2, soit 38 feuillets au 1/50 000. D'autres levés sont en cours afin d'obtenir une couverture géophysique complète de la région de la Province de Churchill. Les levés aéromagnétiques et de spectrométrie sont des outils incontournables aujourd'hui pour la cartographie régionale et contribueront à une meilleure compréhension de cette région où le potentiel minéral diversifié demeure méconnu en raison de son isolement géographique. À partir de l'examen préliminaire de ces nouvelles données, auxquelles s'ajoutent les données des récents levés réalisés par le Secteur des sciences de la Terre de Ressources naturelles Canada, nous présenterons quelques observations et interprétations réalisées à ce jour, tout en essayant de les cadrer dans le modèle tectonostratigraphique actuellement utilisé pour la Fosse du Labrador. Les exemples cités portent sur la forme et la nature des failles majeures et des systèmes régionaux de plis, le lien entre la déformation dans la Fosse et celle dans son arrière-pays, la distribution des formations de fer et les causes possibles des anomalies spectrométriques.

Séance 1

Un nouveau regard sur la Province de Churchill : évolution tectonique et implication pour l'exploration des ressources minières au nord du Québec et Labrador

David Corrigan (CGC-Ottawa)

De nombreuses nouvelles données ont été générées et de nouveaux concepts élaborés depuis la publication, il y a plus de 20 ans, de la dernière synthèse sur l'évolution de la Province de Churchill. Cette province représente la configuration finale d'un cycle « wilsonien » qui a vu l'ouverture et la fermeture d'un ou de plusieurs bassins océaniques, tels que le « Manikewan », lors de la formation du supercontinent Nuna entre ca. 2,07 et 1,80 Ga. La convergence a débuté par une accrétion progressive de bassins sédimentaires, continents et microcontinents archéens, d'arcs continentaux et océaniques juvéniles et de bassins arrière-arcs, depuis la marge sud-est du craton de Rae en direction sud-est. Cette période d'accrétion fut suivie d'une collision finale avec le craton du Supérieur et, ultérieurement, le craton nord-atlantique (Nain). Une fois ces collisions terminées, les activités tectoniques ont migré à la marge sud des cratons du Supérieur et nord-atlantique, ajoutant de la nouvelle croute juvénile jusqu'à la formation de l'Orogène du Grenville, conséquence de la collision avec le continent « Amazonia ». Étant donné le lien étroit existant entre les processus tectoniques et la métallogénie, on peut maintenant mieux comprendre, du moins en partie, la distribution de gîtes économiques à travers la Province de Churchill et mieux évaluer leur prospectivité dans des régions moins bien explorées. La Province de Churchill comprend, entre autres, des gisements de SMV paléoprotérozoïques de classe mondiale (Flin Flon, Snow Lake), d'or orogénique (mine Seabee, mine McLellan, Snow Lake), de nickel (Thompson, Raglan, Lynn Lake, Rottenstone) et de fer (Schefferville). Elle compte aussi quelques prospects en voie de développement ou d'exploration avancée [kimberlite diamantifère de Fort-à-la-Corne; Formation de Bravo (or de type Homestake)]. En ce qui concerne l'environnement tectonique de formation, les ceintures supracrustales juvéniles du Circum-Supérieur, incluant la Ceinture de Cape Smith et la Fosse du Labrador, ont certains points en commun avec les terranes minéralisés mentionnés ci-haut. De plus, le « Core Zone » (microcontinent en ruban situé entre les cratons du Supérieur et nord-atlantique) partage certaines caractéristiques avec le craton Sask, hôte de la kimberlite Fort-à-la-Corne en Saskatchewan. Il faut aussi mentionner l'uranium de la région d'Athabasca, issu de relations complexes entre les failles d'extension tardi- à postorogéniques et la déposition de couches sédimentaires réductrices. Ces observations font de la Province de Churchill une région très importante au point de vue de la prospectivité minière et, par conséquent, des fosses du Labrador et de l'Ungava (Ceinture de Cape Smith) des régions ayant un potentiel pour la découverte de futurs gisements.

Séance 2

Substances classiques / substances nouvelles : défis et contraintes de la valorisation des nouveaux minerais

Normand Grégoire (Genivar)

La demande accrue autant pour les substances classiques que pour les substances nouvelles a accéléré le développement de projets miniers de plus en plus complexes et a mis en évidence l'importance de la valorisation des minerais polymétalliques par des procédés nouveaux et innovateurs. L'impact associé aux connaissances scientifiques requises (en particulier en exploration et en minéralurgie), à l'expertise des laboratoires et des consultants ainsi qu'aux démarches de consultation et autorisation environnementale est aussi déterminant. Des projets contemporains, chez nous, qui sortent des sentiers battus de l'exploration et de la minéralurgie seront utilisés pour commenter brièvement cette problématique. La présentation comprendra aussi un bref sommaire des substances nouvelles qui feront partie du portrait minier à court et à moyen terme.

Séance 2

La minéralogie appliquée : un outil pour mieux comprendre les procédés de concentration des minerais de fer

Sylvie Lévesque, Marilène Renaud, Daniel Michaud
et Simon Goudreau (COREM)

La détermination des caractéristiques minéralogiques des minerais de fer est essentielle pour optimiser les procédés de concentration du fer de valeur et prédire leurs performances.

La demande croissante au cours des dernières années pour la production de concentrés de fer stimule l'exploitation de nouveaux gisements et la mise en activité de nouveaux concentrateurs. Les concentrateurs de minerai de fer existants doivent également augmenter leur production afin de répondre à la demande. Pour ce faire, des zones moins favorables de la mine, n'ayant pas été exploitées jusqu'à maintenant, car présentant des difficultés métallurgiques particulières, sont mises à contribution. L'atteinte des caractéristiques (teneurs et récupérations) des concentrés à produire peut alors représenter un défi technique pour maintenir la rentabilité économique d'un procédé.

Dans ce but, une meilleure connaissance de la minéralogie des minerais constitue un atout majeur sinon incontournable. En effet, la minéralogie appliquée permet d'étudier les caractéristiques des minerais et de les comparer avec les procédés de concentration afin de comprendre les rendements qui en résultent. Les caractéristiques minéralogiques incluent la composition minérale, la libération et la texture des minerais. Des modifications peuvent alors être proposées sur la base de ces informations pour améliorer un procédé en place ou pour maintenir le rendement d'un procédé à la suite d'un changement (actuel ou à venir) des caractéristiques minéralogiques du minerai.

Des exemples de minerais ayant des caractéristiques minéralogiques variées seront présentés durant cet exposé et les procédés de concentration utilisés (ou proposés) pour les traiter seront mis en parallèle avec les rendements obtenus (ou prédits).

Séance 2

85 ans de développements à la fonderie Horne

Yves Prévost (Xstrata Copper)

La fonderie Horne, située à Rouyn-Noranda, fête cette année ses 85 ans d'opération. Construite à l'origine pour desservir sa propre mine de cuivre, la fonderie a rapidement pris sa place dans le marché des fonderies à façon, jusqu'à en devenir entièrement dépendante lors de la fermeture de sa mine en 1976. Au fil des ans, les concentrés sont devenus plus complexes et l'importance des matériaux recyclés a augmenté. Cette présentation est un survol des développements apportés à la fonderie au fil des ans et met un accent particulier sur ses perspectives d'avenir.

Séance 3

Le pergélisol et le changement climatique au Québec nordique : les défis pour le développement régional

Michel Allard (CEN, Université Laval)

Au Québec, le pergélisol s'étend sous la surface, sur de vastes superficies en territoire nordique. On peut trouver des îlots de pergélisol sporadique dans le paysage à partir du 51° N, généralement dans les tourbières où il n'atteint que quelques mètres d'épaisseur, mais aussi au sommet des collines rocheuses non boisées. La zone dite de pergélisol discontinu s'étend approximativement entre les 56° et 58° N; le pergélisol y est présent par plaques dans les sols tourbeux et argileux, et ce, autant dans le fond des vallées que sur les collines couvertes de toundra. Au-delà du 58° N, s'étend la zone continue, couverte par la toundra, où l'on considère que les températures du sous-sol sont négatives pour au moins 90 % de la superficie du territoire. L'épaisseur la plus importante mesurée à date est de 630 m, sous les plateaux de Katinniq. Cependant, le pergélisol est absent sous les lacs, lesquels sont très nombreux au Québec, ce qui implique la présence de transitions et de contacts verticaux entre les zones gelées et non gelées pouvant engendrer des difficultés lors de l'exploitation des gisements miniers. Alors que dans la zone continue, les températures du pergélisol sont froides (approximativement de -3 °C à -7 °C), dans les zones discontinues et sporadiques, les températures avoisinent présentement 0 °C. Depuis 1992, les températures dans le pergélisol ont grimpé d'environ 2 °C partout au Nunavik (à 4 m de profondeur) et cette tendance va continuer. Tous les dépôts meubles du Quaternaire retrouvés sur le terrain sont susceptibles de contenir de la glace. Certains, comme les dépôts marins postglaciaires, en contiennent davantage que les autres. Cette présence de glace dans le sol, dont la fonte provoque le tassement et l'instabilité du terrain et des infrastructures, représente un défi pour la construction et l'entretien de routes, de pistes d'atterrissage et de bâtiments. Il s'avère important de bien connaître les propriétés du pergélisol (texture, teneur en glace, épaisseur de la couche active) et les facteurs qui régissent localement son régime thermique (climat, enneigement différentiel, couvert organique et végétal) afin de choisir les méthodes de construction les mieux adaptées. Finalement, dans le cas d'exploitations minières, il faut considérer que les résidus et les rejets miniers sont soumis au climat froid et que le pergélisol qui va s'y former (que nous appelons pergélisol industriel) aura des propriétés particulières liées à la texture et à la composition géochimique des matériaux. Les choix d'ingénierie lors de l'ouverture de mines auront un impact important sur les coûts d'exploitation et d'entretien de même que sur la performance des entreprises en matière de protection de l'environnement.

Pergélisol : sol et roc qui se maintiennent depuis longtemps sous 0 °C.

Séance 3

Xstrata Nickel Mine Raglan : les défis d'une opération à la limite du nord du Québec

Pierre Barrette (Xstrata Nickel)

Cette conférence portera sur les défis opérationnels liés au climat arctique et à l'isolement du territoire. Les aspects discutés seront, notamment, la complexité de la logistique, la génération énergétique, la gestion d'infrastructures de support, le partenariat avec les communautés inuites et les problématiques associées au minage dans le pergélisol.

Pour les entreprises, le développement minier dans le Grand Nord apporte son lot d'enjeux et Xstrata Nickel Mine Raglan n'y fait pas exception.

Située à la limite du nord du Québec, la propriété Raglan de Xstrata Nickel s'étend sur près de 70 kilomètres et se compose d'une série de gisements à forte teneur, principalement en nickel et en cuivre. Les installations comprennent quatre mines souterraines, un concentrateur, une centrale électrique, des immeubles administratifs et résidentiels, une source d'approvisionnement en eau douce et des réservoirs à combustible. Un réseau de routes praticables toute l'année relie le complexe minier à une piste d'atterrissage située à Donaldson ainsi qu'aux entrepôts et installations portuaires situés dans la baie Déception.

Cette présentation permettra d'exposer quelques façons de faire développées par Xstrata Nickel Mine Raglan afin d'assurer le succès de ses exploitations.

Séance 3

Les défis associés à la mise en valeur d'un projet en milieu nordique : cas du projet Méliadine

Michel Julien (Mines Agnico-Eagle)

Mines Agnico-Eagle (AEM) développe le projet Méliadine au Nunavut. Il s'agit d'un projet aurifère développé sous forme de fosses à ciel ouvert et de mines souterraines. Lors de sa mise en exploitation, prévue après 2017, le projet Méliadine sera la deuxième opération d'AEM au Nunavut, après Meadowbank. Il est clair que développer un projet minier en milieu nordique présente des défis très particuliers, notamment au niveau de la logistique, de la main-d'œuvre, de la santé et sécurité et de la délivrance des permis. Grâce à son expérience à Meadowbank et à son équipe aguerrie, AEM comprend mieux la complexité de tels projets et est donc plus à même de faire face aux défis de ce nouveau projet.

Cette présentation traitera des particularités du projet Méliadine : un environnement nordique caractérisé par des températures extrêmes, le pergélisol continu, une multitude de lacs, des enjeux socio-économiques complexes au niveau du recrutement de la main-d'œuvre et des relations avec les communautés inuites. Une revue du processus de délivrance des permis s'appliquant au Nunavut sera également faite pour mettre en contexte l'impact de l'obtention des permis sur l'échéancier global de la mise en exploitation. Nous aborderons également certains éléments techniques associés au développement minier dans un environnement de froid extrême, en particulier, les impacts des saisons courtes de transport de matériels sur l'échéancier de construction, l'effet de la température sur la performance des équipements miniers et la gestion de l'eau dans un contexte global (eaux de surface, eaux souterraines, eaux de procédé, etc.). Une discussion sera finalement faite sur les enjeux associés à l'estimation des coûts d'un projet dans un tel environnement et les risques qui y sont liés.

Séance 3

Le gîte de terres rares lourdes de Strange Lake : construire une mine de classe mondiale dans le Grand Nord québécois

Peter Cashin (Quest Rare Minerals)

Le gîte Zone-B sur le projet Strange Lake de Quest Rare Minerals est situé dans le nord-est québécois, à environ 220 km au nord-est de Schefferville et à 3 km au nord-ouest de la frontière entre le Québec et le Labrador. Étant le plus gros inventaire de ressources en terres rares lourdes en dehors de la Chine, ce gîte devrait jouer un rôle capital pour répondre à la demande à long terme et aux besoins de l'économie technologique en croissance. Quest relève les défis liés au développement durable en construisant une mine de terres rares de classe mondiale dans le Nord du Québec. La construction de nouvelles infrastructures minières, le développement de relations responsables avec les autochtones, et l'assurance de pouvoir minimiser les impacts de l'exploitation minière dans un écosystème sensible seront les enjeux abordés lors de cette présentation.

Séance 3

Les ressources minérales du Nord du Québec : comment convertir un potentiel en réalité économique?

Jean-Marc Lulin (Exploration Azimut)

Plus de 300 gisements, 550 gîtes et 6 700 indices minéralisés, toutes substances confondues, ont été découverts jusqu'à présent à l'échelle du Québec. Après une phase de découvertes initiales au 19e siècle dans les Cantons-de-l'Est, l'exploration au 20e siècle s'est déplacée vers le nord, principalement en Abitibi et sur la Côte-Nord. La même tendance s'exprime aujourd'hui avec le déplacement des activités d'exploration et de développement miniers encore plus au nord, vers la Baie-James et le Nunavik, à partir des principales régions minières en activité.

Cette phase actuelle d'expansion est liée d'une part à des facteurs externes (accroissement de la demande mondiale associée à la fermeté du prix des métaux) et, d'autre part, à des facteurs internes au Québec, en particulier l'existence de données géoscientifiques de qualité et un cadre légal et fiscal favorable à l'investissement. Des défis sans précédent existent cependant du fait de l'immensité du territoire en jeu (1 200 000 km^2), du manque d'infrastructures et des contraintes climatiques. Le stade très précoce du développement économique sur ce territoire se traduit notamment par l'existence de seulement huit mines en activité dont l'empreinte est évaluée à 0,003 % de la superficie.

Le développement du Nord du Québec prend la forme de deux dynamiques complémentaires :

- À court terme (de 1 à 5 ans), avec des projets avancés aux stades de la préfaisabilité, de la faisabilité ou de la mise en valeur. Ces projets correspondent soit à des découvertes antérieures jusqu'à présent inexploitées du fait de conditions adverses du marché (surtout le cas du fer), soit à la découverte au cours des quinze dernières années de nouveaux gisements (or, lithium, diamants à la Baie-James; nickel et terres rares au Nunavik).
- À moyen et long termes (de 5 à 50 ans), avec des projets d'exploration situés dans les extensions de gisements connus ou avec des projets d'exploration conceptuels vérifiant des cibles sur de vastes territoires encore peu ou pas explorés. Dans ce dernier cas, les découvertes réalisées doivent être suffisamment importantes pour justifier par elles-mêmes la création de nouvelles infrastructures. Ces « gisements fondateurs » pourraient éventuellement devenir les centres de gravité de nouveaux camps miniers.

Le Nord du Québec représente une profondeur stratégique considérable pour le développement économique et la prospérité du Québec. Tenant compte des superficies en jeu, et aussi des cycles économiques, il est totalement illusoire de croire que d'ici 30 ans, voire 50 ans, son potentiel minéral sera pleinement évalué. L'accès au territoire sur le long terme et le maintien d'un régime légal et fiscal incitatif apparaissent comme deux conditions essentielles afin de pouvoir convertir ce potentiel en réalité économique.

Séance 4

Matériaux critiques pour un avenir durable : le lithium, le graphite et les terres rares

Gareth P. Hatch (Innovation Metals Corporation)

Le succès futur de la production d'énergie durable à l'échelle mondiale dépendra de notre capacité à localiser, extraire et utiliser un certain nombre de matériaux peu connus mais très importants. Les matériaux comme le lithium, le graphite et les éléments des terres rares (ETR) seront cruciaux pour la production de machinerie électrique, de batteries de stockage d'énergie et d'autres appareils de haute technologie qui seront nécessaires pour assurer un avenir durable. Cette présentation passera en revue les facteurs qui ont une incidence sur l'offre et la demande pour ces matériaux, les défis associés aux projets en développement de par le monde, et le rôle important que pourrait jouer le Québec dans le développement des industries associées à ces matériaux.

Séance 4

Le gîte de Kipawa, développement et défis du projet de terres rares lourdes au Témiscamingue

Paul Blatter (Matamec Explorations)

Le gîte de Kipawa est situé dans la région du Témiscamingue au Québec, à 140 km au sud de Rouyn-Noranda et à 60 km au nord-est de Témiscaming. Plus précisément, il est localisé sur la propriété Zeus, propriété détenue à 100 % par Matamec qui couvre plus de 22 000 ha. Le gîte de Kipawa (51 % Matamec, 49 % TRECan) se distingue par la présence de terres rares critiques, principalement des terres rares lourdes, telles que le dysprosium, le terbium, l'yttrium, l'europium et le néodyme. Les minéraux porteurs de terres rares sont principalement l'eudialyte et la mosandrite, minéraux n'ayant pas de procédé industriel connu à ce jour.

Une analyse économique préliminaire positive rendue publique en janvier 2012 indique, entre autres, un potentiel minéral de 19 millions de tonnes à une teneur moyenne de 0,428 % OTRT (oxydes de terres rares totales). Les résultats de cette analyse ont permis d'accélérer le développement du projet et d'entreprendre une étude de faisabilité en avril dernier.

La présentation exposera initialement le contexte du marché mondial des terres rares et comment ce projet s'y insère. Ensuite, lors de la description technique du projet (tant minier, métallurgique qu'environnemental), les défis qui lui sont associés seront mis en évidence et discutés.

Séance 4

Le graphite au Québec : libérer son potentiel extraordinaire pour l'humanité par le biais des applications du graphène

Gary Economo (Focus Graphite)

Le graphite naturel du Québec fait maintenant l'objet d'investigations universelles par la communauté scientifique. Le graphène, le nouveau matériau miracle, représente la clé qui ouvre la porte à la révolution technologique mondiale actuelle. La production du graphène de la plus haute qualité au coût le plus bas possible transformera nos vies. La source de graphite technologique de Focus Graphite au lac Knife au Québec, et l'élaboration d'applications à base de graphène industriel de Grafoid sont en voie de changer le monde des matériaux.

Séance 4

Extraction, purification et recyclage des métaux mineurs pour l'industrie des semi-conducteurs

Frédéric Bélanger et Denis Shink (5N Plus)

L'entreprise 5N Plus est un producteur-chef de file de métaux spéciaux et de produits chimiques. La société, entièrement intégrée, possède des installations de recyclage en boucle fermée. Son siège social se trouve à Montréal (Québec, Canada) et elle compte des installations de production dans plusieurs pays, notamment en Europe, en Amérique du Nord et en Asie. À partir de diverses technologies brevetées et éprouvées, 5N Plus fabrique des produits qui sont utilisés dans plusieurs applications pharmaceutiques, électroniques et industrielles. Parmi les principaux produits, mentionnons, entre autres, les métaux purifiés comme le bismuth, le gallium, le germanium, l'indium, le sélénium et le tellure, les produits chimiques inorganiques basés sur ces types de métaux et les substrats de composés semi-conducteurs. Un grand nombre de ces produits sont des précurseurs critiques et des éléments indispensables sur certains marchés tels ceux des modules solaires, des diodes électroluminescentes et des matériaux écologiques.

Cette présentation résume les différentes applications et opportunités de croissance des métaux mineurs comme le tellure, le germanium, le gallium et le bismuth. De plus, nous mettrons l'accent sur les traitements métallurgiques propres à l'extraction, la purification et au recyclage du tellure et du germanium.

Séance 4

Extraction d'alumine métallurgique à partir de schiste argileux : une nouvelle approche technologique

Marc Filion (Orbite Aluminae)

La société canadienne Orbite Aluminae inc. est détentrice de technologies vertes uniques qui sont en voie d'établir de nouveaux standards dans l'industrie de l'aluminium. Ces technologies permettent l'extraction d'alumine métallurgique (SGA), d'alumine de haute pureté (HPA) ainsi que d'autres produits de grande valeur, tels que les terres rares et autres métaux peu communs, à partir de différentes sources comme l'argile alumineuse et la bauxite, le tout sans générer de boue rouge, soit le résidu toxique associé au procédé Bayer traditionnellement utilisé. Orbite détient également les droits de propriété intellectuelle sur son procédé unique d'extraction d'alumine classée en onze familles distinctes à travers le monde.

La Société possède aussi 100 % des droits miniers sur un total de 60 984 hectares, incluant sa propriété de Grande-Vallée de 6 665 hectares, site d'un dépôt d'argile alumineuse situé au Québec, Canada. Le dernier rapport 43-101 daté du 30 mai 2012, *Reviewed Preliminary Economic Assessment*, établit la quantité de ressources minérales indiquées dans une partie du dépôt à plus d'un milliard de tonnes métriques d'argile alumineuse.

Qui plus est, le processus développé par Orbite ne génère pas les infâmes et caustiques boues rouges associées au procédé Bayer utilisé depuis plus de 100 ans pour l'extraction de l'alumine à partir de la bauxite. Les boues rouges nécessitent généralement un stockage à long terme pour protéger l'environnement et, présentement, il y a 3 milliards de tonnes de cette boue sur la planète. En revanche, le procédé d'Orbite sépare les différentes composantes de l'argile de façon séquentielle et recycle l'acide utilisé pour lixivier les métaux.

Séance 4

Un survol non exhaustif des technologies de traitement élaborées pour le graphite et le lithium

Claude Gagnon (COREM)

Les nouvelles tendances dans les technologies de tous les jours peuvent se résumer ainsi : le portable et le vert. La demande pour des appareils électroniques portables et la production d'énergie de sources renouvelables alimente la demande pour des éléments comme le lithium, le graphite et les éléments des terres rares, dont la disponibilité dans certains cas est déjà critique ou pourrait le devenir. Le COREM, un centre de recherche situé dans la ville de Québec au Canada, se spécialise dans l'élaboration de procédés pour l'industrie minérale. À cet égard, la demande pour des projets visant à valoriser ces minéraux précieux est en hausse. Au fil des ans, le COREM a participé à l'élaboration de nouveaux procédés de valorisation ou de transformation des ressources mentionnées ci-dessus pour différents usagers. Dans le cadre d'un survol non exhaustif sur le traitement de ces matériaux, quelques exemples seront présentés parmi les travaux antérieurs du COREM portant sur la valorisation du spodumène, la purification du graphite et du carbonate de lithium pour des applications électroniques et même la fabrication de matériaux à partir de ces éléments pour des applications de batteries.

Séance 5

Mieux comprendre les impacts sociaux des mines sur les communautés autochtones du Nunavik et d'Eeyou Istchee, un aperçu des enjeux juridiques, politiques et sociaux

Thierry Rodon (Université Laval)

On assiste à un développement minier sans précédent sur le territoire de la Convention de la Baie-James et du Nord du Québec (CBJNQ) qui couvre les régions d'Eeyou Istchee (Cris) et du Nunavik (Inuit). Les mines ne sont toutefois pas une nouveauté dans la région et il est important d'analyser leur bilan et les conditions sociales qui prévalent dans les communautés autochtones de la région pour mieux comprendre les impacts potentiels du développement minier.

Dans cette présentation, nous donnerons un aperçu du cadre juridico-politique qui balise la relation entre les mines et les communautés (CBJNQ, processus d'évaluation environnementale, ententes sur les impacts et les bénéfices et la notion de « licence sociale »). Nous présenterons ensuite un état des connaissances sur les impacts sociaux des mines sur les communautés autochtones de l'Arctique canadien en nous basant sur les études de suivi et la littérature scientifique et nous proposerons quelques pistes de solutions.

Séance 5

ArcelorMittal, le plus grand projet minier du Nord

Éric Tétrault (ArcelorMittal Mines Canada)

ArcelorMittal a rendu public en mai 2011 un projet d'expansion de 2,1B$, le plus important projet minier du Plan Nord, et l'un des plus importants projets privés de développement économique de l'histoire au Québec.

L'impact sur l'économie se fait ressentir non seulement sur la Côte-Nord, mais aussi dans toutes les régions du Québec. Plus ArcelorMittal investit, plus les Québécois s'enrichissent.

Séance 5

Le développement économique, environnemental et social du projet Renard

Patrick Godin (Les Diamants Stornoway)

Le projet Renard chemine pour devenir la première mine de diamant du Québec. Plusieurs jalons importants ont été accomplis avec succès au cours de la dernière année en vue d'atteindre cet objectif. À la fin de l'an dernier, nous avons rendu publique l'étude de faisabilité du projet diamantifère Renard et soumis l'étude d'impact environnemental et social aux instances gouvernementales. Cette année, nous avons : conclu une convention sur les répercussions et les avantages avec les Cris de la Baie-James; signé une déclaration des partenaires avec les communautés de Chibougamau et de Chapais; complété avec succès l'étape des audiences publiques fédérales et provinciales; procédé au transfert de notre siège social à Montréal; et, finalement, annoncé la signature d'une lettre de mandat avec sept institutions bancaires visant un financement par emprunts de 475 M$ à l'égard du projet Renard. Nous nous attendons à recevoir sous peu les principales approbations réglementaires nous permettant d'amorcer la construction du projet.

Dans sa démarche **sociale**, Stornoway a toujours considéré comme prioritaire le maintien d'un dialogue constant avec les communautés d'accueil et les autres parties prenantes de son projet. Cette approche basée sur l'intégrité et le respect nous a permis de bien faire comprendre les enjeux du développement que nous envisageons et les nombreux défis qui y sont rattachés à chaque étape. Il demeure indéniable que le soutien obtenu des parties prenantes pour le développement du projet Renard tout au long de son cheminement a joué un rôle majeur dans l'avancement de ce dernier.

L'approche **environnementale** du projet Renard a permis de définir un projet dont l'empreinte environnementale se limitera à 3,1 km^2 (incluant la piste d'atterrissage) pour les 20 années d'exploitation prévues dans le plan à long terme du projet. L'objectif de minimiser l'empreinte environnementale a été au cœur de notre démarche, de même que le souci de développer une approche innovatrice pour la gestion de l'eau du site minier. La mise en place de groupes d'échange environnementaux a joué un rôle crucial en permettant de tenir compte des préoccupations des parties prenantes tout au long du processus d'optimisation du site minier et d'intégrer des changements qui feront de Renard un projet socialement acceptable.

Le plan à long terme de Renard démontre que ce projet permettra un apport **économique** important pour la région, et ce, sur une période d'au moins une vingtaine d'années. De plus, le potentiel d'augmenter significativement l'espérance de vie de cette exploitation minière demeure très grand compte tenu des connaissances actuelles. Pour la société québécoise, ce sont des retombées majeures en matière de fiscalité, d'emplois, de contrats et de dépenses d'exploitation. Renard diversifiera la production minérale du Québec et permettra à la région du Nord-du-Québec d'ajouter un moteur économique qui se développera dans le respect de l'environnement et des communautés qui y habitent.

Séance 6

Des mines et des hommes : travailleurs, villes et environnement miniers d'hier à aujourd'hui

Marc Vallières (Université Laval)

Aujourd'hui, les conditions de travail dans l'exploration et l'exploitation minières, l'organisation des communautés minières isolées et l'environnement des sites miniers répondent aux normes les plus modernes. Cela n'a pas toujours été le cas dans les 150 ans d'histoire de l'industrie minérale québécoise. Au moyen d'illustrations anciennes, la présentation veut retracer l'itinéraire historique d'une industrie longtemps considérée comme dangereuse pour ses travailleurs, d'un milieu résidentiel et urbain fortement dépendant des exploitations qui s'y établissent et d'un environnement naturel et habité très perturbé par les rejets de l'extraction et de la transformation des substances minérales.

Ainsi, il sera démontré que l'évolution des conditions de travail suit le rythme des changements des techniques d'exploration et des méthodes d'exploitation tant à ciel ouvert que souterraines, tout en étant influencées par les législations provinciales portant sur la santé et la sécurité au travail. De plus, les travailleurs miniers et leurs familles ont eu besoin dès le début de logements, de commerces et des services publics à proximité des mines, de sorte que le camp minier rustique en pleine forêt se transforme en ville minière ou même en région minière, avec l'expansion et la permanence des exploitations. Enfin, les mines et les usines de concentration, de fonte et d'affinage ont laissé échapper dans l'atmosphère, dans les cours d'eau et dans les sols des résidus de toute nature qui ont provoqué avec le temps des bouleversements de l'environnement naturel des régions touchées. Comme dans beaucoup d'autres activités économiques, il a fallu du temps pour prendre conscience des dangers et des retombées négatives de l'industrie sur les personnes, les communautés et l'environnement, pour ne plus les considérer comme le prix inévitable à payer pour un développement économique générateur d'emplois et pour prendre les moyens d'assurer un développement durable des ressources minérales québécoises dans le respect des travailleurs, des collectivités et du milieu naturel.

Tout cela fait partie de l'héritage que l'industrie minérale québécoise laisse aux générations actuelles et futures, beaucoup plus sensibles à la qualité de vie et moins enclines au développement économique à tout prix. Cet héritage inclut également un patrimoine industriel qui témoigne d'un passé très riche pour les participants de l'industrie et les communautés locales et qui doit trouver de nouvelles vocations au terme de sa vie utile.

Séance 6

Innovation en exploration minière au Québec – 50 ans d'histoire

Marc Boivin (MB Geosolutions) et Gérald Thériault (technicien et prospecteur)

Le territoire québécois possède une histoire riche en découvertes minières et demeure un lieu toujours aussi prisé pour les sociétés d'exploration. Ce succès a été favorisé par 50 ans d'innovation en exploration minière. Ce concept d'innovation s'est exprimé sur le plan du développement d'outils géophysique et géochimique tel que le récepteur PP SWP-1, le Beep-Mat, le système aéroporté EMAL, le bilan de masse sur précurseur modélisé et le calcul des minéraux normatifs (NORMAT et norme CONSOREM). Il s'est aussi exprimé sur le plan d'initiatives innovatrices telles que les levés régionaux de géochimie de ruisseaux ou les levés INPUT. Plusieurs de ces développements ou initiatives ont contribué à la découverte d'indices qui sont devenus des mines ou à la naissance de firmes de services québécoises dont certaines existent encore aujourd'hui. Des organismes de recherche tels que l'IREM, le CONSOREM et DIVEX ont aussi servi de catalyseur à la créativité québécoise pour l'exploration de gisements miniers. Afin de préparer l'avenir, il est important de poser un regard sur le passé et sur les surprenantes contributions de nos innovateurs.

Séance 6

La géomatique au service de l'exploitation minière

Jacques Charron (K2 Geospatial)

Dans le contexte concurrentiel et complexe d'aujourd'hui, la géomatique et les systèmes d'information géographiques (SIG) offrent de multiples approches, techniques et outils à l'industrie minière afin de permettre l'acquisition, la structuration et le stockage, le traitement et la diffusion de données spatiales.

Or, pour soutenir une prise de décision éclairée, les SIG doivent intégrer les systèmes de gestion en place, habituellement indépendants les uns des autres et généralement utilisés en silos, afin d'offrir une vue d'ensemble des exploitations minières. De plus, les données et les systèmes ainsi connectés doivent être accessibles au quotidien par les décideurs non techniciens. Ces défis d'intégration et de convivialité sont relevés dans divers secteurs d'activités, incluant les organisations municipales, les ministères et organisations gouvernementales, les services publics et l'industrie minière.

Cette présentation a pour but d'exposer les bénéfices associés à l'utilisation des SIG au sein d'organisations minières, principalement en ce qui concerne l'exploitation. Elle sera appuyée par des exemples d'application.

Séance 6

La survie de Niobec a passé par ses innovations minières et métallurgiques

Steve Thivierge (Niobec)

Depuis sa découverte en 1967 et sa mise en exploitation en 1976, des hommes et des femmes ont contribué à développer ce projet aux enjeux économiques. Cet exposé est une rétrospective des grandes améliorations technologiques qui ont marqué l'évolution de la mine Niobec, et qui tracent tout le chemin parcouru depuis. Si Niobec est ce qu'elle est aujourd'hui, c'est qu'elle a su innover pour survivre. Notre capacité de faire face aux changements nous permet de nous positionner avantageusement dans les marchés de croissance. Un projet d'envergure est à nos portes et vous aurez l'occasion de voir les futurs enjeux technologiques. Le savoir-faire des gens qui s'engagent reste encore notre meilleure source de succès.

Séance 6

L'exploration spatiale : la porte vers les mines du futur

Martin Picard et Jean-Claude Piedbœuf (Agence spatiale canadienne)

L'être humain s'intéresse à l'espace depuis la nuit des temps. Pendant des millénaires, l'espace ne pouvait être qu'observé. Ce n'est que récemment, à peine plus de 50 ans, que l'être humain a mis le « pied » dans l'espace. Initialement poussée par l'intérêt scientifique, l'exploration de l'orbite terrestre a rapidement généré des retombées aussi intéressantes qu'inattendues. On tient maintenant pour acquis les prévisions météorologiques, notre capacité de communiquer n'importe où et n'importe quand et le positionnement global par satellite.

Après avoir conquis l'orbite terrestre et fait quelques incursions dans le système solaire, la Terre est maintenant sur le point d'étendre ses frontières pour inclure la Lune, les astéroïdes et la planète Mars. Cette nouvelle phase de l'exploration spatiale est basée non seulement sur l'intérêt scientifique, mais également sur la possibilité d'étendre la sphère économique terrestre dans le domaine du tourisme spatial et dans celui de l'exploitation des ressources extra-terrestres.

La Lune étant vraisemblablement le résultat d'une collision de la Terre avec une petite planète offre le même potentiel de ressources que la Terre elle-même. Les astéroïdes sont les restes de la création du système solaire et présentent un vaste potentiel de ressources. Récemment, la société « Planetary Resources » a annoncé son intention d'entreprendre des activités d'exploitation des ressources sur les astéroïdes passant près de la Terre. Imaginons un futur où l'humanité aura conquis le système solaire et en exploitera les ressources.

À court et moyen terme, la principale ressource que nous pouvons extraire est celle qui est la plus abondante sur la Terre : l'eau. Cela semble paradoxal, mais l'eau est nécessaire à la vie humaine dans l'espace. Elle est un bouclier efficace contre les radiations solaires ainsi qu'une source pour générer de l'oxygène et de l'hydrogène et, de ce fait, une source de carburant pour nos fusées allant explorer le système solaire. Sachant que la majorité de la masse d'une fusée est le carburant, on peut comprendre l'intérêt de générer ce carburant dans l'espace, soit sur la Lune ou à partir des astéroïdes. Les premières « mines spatiales » seront donc vraisemblablement des mines d'eau!

Étant un pays possédant de nombreuses ressources minières, le Canada est bien placé pour participer à ce type d'exploitation spatiale. Dans les dernières années, l'Agence spatiale canadienne a travaillé de concert avec la NASA pour développer des technologies de forage et des « rovers » (minirobots mobiles) qui permettront, dans un premier temps, de faire de la prospection, étape essentielle précédant l'exploitation.

Séance 7

Les amas sulfurés géants de la ceinture pyriteuse sud-ibérique en 2012 : état des connaissances et perspectives minières

Éric Marcoux (Université d'Orléans)

La ceinture pyriteuse sud-ibérique (Espagne et Portugal) est la plus lourde ceinture d'amas sulfurés au monde avec plus de 1 800 Mt de sulfures répartis dans au moins 86 amas Zn-Pb-Cu-(Ag-Au) dont huit contiennent plus de 100 Mt (Rio Tinto, Neves Corvo, Tharsis…). Tous sont d'âge viséen en liaison avec une importante activité volcanique sous-marine dominée par des rhyolites.

L'histoire minière, vieille de 4 000 ans, est chaotique. La période moderne commence avec la découverte en 1977 de Neves Corvo, amas polymétallique de plus de 280 Mt toujours exploité en 2012 par Lundin Mining. À partir de cette date, les campagnes et découvertes se succèdent, mais le démarrage des exploitations est freiné par la baisse des cours des métaux à la fin du 20e siècle. Depuis moins de 10 ans, on assiste à un renouveau avec l'ouverture (Las Cruces) ou la réouverture de mines (Aguas Teñidas) et l'extension significative des réserves (Neves Corvo).

Si la géophysique, notamment la gravimétrie, s'est révélée la plus performante, les résultats des travaux scientifiques d'équipes internationales ont accompagné et éclairé ces trois décennies d'exploration. L'étude géochimique fine des rhyolites montre l'existence de deux épisodes successifs très ponctuels (351,5 ±0,4 Ma et 345,7 ±0,6 Ma) formés par fusion superficielle de croûte et privilégie un contexte géodynamique de transtension. Les amas seraient presque exclusivement liés au second épisode. L'étude structurale détaillée montre une dominance des chevauchements dans cette région, ouvrant à l'exploration de vastes surfaces réputées stériles.

Une meilleure connaissance des modèles de gisements a permis d'éviter un enfermement dans le strict modèle amas sulfuré, de rechercher et trouver d'autres types de gisements. L'émersion du volcanisme a ainsi induit la formation de gisements épithermaux à Au-Ag-Hg (la Zarza : 9,8 Mt @ 1,6 g/t Au). La compréhension des paléosurfaces miocènes a permis de bien reconnaître le gisement de Las Cruces (14,7 Mt à 6,2 % Cu), mis en exploitation en 2009 par Inmet, et constitué d'un chapeau de fer et d'une zone de cémentation sur amas sulfuré. La cassitérite de Neves Corvo est maintenant reconnue comme étant liée à un événement périmagmatique antérieur aux volcanites à amas sulfurés.

La conjugaison d'une exploration performante dans un contexte géologique aussi bien compris que possible reste, en 2012, le plus sûr garant de découvertes majeures.

Séance 7

Les éléments traces dans les sulfures et les oxydes magmatiques : implications pour la pétrogenèse, l'exploration et l'exploitation

Sarah-Jane Barnes, Philippe Pagé et Sarah Dare (CRC-MM-UQAC)

La plupart des éléments qui sont exploités dans les gisements magmatiques; le Ni, le Cr, le Ti, le V et les éléments du groupe du platine (EGP), ne sont présents qu'à titre d'éléments traces ou mineurs dans les magmas silicatés. Pour former un gisement, ces éléments doivent être concentrés par un facteur de 20 à 100. Les minéraux dans lesquels ces éléments sont concentrés sont communément des sulfures ou des oxydes. En comprenant comment ces minéraux se forment, comment ils peuvent être concentrés, et en identifiant lesquels sont plus susceptibles de contenir des éléments d'intérêt, il devient possible d'élaborer des modèles de systèmes magmatiques et des modèles de formation des gisements. Les concentrations en éléments traces dans les oxydes et les sulfures, combinées à des études texturales de ces minéraux, peuvent indiquer les conditions dans lesquelles ces minéraux se sont formés. Ces renseignements peuvent ensuite être utilisés pour étudier la provenance. Les concentrations en éléments traces sont particulièrement importantes pour l'exploitation des EGP et de l'or, puisque ceux-ci peuvent être présents dans un bon nombre de sulfures au niveau des ppm. Finalement, la présence de certains éléments traces, comme l'As et le Cd, est importante puisque ceux-ci peuvent empoisonner le circuit d'extraction ou peuvent être lessivés des résidus miniers et polluer l'environnement.

Le développement de l'ablation au laser combiné à l'analyse par ICP-MS nous permet de déterminer les concentrations en éléments traces dans les minéraux, jusqu'au niveau des ppb. Des travaux réalisés au LabMaTer, à l'UQAC, démontrent que dans les sulfures figés très rapidement, tous les EGP (sauf le Pt) et le Re sont présents à titre d'éléments traces dans la pyrrhotite et la pentlandite. Dans les systèmes qui ont refroidi plus lentement, seulement 30 à 40 % des EGP sont présents dans les sulfures. Le reste se retrouve dans des minéraux du groupe du platine (MGP). Des études de tomographie assistée par ordinateur (CT-scan) et de microscopie électronique à balayage (SEM) montrent que ces minéraux sont généralement associés aux sulfures, suggérant que les MGP sont des exsolutions des minéraux sulfurés ou dans certains cas, ont cristallisé à partir du liquide sulfuré. Dans les roches métamorphisées, certains MGP sont complètement isolés, possiblement en raison de la remobilisation du soufre, ce qui donne comme résultat des roches qui renferment des teneurs économiques en EGP, tout en n'ayant aucune phase collectrice évidente présente.

L'étude des éléments traces dans la chromite démontre qu'il est possible de distinguer les chromites issues du manteau, des bonitites, des komatiites, des basaltes de dorsale océanique (MORB), des intrusions stratifiées et des basaltes d'îles océaniques (OIB), puisque les concentrations en éléments incompatibles augmentent, des chromites mantelliques aux chromites d'OIB. Une plus grande variété d'éléments traces peut être déterminée dans les oxydes de fer magmatiques et il est possible de distinguer les magnétites provenant de différents environnements magmatiques, par exemple d'intrusions stratifiées, d'anorthosites, et de sulfures magmatiques.

Séance 7

Le comportement des métaux (Au-Cu-Zn-Pb-Mo) sous les stratovolcans

Olivier Nadeau (UQAM)

En Californie, les mines Sulphur Bank et McLaughlin (Au-Hg) sont directement associées au champ volcanique de Clear Lake. Le cinabre, la pyrite, l'alunite et la kaolinite cristallisent encore auprès des geysers et des sources thermales. Ceci illustre que de façon générale, les réservoirs magmatiques, volcans et systèmes porphyriques sont génétiquement associés.

C'est en étudiant les porphyres d'Amérique du Sud que Sillitoe (1973) a établi une continuité verticale entre porphyres, épithermaux, et stratovolcans. Le porphyre aurifère de Bingham (Utah) abrite une minéralisation syngénétique dans un stratovolcan (Hattori et Keith, 2001), où de multiples injections de magmas ont évolué d'une composition mafique à monzonitique, et faisant ultimement surface sous forme d'éruption. Le volcan Pinatubo (Philippine) a fait éruption en 1991 en relâchant 20 Mt de SO_2 en un panache qui a fait deux fois le tour de la Terre. On y étudie depuis le comportement du soufre dans les systèmes magmatiques-hydrothermaux. Le volcan calco-alcalin Satsuma-Iwojima (Japon) émet environ de 0,1 à 10 t/an de Cu, Zn, Pb et Mo et de 10 g/an à 1 kg/an d'or par ses fumeroles. Un gisement d'or de niveau mondial contenant 100 t d'or pourrait donc s'y former entre 1 000 et 100 000 ans. Ces exemples démontrent les liens qui existent entre volcans et gîtes métallifères.

Au volcan Mérapi (Indonésie), un magma mafique, réduit et saturé en liquide sulfuré, s'est injecté dans un magma felsique et oxydé. Il y a eu ségrégation des métaux chalcophiles dans le liquide sulfuré immiscible, puis dissolution de ce dernier par un fluide magmatique nouvellement séparé du magma mafique (Nadeau *et al.*, 2010). Quoique les deux magmas ne se soient pas mélangés, le fluide hydrothermal a transféré les métaux depuis le magma mafique jusqu'au magma felsique, causant ainsi une explosion volcanique et le dépôt massif des métaux (Nadeau *et al.*, en révision). L'injection de magma mafique réduit a entraîné l'explosion du volcan, une baisse abrupte de la pression à des valeurs hydrostatiques et une impulsion de fluides hydrothermaux réduits riches en Cu et Pb (Nadeau, 2011). Après l'éruption, les magmas ont évolué par assimilation et cristallisation fractionnée. Le magma felsique et son fluide hydrothermal sont devenus plus oxydés et enrichis en métaux incompatibles (déposition du molybdène). Le système s'est scellé et la pression a grimpé à des valeurs lithostatiques, en attendant la prochaine injection.

L'étude des volcans est capitale pour la compréhension des mécanismes de minéralisation tels que la différenciation des éléments volatils et des complexes métalliques entre les différentes phases présentes dans ces environnements. Les volcans sont des fenêtres sur les processus magmatiques hydrothermaux.

Références

HATTORI, K.H., KEITH, J.D., 2001. - Contribution of mafic melt to porphyry copper mineralization; evidence from Mount Pinatubo, Philippines, and Bingham Canyon, Utah, USA. Mineralium Deposita, 36(8): 799-806.

NADEAU, O., 2011. - The Behaviour of Base Metals in Arc-Type Magmatic-Hydrothermal Systems – Insights From Merapi Volcano, Indonesia, McGill University, Montreal.

NADEAU, O., WILLIAMS-JONES, A. E., STIX, J., 2010. - Sulfide magma as a source of metals in arc-related magmatic hydrothermal ore fluids. Nature Geoscience, 3(7): 501-505.

NADEAU, O., WILLIAMS-JONES, A.E., STIX, J., EN RÉVISION. - The Behaviour of Copper, Zinc and Lead during Magmatic-Hydrothermal Activity at Merapi Volcano, Indonesia. Chemical Geology.

SILLITOE, R.H., 1973. - The tops and bottoms of porphyry copper deposits. Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists, 68(6): 799-815.

Séance 7

Les minéralisations chromifères et nickélifères de la ceinture de roches vertes de McFaulds Lake, Ontario : état des connaissances et perspectives pour la Province du Supérieur

Michel G. Houlé (CGC-Q), Riku Metsaranta (OGS) et C.M. Lesher (Université Laurentienne)

Les diverses minéralisations en Ni-Cu-EGP-Cr-V associées aux systèmes magmatiques mafiques-ultramafiques sont bien connues, mais les gisements de classe mondiale deviennent de plus en plus difficiles à découvrir et à exploiter, nécessitant une perspective globale visant une meilleure compréhension de leurs caractéristiques géologiques et de leurs environnements magmatiques, des mécanismes pour la saturation en sulfures / alliages / oxydes ainsi que des différents processus impliqués dans le transport, la mise en place et la modification de la minéralisation magmatique primaire. Le Canada est depuis longtemps l'un des principaux producteurs mondiaux de nickel avec de nombreux districts de classe mondiale (ex. : Sudbury, Thompson, Raglan); mais à l'exception d'une production mineure provenant de petits gisements de chromite podiforme associés aux complexes ophiolitiques dans les Appalaches, le Canada n'a jamais été un grand producteur de chrome. Avec les nouvelles découvertes dans la région de McFaulds Lake (i.e., *Ring of Fire*) dans le nord de l'Ontario, le Canada est, cependant, en voie de devenir un important producteur de chrome. De nombreuses intrusions mafiques et ultramafiques sont présentes dans cette région. Elles contiennent des gisements de chromite de classe mondiale (ex. : Black Thor, Black Label, Black Creek, Blackbird), un gisement de Ni-Cu-(EGP) (ex. : Eagle's Nest), et plusieurs indices de Fe-Ti-V (ex. : Thunderbird).

L'intense activité d'exploration dont fait l'objet cette région offre un accès sans pareil à de nouvelles données géoscientifiques et fournit un environnement idéal pour tester les modèles génétiques et les modèles d'exploration pour les minéralisations en Cr-(EGP), Ni-Cu-(EGP), EGP et Fe-Ti-V associées à des systèmes mafiques à ultramafiques, sous le et en collaboration avec le programme de l'IGC-4 de la Commission géologique du Canada. Ce projet pancanadien met l'emphase sur l'étude de la région de McFaulds Lake, à l'échelle du district et du gisement, en identifiant les éléments clés pour la détection de minéralisations orthomagmatiques enfouies, grâce à l'utilisation et au développement de nouvelles méthodes de caractérisation de la fertilité des intrusions, au développement d'indicateurs de cibles et à l'amélioration des connaissances géologiques des environnements minéralisés. D'autres régions dans la province du Supérieur sont également ciblées, comme la ceinture de roches vertes de Bird River (sud du Manitoba) et les domaines d'Eastmain et de La Grande (Québec) qui pourraient représenter l'extension du domaine d'Oxford Stull (Ontario) de la Province du Supérieur. Ces domaines pourraient vraisemblablement définir un nouveau superdomaine riche en minéralisation de Cr-Ni-Cu-EGP (métallotecte) fondamentalement différent des systèmes dominés par les minéralisations en Ni-Cu-(EGP) de la ceinture de roches vertes de l'Abitibi ou encore des autres secteurs comme le terrane de North Caribou et le domaine de Goudalie qui, jusqu'à ce jour, ne semblent pas minéralisés.

Une compréhension plus approfondie du contexte géologique régional ainsi qu'une meilleure connaissance des principales caractéristiques de ces nouveaux gîtes métallifères orthomagmatiques en Cr-(EGP), Ni-Cu-(EGP), EGP et Fe-Ti-V pourraient permettre de découvrir d'autres gisements importants dans la Province du Supérieur ainsi que dans les secteurs peu explorés du Bouclier Canadien.

Séance 7

Signatures géophysiques des intrusions aurifères tardi-archéennes de l'Abitibi dans leur contexte géodynamique

Noémie Fayol, Christophe Azevedo, Ludovic Bigot, Michel Jébrak (UQAM) et Lyal B. Harris (INRS-ETE)

La sous-province de l'Abitibi comprend de nombreuses intrusions calco-alcalines à alcalines auxquelles sont associés d'importants gisements aurifères. Datées entre 2685 et 2670 Ma, dans le sud de l'Abitibi, elles sont situées dans des bassins sédimentaires tardi-archéens. Les nombreuses variations pétrologiques de ces plutons, leur dynamique de mise en place et leurs évolutions au stade magmatique hydrothermal ont fait l'objet d'un ensemble de travaux qui renouvellent leur compréhension.

L'étude des données géophysiques, notamment de la signature magnétique de ces intrusions, permet de tenter un diagnostic précoce sur leur potentiel métallogénique. Ces données permettent d'illustrer l'environnement tectonique, la chronologie des évènements et, possiblement, l'état d'oxydation des magmas. Ainsi, la présence ou l'absence de certaines familles de failles peut suggérer un bassin en transtension ou en transpression; la forme de l'intrusif et les schistosités régionales permettent de déterminer si l'intrusion est pré-, syn- ou post-tectonique. Enfin, les zonations de la susceptibilité magnétique peuvent indiquer la présence d'un front d'oxydoréduction avec, plus spécifiquement, le passage d'une zone à magnétite vers une zone à hématite. Cette dernière information est primordiale en terme de potentiel minéral, puisque le potentiel aurifère dépend particulièrement de l'état d'oxydation des magmas.

Si la plupart de ces bassins sont considérés comme étant des bassins en transtension situés dans des corridors de déformation E-W, d'autres, tels que le bassin de Desmaraisville, associé à une structure NE-SW, semblent avoir été créés en régime transpressif. Ce phénomène de localisation des contraintes lié à des différences de densité de la croûte a été mis en évidence par l'étude de données gravimétriques et aéromagnétiques de la région ainsi que par des expériences de modélisations analogiques.

Enfin, la comparaison d'intrusifs minéralisés permet de faire ressortir les contrastes entre le district de Beattie à Duparquet et celui d'O'Brien au lac Bachelor qui sont situés respectivement dans des bassins en « pull-apart » et en transpression. Bien que les paragenèses métalliques à pyrite, or, magnétite et hématite soient très similaires, le gisement de Beattie se distingue par la présence d'arsénopyrite. De plus, au gisement Beattie, l'or est principalement disséminé dans le pluton et remobilisé aux bordures, alors que l'essentiel de la minéralisation reconnue à la mine du lac Bachelor est localisé dans un tuf extrêmement altéré en bordure de l'intrusif.

La métallogénie des intrusions alcalines fini-archéennes reflète donc des variations importantes où la géodynamique de mise en place contrôle le développement des minéralisations.

Séance 8

Disposition stratégique des roches stériles pour améliorer le comportement géotechnique et géochimique des haldes durant la construction et à la fermeture

Michel Aubertin (École Polytechnique) et Bruno Bussière (UQAT)

Les empilements de roches stériles créés sur les sites miniers peuvent avoir de grandes dimensions. On peut aussi y retrouver des minéraux réactifs qui sont susceptibles d'interagir avec l'eau et l'oxygène atmosphérique et ainsi contaminer les eaux d'infiltration. Ces haldes doivent être conçues et construites de façon à assurer leur stabilité physique et chimique à long terme.

La technique utilisée pour la construction d'une halde est habituellement dictée par des considérations pratiques et économiques. Il est également possible, et souvent avantageux, de planifier la construction des haldes de façon à minimiser les risques géotechniques et environnementaux durant l'opération et à la fermeture du site. Ceci nécessite cependant une planification détaillée de la séquence de construction de même que le contrôle de la mise en place des stériles selon une configuration différente des approches conventionnelles. Cette approche peut par exemple impliquer une construction par banc dont la hauteur individuelle doit être contrôlée. L'angle de pente globale des flancs de la halde doit également être limité. De plus, la surface de chaque banc devrait être inclinée vers l'extérieur et compactée de façon à contrôler les infiltrations d'eau. Lorsqu'une portion des stériles contient des minéraux réactifs susceptibles de contaminer les eaux de percolation, on doit aussi utiliser une déposition sélective afin de minimiser l'exposition de ces minéraux.

Ces divers aspects seront discutés durant la présentation, en illustrant l'approche proposée à l'aide d'analyses numériques et de cas pratiques.

Séance 8

Investigation de la valorisation des boues de traitement pour la prévention et le contrôle du drainage minier acide

Mamert Mbonimpa, Isabelle Demers, Médard Bouda (UQAT), Mario Gagnon (IAMGOLD) et Mostafa Benzaazoua (UQAT)

La chaux est communément utilisée pour le traitement actif du drainage minier acide (DMA). Ce traitement génère des boues qui contiennent principalement des métaux précipités sous forme d'hydroxydes, du gypse et le surplus de chaux n'ayant pas été consommée. Ces boues très hydratées sont généralement déposées dans des bassins qui doivent être restaurés à la fin de l'exploitation minière. Cependant, dans certains cas, la végétation recouvre assez rapidement les bassins de boues, ce qui indique leur potentiel comme substrat de croissance des plantes. Les boues peuvent aussi avoir des propriétés géotechniques et géochimiques intéressantes permettant leur utilisation comme composante du système de recouvrement visant le contrôle du DMA dans les sites d'entreposage (parc à résidus ou halde à stériles sulfureux).

Ce projet vise à étudier le potentiel d'utilisation de ces boues lors de la restauration de sites miniers générateurs de DMA. L'objectif principal est d'établir, à partir d'un solide programme expérimental, si les boues de traitement peuvent être employées comme composante des couvertures utilisées pour la gestion des résidus et la restauration des sites miniers. Diverses possibilités seront étudiées, soit l'utilisation de boues mélangées aux résidus, aux stériles et à un sol naturel, et ce, avec ou sans additif cimentaire.

Les travaux se sont déroulés en partie au laboratoire de l'Unité de recherche et de service en technologie minérale de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (URSTM-UQAT) (caractérisations approfondies des matériaux, essais en colonne) et en partie sur le site de la mine Doyon (cellules expérimentales pour tester quelques scénarios spécifiques). L'utilisation de mélanges boues-résidus et boues-stériles (avec ou sans liant) a été évaluée à l'aide d'essais cinétiques en colonne et en cellules humides afin d'étudier leur stabilité chimique. Le comportement hydrogéotechnique des mélanges retenus a ensuite été étudié pour choisir les formulations optimales qui seront finalement l'objet des essais en parcelles expérimentales sur le terrain. Par ailleurs, le comportement hydrogéotechnique des mélanges boues-sol a été étudié en vue de leur utilisation comme matériau de recouvrement. Après avoir déterminé les mélanges optimaux, leur stabilité chimique a été évaluée à l'aide d'essais en colonne, en vue de choisir le mélange optimal qui sera finalement testé en parcelles expérimentales sur le terrain. Les parcelles expérimentales, construites à l'été 2012, permettront d'évaluer en conditions réelles de terrain la performance de recouvrements monocouches composés en partie de boues de chaulage.

Séance 8

Le stockage du CO_2 dans les résidus miniers : une composante de la mine verte

Georges Beaudoin (Université Laval)

Les résidus miniers riches en calcium, fer et magnésium possèdent un potentiel de séquestration du carbone qui mériterait à être connu et utilisé. Les cations divalents Ca, Fe et Mg peuvent former des carbonates qui stockent du CO_2 de manière permanente et sans impact environnemental. Les carbonates de Fe et Mg, en particulier, résistent à la dissolution par les eaux météoriques, ce qui permet d'envisager un stockage permanent du CO_2. Le CO_2 est capturé par une réaction chimique de carbonatation minérale qui débute par la dissolution d'un minéral riche en Ca, Fe ou Mg, tels que les silicates. La mise en solution du cation en présence de CO_2 dissout ou à l'état gazeux cause la précipitation d'un carbonate. La capacité de stockage en CO_2 dépend non seulement de la quantité totale de cations dans le résidu minier, mais aussi de la structure minérale qui est dissoute pour mettre en solution le cation. La dissolution du minéral ne doit pas être inhibée par la précipitation de phases néoformées en surface et le cation dissout doit demeurer disponible pour réagir avec le CO_2. Le CO_2 peut être tiré d'une source ponctuelle à haute teneur, telle qu'une cheminée, ou diffuse à basse teneur, tel que l'atmosphère. La cinétique de la réaction est déterminée en partie par la teneur en CO_2 du gaz ou liquide réactif, mais aussi par plusieurs autres paramètres qui contrôlent l'infiltration, la diffusion, la dissolution des minéraux et la passivation chimique des surfaces réactives. Il est démontré que la réaction de carbonatation minérale se produit spontanément dans les résidus miniers d'exploitation du chrysotile dans le sud du Québec. Il s'agit de la seule méthode qui permet la capture et le stockage simultané de CO_2 directement de l'atmosphère. La carbonatation minérale des résidus miniers offre un potentiel important pour stocker du CO_2, qui pourrait être dix fois plus élevé que les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'une mine. Le stockage du CO_2 pourrait permettre à des mines de compenser entièrement leurs émissions de GES, en plus de générer de nouveaux revenus à partir des crédits d'émission de GES.

Séance 8

Recherche de substituts économiques aux liants traditionnels dans les remblais en pâte

Mostafa Benzaazoua et Olivier Peyronnard (UQAT)

Apparu dans les années 1930, le remblai des cavités souterraines lors des opérations minières est aujourd'hui une technique largement répandue. Le remblayage à l'aide de pâte cimentée (le plus utilisé) consiste à injecter dans les cavités un mélange de résidus miniers, de ciment (ou de ciments) (3 à 7 % de la fraction solide) et d'eau (en grande quantité pour permettre le transport de la pâte). Cette technique est particulièrement intéressante, car elle permet une extraction plus complète des ressources minières, tout en réduisant les volumes nécessaires au stockage en surface des résidus.

Le coût du remblayage varie entre 2 et 20 $ par tonne de remblai, la part reliée au ciment représentant le coût le plus important de cette opération. Le caractère énergivore de fabrication du ciment combiné au fait que les mines sont de plus en plus éloignées induit un contexte particulièrement défavorable pour le remblayage. Une valorisation des résidus industriels comme agent liant constitue donc une bonne solution de remplacement. Outre une réduction du coût des liants cimentaires, cette réutilisation présente des intérêts environnementaux majeurs (incluant la réduction de gaz à effets de serre, moins de déchets à gérer, etc.).

Dans le cadre de cette étude, nous avons cherché à développer des liants alternatifs à base de sous-produits permettant un développement convenable de résistances mécaniques. Les différents liants testés sont une combinaison de sous-produits pouzzolaniques (cendres, scories, verre…), d'activateurs d'hydratation (poussières de cimenterie, anhydrite) et de liants traditionnels (ciment Portland et laitiers de hauts-fourneaux). Jusqu'à 50 % des liants traditionnels peuvent être remplacés : l'anhydrite et les poussières de cimenterie permettent d'accélérer le développement des résistances et les sous-produits pouzzolaniques permettent de réduire les besoins en liants traditionnels. Néanmoins, l'obtention de très fortes résistances mécaniques nécessite l'ajout de laitiers de hauts-fourneaux. Les excellentes propriétés cimentaires des laitiers s'expliquent par une combinaison de caractéristiques optimales. En conséquence, l'optimisation des liants à base de sous-produits passe par l'obtention de telles caractéristiques. La combinaison de différents sous-produits peut être envisagée pour obtenir une composition optimale. Le verre pourrait ainsi être utilisé comme source de silice et des sous-produits riches en chaux (chaux usagées notamment), comme source de calcium. La réactivité des sous-produits issus de procédés thermiques (cendres, scorie) peut être accrue par une trempe rapide (à l'eau) pour leur conférer une structure amorphe.

Séance 8

Déshydratation des boues et opération en continu

Philippe Authier (ASDR Environnement)

ASDR Environnement se spécialise dans la recherche de solutions environnementales en assurant la gestion et le traitement des eaux usées et des boues de tout genre.

Étant le seul distributeur du procédé Géotube dans l'Est du Canada et ayant l'expertise d'opération optimale de ce type de technologie, il utilise cette technologie depuis plus d'une dizaine d'années dans le milieu municipal et depuis plus de 5 ans dans les milieux minier et industriel.

Cette technologie nécessite peu d'énergie et constitue une méthode simple et passive simplifiant la déshydratation et en réduisant les coûts de disposition. Le principe est simple. À l'aide d'ajout de réactifs, bien analysés et contrôlés, les solides sont agglomérés et séparés de l'eau pompée dans le géotube, laissant plus de 90 % des solides emprisonnés; l'eau claire se drainant sans ajout de pression supplémentaire est ainsi retournée dans les eaux d'opération et/ou évacuées, tout en respectant les normes dans le milieu naturel.

À la suite des premiers essais effectués en laboratoire, les protocoles de traitement sont rédigés et préparés dans le but de traiter les boues de façon appropriée.

Certaines opérations de traitement ont été mises sur pied pour répondre à des besoins séquentiels ainsi qu'à des besoins continus des divers systèmes de pompage miniers souterrains. Habituellement utilisés dans des aires de travail vastes, les géotubes ont été ajustés dans des aires de travail plus réduites. Cette technologie de filtration a dû évoluer depuis les premiers essais.

Dans le cadre de ces installations, nous avons cherché à optimiser notre système de traitement séquentiel et/ou avec surveillance en un système de traitement en continu et automatisé.

Les principaux objectifs de ces installations furent de traiter les boues en continu, de permettre à l'eau d'être réutilisée dans les opérations, de retenir les boues en état solide et de les réacheminer dans les cheminées à minerai tout en facilitant les besoins d'opération et en diminuant les coûts d'entretien des divers systèmes de pompage.

Tout en restant fidèles au principe de travail de notre technologie, nous avons analysé certaines méthodes de déshydratation et avons conçu un nouvel équipement de déshydratation; celui-ci plus mécanique et modulaire, permet une déshydratation plus rapide et laisse une empreinte d'opération plus compacte dans le but de mieux répondre aux besoins de l'industrie.

Séance 8

Surveillance en continu des câbles d'extraction

Sylvain Ouellette (CanmetMINE), Marc-Antoine Jetté (MEGLAB), Eric Leung et Raymond Gaëtan (CanmetMINE)

Les câbles de hissage sont une composante critique des opérations minières souterraines. Le coût des câbles est élevé et les coûts associés aux arrêts de production nécessaires pour leur entretien et leur remplacement le sont encore plus. Le remplacement des câbles est une tâche complexe qui requiert du matériel et du personnel spécialisé. Un remplacement non planifié est beaucoup plus coûteux qu'un remplacement planifié. Dans le cas extrême d'un bris de câble, les pertes globales peuvent être très élevées.

Un système de surveillance en continu des câbles d'extraction est sur le point d'être commercialisé par un manufacturier québécois. Ce système permet d'évaluer en temps réel la condition des câbles en produisant trois types de signaux, soit la détection des fautes locales, la mesure de la section métallique et la mesure de la longueur d'enroulement. Advenant une détérioration soudaine du ou des câbles, le système déclenche une alarme et peut même immobiliser automatiquement le treuil, selon le résultat escompté.

Depuis le 18 février 2011, l'article 305 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines du Québec permet de remplacer l'inspection visuelle quotidienne par une inspection électromagnétique. Contrairement à l'inspection visuelle, l'inspection magnétique permet de détecter les défauts importants, et ce, peu importe la quantité de graisse ou leur position (en périphérie ou à l'intérieur du câble). Elle ne requiert aucun arrêt de production, sauf pour inspecter visuellement les nouveaux défauts majeurs relevés.

Pour les mines profondes, l'article 288.1 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail dans les mines permet d'utiliser un facteur de sécurité réduit, à condition que les codes de pratique sud-africains SABS-0293 et SABS-0294 soient appliqués. Ces codes de pratique couvrent respectivement l'inspection des câbles et les infrastructures requises pour le hissage avec le facteur de sécurité réduit. SABS-0294 requiert notamment la mesure de la charge dynamique ainsi que l'inspection magnétique des câbles en continu. La réduction des charges dynamiques et le suivi des câbles permettent d'augmenter de façon substantielle la charge utile en toute sécurité.

Le règlement requiert aussi que l'inspection magnétique des câbles soit effectuée à des intervalles ne dépassant pas six mois. Dans la pratique, les inspections sont plus fréquentes en fin de vie du ou des câbles. La sécurité étant toujours la priorité, l'inspecteur réduira l'intervalle avant la prochaine inspection, s'il a le moindre doute sur l'intégrité des câbles. Il est très facile de transférer les fichiers par courriel à l'inspecteur responsable afin de permettre à ce dernier de mieux suivre l'évolution de la condition des câbles et de déterminer si une nouvelle inspection est nécessaire.

Séance 9

L'extraction des sulfures massifs du fond océanique – L'aube d'une nouvelle industrie

Steven Scott (Université de Toronto)

Observées pour la première fois il y a 30 ans, les sources chaudes à haute température au fond des mers provoquent la formation rapide de buttes et de monticules de même que des colonnes ou cheminées de cuivre, de zinc, de plomb, de sulfures de fer et d'argent, d'or et de divers autres éléments plus ou moins importants. Certains gisements sont suffisamment gros et riches pour que l'on pense à les exploiter. Les Canadiens ont joué un rôle important en matière d'exploration et d'évaluation géologiques et géophysiques de ces gisements.

Steven Scott a été un des premiers à étudier ces importants gisements de minerais sulfurés au fond des mers; de plus, il est le codécouvreur du site Solwara dans le bassin Manus au large des côtes de la mer de Bismarck à l'est de la Papouasie-Nouvelle-Guinée. Nautilus Minerals, une entreprise dont le siège social est à Toronto, a l'intention d'exploiter le site quand la crise financière mondiale s'apaisera et que le prix des métaux aura remonté.

M. Scott donnera un aperçu de ce nouveau type de ressources minérales, puis mettra l'accent sur les stratégies d'exploration, sur les méthodes d'exploitation robotiques envisagées, sur les enjeux environnementaux propres à ces gisements et sur les perspectives d'avenir en matière de commercialisation soutenue.

Séance 10

Travaux de recherche sur la restauration des sites miniers abandonnés québécois

Bruno Bussière (UQAT) et Michel Aubertin (École Polytechnique)

Au cours des dernières années, beaucoup d'efforts de recherche ont été investis afin de développer des méthodes visant à contrôler la production de drainage minier acide (DMA) provenant de sites d'entreposage de rejets miniers. La plupart de ces méthodes ont pour objectif d'éliminer, ou de réduire à des niveaux très faibles, la présence d'air (ou d'oxygène), d'eau ou de sulfures. Comme ces trois éléments sont les principales composantes des réactions d'oxydation qui causent le DMA, en éliminant un ou plusieurs de ceux-ci, on peut réduire la production d'acide à des niveaux très faibles. Les techniques développées sont particulièrement efficaces pour les sites en activité.

Lorsque les rejets miniers générateurs de DMA ont été exposés pendant plusieurs années (voir plusieurs dizaines d'années dans certains cas) aux conditions naturelles environnantes, ces techniques ne permettent pas toujours d'atteindre les objectifs environnementaux visés, en raison de la présence de contaminants dans les pores des rejets miniers, de souches de certaines bactéries et de teneurs en fer suffisantes pour qu'il y ait oxydation indirecte (sans la présence d'oxygène) des sulfures. Au cours des dernières années, des travaux de recherche ont été entrepris afin de mieux comprendre les particularités des sites miniers abandonnés. L'objectif de ces travaux réalisés en partenariat avec les universités, le responsable des sites miniers (ministère des Ressources naturelles et de la Faune) et les agences gouvernementales de financement de la recherche est de développer des technologies de restauration efficaces, malgré les conditions particulières des sites abandonnés.

Après une brève introduction sur l'ampleur des problèmes environnementaux associés aux sites miniers abandonnés, les principales différences au niveau de la restauration des sites miniers générateurs de DMA seront abordées, selon qu'ils soient actifs ou abandonnés. Le sommaire des travaux de recherche réalisés au cours des dernières années portant sur les méthodes de restauration des sites abandonnés générateurs de DMA mettra l'accent sur les travaux réalisés en laboratoire et sur la modélisation numérique à l'aide de modèles hydrogéologiques et hydrogéochimiques. La discussion portera également sur les résultats typiques obtenus sur des sites abandonnés existants tels que les sites Lorraine, Manitou et Aldermac. Finalement, un aperçu des travaux de recherche à venir sera présenté.

Séance 10

Projet de restauration de Mines Gaspé de 2007 à 2010

L. Jacques Moulins (Xstrata Copper Canada)

Xstrata Copper maintient son engagement envers les collectivités une fois que ses activités ont pris fin. Après 50 ans d'activités minières et métallurgiques à Murdochville, au Québec, nous avons mis en œuvre un plan détaillé de restauration et de sécurisation des travaux de restauration en vue, possiblement, de la réutilisation future du site.

À la lumière de nos consultations avec la population locale et après de multiples évaluations et approbations du ministère du Développement durable de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, du ministère des Ressources naturelles et des autorités de santé publique, nous avons d'abord élaboré un plan de fermeture définitive et de remise en état.

Ce plan incluait le démantèlement de 38 bâtiments, la sécurisation et la végétalisation des parcs à résidus miniers, l'excavation et la restauration des sols, la reconfiguration de l'écoulement des eaux de surface et la consolidation des infrastructures de gestion des eaux, l'enlèvement des lignes électriques, le démantèlement de pipelines et le reprofilage du site. Nous avons également construit une usine de traitement des eaux plus efficace.

Nous nous sommes fait un point d'honneur de recueillir et de recycler l'équipement et les matériaux de démolition et de disposer en toute sécurité des résidus et des sols contaminés. Nous avons procédé à l'excavation des sols affectés par des hydrocarbures et nous les avons soumis à un biotraitement. Les sols organiques affectés par des métaux ont été utilisés pour couvrir des parcs à résidus miniers. Nous avons entreposé les grands volumes de résidus dangereux sur place, dans une cellule de confinement sécuritaire construite à cet effet. Les autres déchets dangereux ont été envoyés à des installations approuvées à l'extérieur du site. Nous avons mis l'accent sur la récupération des matériaux en vue de leur réutilisation et de leur recyclage. Par exemple, nous avons envoyé l'acier de construction, les barres d'armature et les câbles électriques à des usines de recyclage et nous avons concassé le béton sur place et l'avons utilisé pour le remplissage. De plus, nous avons traité les sols présentant une concentration élevée de cuivre à la fonderie Horne de Rouyn-Noranda.

À Murdochville et à proximité du port de Gaspé, où nous recevions des concentrés de cuivre, nous avons entrepris un programme volontaire de caractérisation des sols de 795 propriétés privées, commerciales et industrielles. Après avoir analysé 10 000 échantillons, nous avons remis en état 736 terrains avec le consentement des propriétaires.

Nous avons tenu des journées portes ouvertes et publié des bulletins dans le but d'entretenir des communications régulières avec la population locale. Nous avons expliqué nos plans aux citoyens, nous les avons invités à nous faire part de leurs commentaires, nous avons instauré une ligne téléphonique à leur intention et nous avons nommé un coordonnateur des relations avec la collectivité. Le comité de citoyens pour l'environnement que nous avions créé lorsque la mine était en exploitation a continué à se réunir. Ce comité se compose d'élus et de fonctionnaires municipaux, de représentants de la collectivité et de représentants régionaux de divers ministères provinciaux comme le MSSS, le MDDEFP et le MSP.

Dans la mesure du possible, nous avons fait appel à de la main-d'œuvre et à des entreprises locales et régionales que nous avons formées aux pratiques de Xstrata en matière d'environnement, de santé et de sécurité. Nous sommes fiers de pouvoir dire qu'en plus de 670 000 heures de travail, il n'y a eu aucune blessure avec perte de temps!

Nous avons maintenu notre appui à la municipalité en faisant un don d'équipement au Centre d'interprétation du cuivre. Nous y avons aménagé un belvédère donnant accès au site métallurgique restauré afin de bonifier l'expérience offerte aux visiteurs. Nous avons, entre autres, contribué au financement d'une maison de retraite, à l'embellissement des entrées de la ville et à l'aménagement d'une piste cyclable près de Gaspé.

Depuis 2010, le site de Murdochville est sous la supervision constante d'un employé de Xstrata qui est responsable du maintien et de la surveillance et qui veille au succès des mesures de remise en état. Il s'occupe notamment de l'inspection des infrastructures de gestion des eaux et de la bonne marche des équipements. Au total, le projet de restauration a coûté 130 millions de dollars canadiens et a été réalisé selon le calendrier prévu et en deçà du budget.

Séance 10

Fonds Restor-Action Nunavik : 5 ans déjà et quel succès!

Nancy Dea (ARK) et André Gaumond (Mines Virginia)

Le Fonds Restor-Action Nunavik (FRAN) a été créé en 2007 dans le but de participer, en collaboration avec le gouvernement provincial, l'industrie minière et les communautés inuites locales, à la restauration d'anciens sites miniers et de pourvoiries abandonnées dans le Nord québécois. Après cinq ans de travaux, les 18 sites les plus importants ont tous été nettoyés. Ce sont plus de 40 000 barils de pétrole, des centaines de réservoirs de propane, pneus, batteries et matelas qui ont été évacués de la région du Nunavik. Plusieurs dizaines de tonnes de métal ont également été recyclées.

Tout récemment, une deuxième entente d'une durée de cinq ans a été signée entre les intervenants afin de poursuivre le nettoyage de sites secondaires. Plus de 2,6 M$ ont été investis à ce jour pour ce projet de restauration et un budget de 2,8 M$ est prévu pour la phase II (2013-2017).

Séance 10

Projet de restauration de la mine Principale à Chibougamau

Alain Philibert, Anderson Santos (SMI) et Alexandre Couturier-Dubé (MRN)

La mine Principale a été une des plus importantes mines de la région de Chibougamau. L'exploitation du gisement de cuivre et d'or a débuté dans les années 50. Le complexe minier comprenait un chevalement[1], une fosse à ciel ouvert, des ateliers, un édifice administratif, un laboratoire ainsi qu'une usine de concentration du minerai. Cette usine a servi au traitement du minerai de plus d'une dizaine de mines avoisinantes. Les résidus ont été déversés dans trois différents parcs qui couvrent une superficie d'environ 270 hectares, incluant un bassin de polissage. L'usine a cessé ses opérations en 2005. C'est en mai 2010, à la suite de la faillite de l'entreprise, que l'État est devenu responsable du site. Le ministère des Ressources naturelles (MRN) a immédiatement procédé à une étude de stabilité de certains secteurs du site afin de s'assurer de la sécurité à court terme des gens ayant à y circuler. Des travaux de sécurisation ont été effectués rapidement. Par la suite, la caractérisation du site a eu lieu. Celle-ci portait sur trois volets : environnement, géotechnique et stabilité du site. Ces études ont permis au MRN de débuter, en collaboration avec Les Consultants S.M., l'élaboration du plan de restauration du site.

Vu son étendue, le site à restaurer a été scindé en différents secteurs homogènes ayant des problématiques spécifiques à résoudre, soit des résidus générateurs de drainage minier acide (DMA), des structures, des sols contaminés, la profondeur des eaux souterraines ou la qualité des eaux de surface. Pour chaque secteur, différents scénarios techniquement viables ont été élaborés et analysés pour atteindre les objectifs de restauration du MRN.

Les critères d'analyse de ces scénarios ont été déterminés sur la base des trois (3) sphères du développement durable (environnementale, sociale et économique). Les critères environnementaux et sociaux ont été ciblés en intégrant les préoccupations des communautés locales, particulièrement celles de Chibougamau et d'Oujé-Bougoumou, exprimées lors de rencontres d'information et d'échanges. Une grille d'analyse multicritère a ensuite été utilisée pour comparer les scénarios et choisir la solution répondant le mieux aux objectifs du Ministère et du milieu.

Comme il s'agit d'un site vaste et complexe, les solutions proposées pour la restauration combinent différentes techniques pour stabiliser les pentes abruptes, diminuer l'érosion, confiner les résidus générateurs de DMA et réduire la contamination de l'eau de surface et souterraine en ayant en tête la possibilité d'utiliser éventuellement ce site à d'autres usages.

1. **Chevalement** : charpente métallique, plus rarement de béton, installée au-dessus d'un puits pour supporter les molettes sur lesquelles passe le câble d'extraction.

Résumés photoprésentations

PHOTOPRÉSENTATIONS

301 Géologie et potentiel économique de la région du lac Saffray, Churchill Sud-Est (SNRC 24G et 24F-Est) 37

302 Étude pétrochimique de bassins sédimentaires de la Sous-province de La Grande (Baie-James) 37

303 Intrusion ultramafique du lac Pelletan, Baie-James : métasomatisme ou magmatisme? 38

303 Géologie de la région du lac Pelletan, Baie-James 38

303 La discordance angulaire des roches du Timiskaming dans la région de Rouyn-Noranda 39

304 Géologie et potentiel minéral de la région du lac Carmoy (Baie-James) 39

305 Stratigraphie quaternaire de la région de la rivière Wawagosic (parties des SNRC 32D15, 32E02) 40

305 Reconnaissance géologique de la région de la rivière Wawagosic (parties des SNRC 32D15, 32E02) 41

306 Géologie de la région de Malartic (32D01-NE) 41

307 Géologie et minéralisations aurifères à la mine Malartic Hygrade - le gîte Orion nº 8 42

308 Géologie de la région du lac Lamarck (demi-sud du feuillet SNRC 32G14) 43

309 Discrimination des syénites associées aux gisements aurifères des sous-provinces de l'Abitibi et du Pontiac 43

310 Évolution tectonométamorphique de la Sous-province de l'Abitibi (Québec, Canada) : apports de la géochronologie $^{40}Ar/^{39}Ar$ 44

311 Modélisation géologique en 3D de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine 44

312 Quelques faits saillants de l'exploration avancée et du développement minier en Abitibi-Témiscamingue en 2012 ... 45

313 La mine Canadian Malartic, Abitibi : observations préliminaires des caractéristiques géologiques et de la chronologie relative des minéralisations aurifères archéennes à basse teneur et à fort tonnage 45

314 La zone de Dunnage et la Ceinture de Gaspé dans les Appalaches du sud du Québec – une synthèse 46

315 Détection de gisements sous couverture glaciaire par la méthode MMI^{MC} : synthèse, études de cas, perspectives 47

316 Le développement durable à Géologie Québec 47

319 Le Corridor métallifère de Lebel-sur-Quévillon (Abitibi) réinterprété 48

320 Les contrôles exercés par les rifts mantelliques fossiles sur la minéralisation dans l'Abitibi au Québec lors de la fragmentation et le réassemblage cratonique 48

321 Analyse multiparamétrique de carottes de forage dans la région de Chibougamau : résultats préliminaires 49

322 Modélisation lithologique et d'altération par analyses statistiques multivariées, à partir de mesures effectuées sur des carottes de forage du camp minier de Matagami, Québec .. 49

325 Carte géologique du Québec – Édition 2012 50

327 Géochimie du Groupe de Blake River (Sous-province de l'Abitibi) : compilation et résultats préliminaires 50

328 Le gisement Westwood, Abitibi, Québec : un système magmatique-hydrothermal aurifère archéen? 51

329 Caractérisation des unités volcaniques à fragments de sulfures de la Formation de Rouyn-Pelletier, Rouyn-Noranda, Québec 51

330 Étude géochimique des teneurs en éléments traces et en EGP de chromites de komatiites de la région d'Alexo (Abitibi, Ontario), résultats préliminaires 52

331 Composition chimique des minéraux et thermométrie des roches mafiques au faciès des amphibolites dans la ceinture de roches vertes de Nuvvuagittuuq, Canada 52

332 Le système minéralisé en Nb-Ta-ETR du gîte associé à l'intrusion alcaline de Crevier (Province du Grenville, Québec) : nouvelles données cartographiques, minéralogiques, pétrographiques et géochimiques 53

333 Altération hydrothermale et minéralisation uranifère de Rivière Camie (bassin des Otish, Québec) 53

334 La métallogénie du gîte Turgeon (Belledune, Nouveau-Brunswick) 54

335 Réévaluation du potentiel minéral de l'ancienne mine de St-Robert Bellarmin, Beauce, Québec 54

336 Morphologie de la magnétite de tills comme outil d'exploration : exemple d'application au gisement de sulfures massifs volcanogènes (SMV) de Halfmile Lake (Bathurst, Nouveau-Brunswick) 55

337 La chimie minérale des oxydes de fer appliquée à l'exploration des gîtes porphyriques 55

338 La magnétite dans l'altération hydrothermale associée aux systèmes IOCG dans la zone magmatique du Grand lac de l'Ours, Canada 56

339 Caractérisation structurale et microstructurale de la Faille Saint-Joseph et de la ligne Baie Verte-Brompton, Appalaches du Sud du Québec 56

340 Le cycle géochimique de surface des métaux en période d'exploitation minière : exemple des sédiments lacustres de Schefferville, Québec 57

341 Hydrogéochimie des aquifères de la Communauté métropolitaine de Québec, Québec, Canada 58

342 Étude hydrogéologique du roc fracturé en Outaouais : quels facteurs influencent le rendement des puits alimentant les particuliers en eau potable? 58

343 Auscultation d'un pergélisol riche en glace au Québec nordique par la tomographie en 2D et 3D de polarisation provoquée 59

344 Séquestration géologique du CO_2 dans les Basses-Terres du Saint-Laurent, Québec : impacts potentiels à l'échelle du bassin sédimentaire 59

345 Abondance et mobilité des terres rares dans les sédiments des lacs cibles du Bouclier canadien 60

348 Potentiel minier du secteur sud du réservoir Gouin 60

349 Caractérisation de la déformation entre le Parautochtone et l'Allochtone au sud-ouest du réservoir Manicouagan, Grenville central, Québec : résultats préliminaires 61

352 Géologie de la région septentrionale du réservoir aux Outardes 4, Côte-Nord (22K05, 22K06, 22K11, 22K12 et 22K13) 61

353 Présentation des données géophysiques publiées en 2012 62

354 Potentiel de minéralisation en graphite au Québec 62

355 Cartographie des dépôts de surface dans la région de Charlevoix et de la Haute-Côte-Nord (Québec, Canada) : travaux préliminaires 63

356 Inventaire des ressources en granulats de la région de Kuujjuaq 63

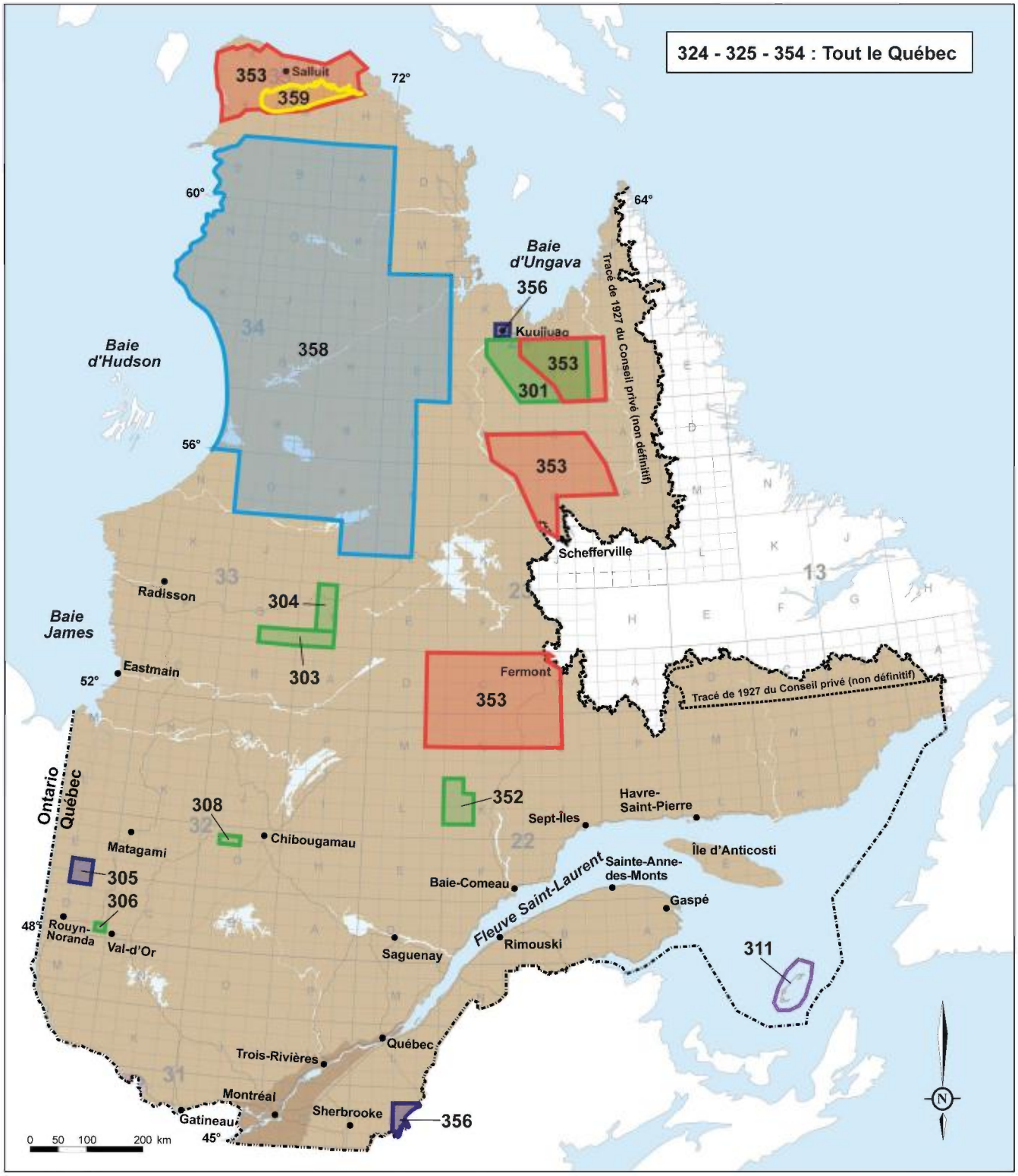
356 Inventaire des ressources en granulats de la région de Lac-Mégantic 64

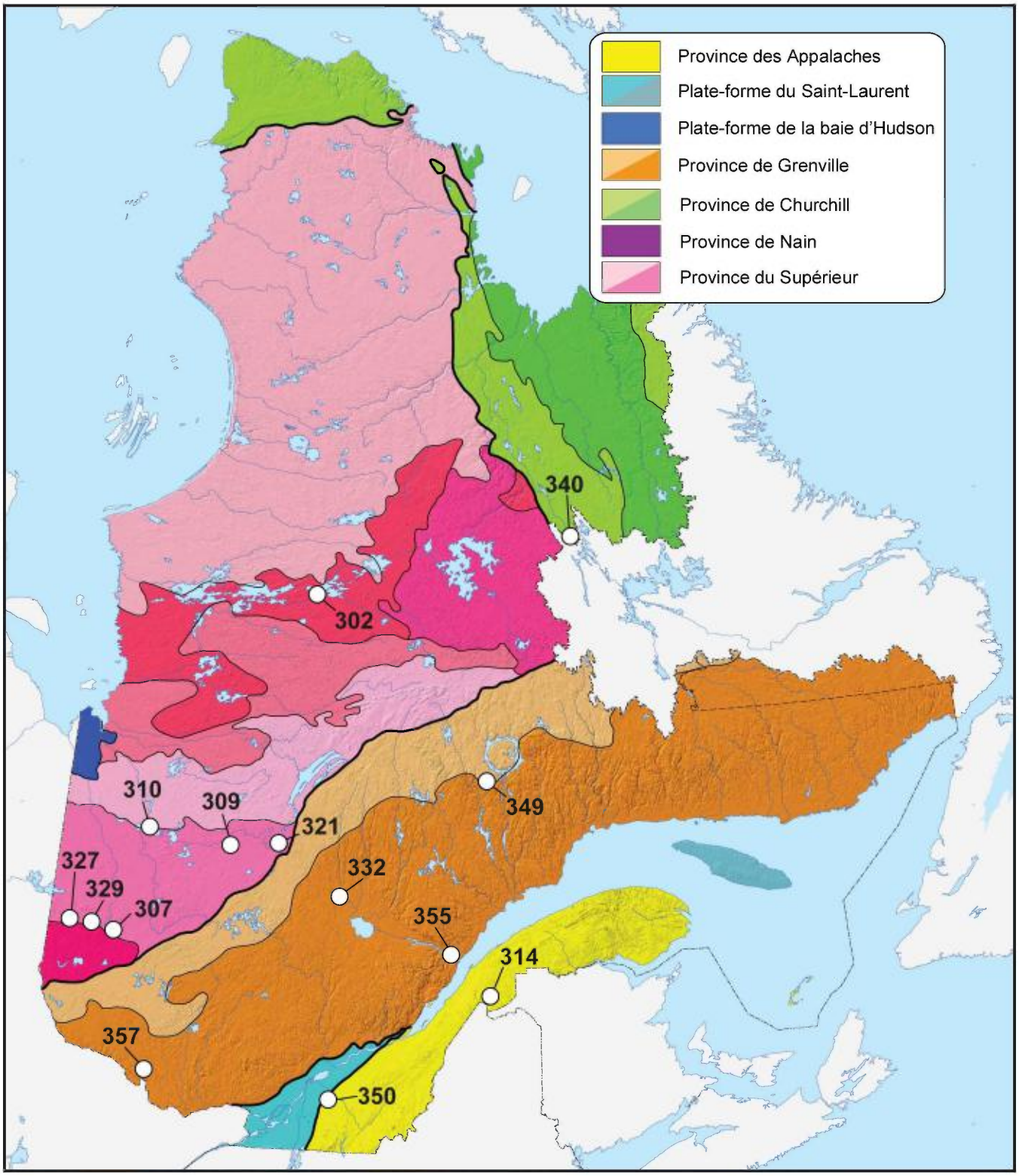
357 Cartographie des sédiments de surface de l'Outaouais : bilan et perspectives 64

358 Implications de la réanalyse des sédiments de lac du nord-est de la Province du Supérieur pour l'élaboration de nouveaux modèles d'exploration 65

359 Potentiel aurifère dans le Domaine Nord de la Fosse de l'Ungava 65

LOCALISATION DES PROJETS DE GÉOLOGIE QUÉBEC




Province des Appalaches
Plate-forme du Saint-Laurent
Plate-forme de la baie d'Hudson
Province de Grenville
Province de Churchill
Province de Nain
Province du Supérieur
340
302
310
309
321
349
327
329
307
332
355
314
357
350

301

Géologie et potentiel économique de la région du lac Saffray, Churchill Sud-Est (SNRC 24G et 24F-Est)

Isabelle Lafrance, Daniel Bandyayera, Martin Simard (MRN)

Ce nouveau levé géologique au 1/250 000 réalisé durant l'été 2012 dans le secteur du lac Saffray, localisé à 100 km au sud-est de Kuujjuaq, comprend la Zone noyau de la Province de Churchill Sud-Est ainsi que la Zone de Rachel-Laporte, considérée comme un équivalent métamorphisé de la Fosse du Labrador.

Dans le secteur cartographié, la Zone noyau correspond à un ancien craton archéen déformé et remobilisé au protérozoïque lors de l'Orogène du Nouveau-Québec. Elle se compose d'assemblages complexes de gneiss, souvent migmatitiques, dans lesquels sont intercalés des lambeaux plurikilométriques de paragneiss et d'amphibolite. Nos travaux ont mis en évidence la présence d'une unité importante de paragneiss migmatitiques dans la partie ouest de la Zone noyau qui pourrait correspondre à un ancien bassin sédimentaire d'âge archéen ou protérozoïque. De nombreuses intrusions protérozoïques syn- à tarditectoniques de granodiorite, de granite et de pegmatite recoupent les roches plus anciennes. La plus importante est le Batholite de DePas, qui s'étend sur plus de 600 km au cœur de la Zone noyau et qui traverse la partie est de notre région. La Zone de Rachel-Laporte est majoritairement constituée de métasédiments et d'amphibolites avec des niveaux décamétriques de marbre et de roches calcosilicatées. Le grain structural régional est orienté NW-SE avec un déversement vers l'ouest souligné par une foliation subhorizontale, des plis couchés ou déversés et des failles de chevauchement.

Plusieurs zones sulfurées, décimétriques à décamétriques, ont été mises au jour dans la Zone de Rachel-Laporte. Celles-ci présentent un intérêt particulier puisque leurs contextes s'apparentent à ceux des indices décrits dans les roches équivalentes moins métamorphisées de la Fosse du Labrador. La majorité des zones minéralisées se retrouvent à l'intérieur de niveaux schisteux d'amphibolites finement grenues et, dans une moindre mesure, dans les métasédiments, aux contacts entre des intrusions ultramafiques et les métasédiments ainsi qu'à l'intérieur de niveaux métriques d'argilite graphiteuse. La minéralisation est le plus souvent sous forme de fines disséminations de sulfures, principalement de la pyrrhotite, mais des zones de sulfures semi-massifs associées à des altérations en silice et chlorite ont aussi été observées au contact entre les métasédiments et les amphibolites. Des zones minéralisées métriques à décamétriques ont également été observées dans la Zone noyau. Celles-ci se retrouvent principalement dans des gabbros et diorites amphibolitisés ainsi que dans des paragneiss migmatitisés et des diatexites. Certaines de ces zones sont continues sur plusieurs centaines de mètres de longueur.

302

Étude pétrochimique de bassins sédimentaires de la Sous-province de La Grande (Baie-James)

Quentin Duparc, Pierre A. Cousineau (UQAC), Daniel Bandyayera, Jean Goutier (MRN)

À la suite de la cartographie à l'échelle du 1/50 000 d'une partie de la région de la Baie-James (33H13, 33H12, 33H08 et 33G05), le BEGQ a établi une collaboration avec l'UQAC dans le cadre d'un projet de maîtrise visant à valider ou invalider des corrélations potentielles entre les formations de Magin, de Brune et de Keyano. Situées chacune dans des bassins épars géographiquement, ces trois formations sont caractérisées par des conglomérats et des grès à des degrés de métamorphisme élevés. Ces roches seront étudiées du point de vue sédimentologique, pétrographique et géochimique. Des datations U/Pb sur zircon seront aussi réalisées afin d'inclure un cadre temporel.

Les travaux ont débuté à l'été 2011 et se sont poursuivis à l'été 2012. La première étape a été le choix des sites jugés représentatifs et la constitution de colonnes stratigraphiques. Nous avons sélectionné les aires où ces formations sont les moins déformées afin d'en faciliter l'étude et l'interprétation environnementales. Des levés lit par lit des structures sédimentaires ont été réalisés, incluant la détermination des paléocourants et la nature des contacts tant verticaux que latéraux afin de documenter les changements de faciès. Pour les conglomérats, la taille, l'arrondi et la composition ont été notés. Ces travaux sédimentologiques de terrain supportent un environnement fluviatile de type Timiskaming commun aux trois formations et ne permettent pas de les distinguer.

L'étude pétrochimique des grès initiée en 2011-2012 se poursuit. L'étude pétrographique de ces formations révèle une recristallisation métamorphique quasi complète des constituants, ne permettant pas d'utiliser les diagrammes classiques de classification des grès. On trouve majoritairement du quartz, des feldspaths, des biotites et muscovites, puis des amphiboles dans ces grès métamorphisés. Les minéraux accessoires sont des magnétites, des pyrites, pyrrhotites et arsénopyrites, des zircons, des apatites et de l'allanite. Les métagrauwackes et les conglomérats des trois formations sont à dominance de fragments felsiques (tonalites). La Formation de Brune se différencie des deux autres par l'absence de fragments de formations de fer. L'étude chimique confirme la pétrographie et appuie un contexte paléogéographique d'îles en arc continentales pour les trois formations d'après les diagrammes de Bhatia (1983, 1986), basés sur des éléments immobiles (Th, La, Sc et Al_2O_3) et mobiles (CaO, Na_2O, Fe_2O_3 et MgO). Une attention particulière sera accordée cette année à l'identification des porteurs des éléments chimiques. Une étude des cortèges de minéraux lourds sera réalisée par LA-ICP-MS et possiblement par cathodoluminescence. Un traitement statistique devrait permettre d'établir des familles d'éléments qui serviront d'outil de corrélation.

303

Intrusion ultramafique du lac Pelletan, Baie-James : métasomatisme ou magmatisme?

William Chartier-Montreuil (ULAVAL), Jean Goutier (MRN), Réjean Hébert (ULAVAL), Michel Houlé (CGC-Québec)

Une nouvelle intrusion ultramafique présentant des textures et des assemblages minéralogiques encore non observés dans la partie nord de la Baie-James a été découverte lors des travaux de cartographie régionale de l'été 2012 couvrant le feuillet SNRC 33H04. Cette intrusion archéenne recoupe des paragneiss du Complexe de Laguiche dans la Sous-province d'Opinaca. Peu déformée, elle présente une cristallisation métamorphique importante, tandis que les paragneiss sont fortement déformés et migmatisés. Elle est composée de trois unités principales : une péridotite porphyroblastique, une unité rubanée hétérogène et des niveaux de biotitite. La péridotite se reconnaît par sa texture de boules porphyroblastiques centimétriques. L'unité rubanée est composée d'un assemblage d'amphiboles prismatiques (2 mm à 6 cm), de biotite pouvant être très grenue et d'une quantité variable de feldspath. Cette unité présente un agencement minéralogique qui suggère une ségrégation magmatique. La biotitite, d'épaisseur centimétrique, est observée au contact entre la péridotite et les paragneiss. L'agencement des unités suggère un processus magmatique, tandis que l'abondance de biotite dans l'unité rubanée indique plutôt un processus métasomatique. L'objectif de cette étude est de caractériser cette intrusion à l'aide d'une cartographie détaillée, d'une étude pétrographique et de la géochimie. Ces différentes études devraient aussi nous permettre de déterminer la nature de certains faciès.

303

Géologie de la région du lac Pelletan, Baie-James

Jean Goutier, Claude Dion, Francis Talla Takam (MRN)

La région du lac Pelletan est située à la Baie-James, à une centaine de kilomètres au sud du réservoir La Grande 4. Les feuillets SNRC couverts par ce levé géologique (1/50 000) sont : 33G01, 33G02 et 33H04. Les travaux géologiques antérieurs se limitaient à une cartographie de reconnaissance géologique (1/506 880) réalisée dans les années 1950 par la Commission géologique du Canada et à quelques travaux récents de prospection pour l'or et l'uranium. Cette région est localisée dans la portion nord-est de la Province du Supérieur et touche aux sous-provinces de La Grande et d'Opinaca. Elle est formée de roches archéennes et d'essaims de dykes de gabbro-gabbronorite archéen (Mistassini) et protérozoïque (Lac Esprit). Le métamorphisme archéen varie du nord au sud du faciès des amphibolites à celui des granulites. Les roches de la Sous-province d'Opinaca sont les plus abondantes dans la région. Il s'agit principalement de paragneiss à biotite et de migmatites qui sont injectées par un volume important de granite d'épaisseur centimétrique à métrique. Les paragneiss et migmatites sont aussi recoupées par des plutons de monzonite à monzodiorite, quartzifères et magnétiques. Les roches de la Sous-province de La Grande n'occupent qu'une petite portion au nord-est de la région étudiée. Les roches volcaniques, de composition mafique et intermédiaire, sont transformées en amphibolites rubanées. Les structures volcaniques ne sont reconnaissables qu'en de rares endroits. Quelques niveaux de formations de fer à silicates et magnétite sont intercalés dans ces amphibolites. Ces roches sont recoupées par des dykes felsiques porteurs de minéralisations aurifères et un ensemble de tonalite foliée à gneissique. Des intrusions ultramafiques de faible dimension s'injectent dans les roches des deux sous-provinces. Elles sont beaucoup moins déformées que les roches encaissantes, mais elles sont métamorphisées au même faciès. Nos travaux de cet été, le récent levé aéromagnétique de Géologie Québec et la compilation des affleurements visités par l'industrie permettent de mieux tracer la limite entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca. Cette limite est un métallotecte important pour l'or à la Baie-James. Un nouvel indice de 2,17 g/t Au (échantillon choisi) a été trouvé directement dans le cisaillement séparant les amphibolites des paragneiss.

303

La discordance angulaire des roches du Timiskaming dans la région de Rouyn-Noranda

Jean Goutier (MRN) et Howard Poulsen (consultant, Ottawa)

Le Groupe de Timiskaming est la plus jeune unité de la Sous-province de l'Abitibi. Cette unité sédimentaire repose en discordance d'érosion sur les unités volcaniques et sédimentaires sous-jacentes. En 1962, M. E. Wilson fut le premier à interpréter le contact entre les roches métasédimentaires du Groupe de Timiskaming (Formation de La Bruère) et les volcanites du Groupe de Blake River (Formation de Rouyn-Pelletier) comme une discordance angulaire. Il décrit et photographie le contact d'érosion à la base du Timiskaming à partir d'un petit affleurement se trouvant au nord-ouest de McWatters. Cet affleurement, recouvert de végétation, a été retrouvé et nettoyé. Dans les années 1970, Dimroth et son équipe documentent un second affleurement localisé à 2 km au sud-ouest qui illustre aussi la discordance angulaire du Timiskaming.

Ces deux affleurements sont situés le long du contact nord de la Formation de La Bruère. Cette formation, déversée vers le sud, se butte à la Faille de Cadillac. L'affleurement de Dimroth, au sud-ouest, présente une discordance angulaire entre des métabasaltes coussinés à polarité vers le nord-est et des roches sédimentaires (un conglomérat polygénique et un wacke) déversées vers le sud-est. Ces dernières sont affectées par une déformation importante où les clastes sont étirés et plongent modérément vers le nord. Cette linéation est d'orientation similaire à celle des varioles étirées observées plus à l'ouest. Les roches de l'affleurement de Wilson, au nord, sont beaucoup moins déformées. Le conglomérat repose en discordance sur un métabasalte coussiné dont la polarité stratigraphique est vers le sud. Le conglomérat est principalement composé de clastes de basalte et de gabbro, anguleux à subarrondis et sans fabrique tectonique interne. On y trouve aussi des galets et des blocs arrondis de rhyolite sphérolitique et de porphyres intermédiaires à felsiques. Le conglomérat contient localement de fins niveaux discontinus, faiblement lités, de grès et de mudstone, de composition mafique.

Ces affleurements mettent en lumière un aspect important de la discordance du Timiskaming : les changements de polarité dans les roches sous-jacentes à la discordance. Ces observations impliquent la présence de grands plissements antérieurs à la déposition du Timiskaming. L'absence d'un clivage prédéposition indique que ces plis précoces ne sont pas associés aux abondants clivages de la région. La notion de plissement pré-Timiskaming n'est pas nouvelle, mais la preuve directe dans un si petit espace à Rouyn-Noranda n'a d'égal que dans les régions de Timmins et de Duparquet. À ces endroits, le Timiskaming s'est déposé sur des flancs opposés de plis. La discordance sépare deux évènements distincts de plissement. Dans la région de McWatters, le plissement le plus ancien est sans rapport avec la fabrique tectono-métamorphique qui domine dans les nombreux affleurements de la région.

304

Géologie et potentiel minéral de la région du lac Carmoy (Baie-James)

Pénélope Burniaux, Hanafi Hammouche (MRN), Abdelali Kharis (URSTM), Pierre-Luc Deschênes (MRN)

Le levé géologique au 1/50 000 réalisé durant l'été 2012 dans la région du lac Carmoy (Baie-James, près du réservoir La Grande 4 couvre les feuillets 33H06, 33H11 et 33H14. Le terrain cartographié se trouve dans la Sous-province de La Grande. Ces travaux sont appuyés par de nouveaux levés aéromagnétiques de haute résolution, à lignes espacées de 250 m.

La région du lac Carmoy est composée essentiellement de roches archéennes. Le socle est formé des gneiss tonalitiques et des tonalites et diorites foliées du Complexe de Langelier (3360-2788 Ma). Des bassins sédimentaires archéens (formations de Keyano, de Magin, ayant un âge minimal de 2721 Ma, et de Marbot) et protérozoïques (Formation de Sakami, d'âge 2510-2216 Ma) se sont formés sur ce socle. Des ceintures volcaniques démembrées, déjà reconnues à l'ouest du terrain lors de travaux précédents, ont été identifiées (Groupe de Guyer, daté à 2820-2806 Ma, Formation de Corvette). Des filons-couches et des dykes ultramafiques d'épaisseur métrique à décamétrique les recoupent et contiennent des sulfures par endroits. Le magmatisme tardi-archéen se traduit par la mise en place de vastes intrusions felsiques à intermédiaires dont certaines sont probablement syntectoniques. Les plus importantes intrusions sont : 1) l'intrusion de Nochet constituée de tonalites peu ou pas foliées qui recoupent les séquences volcano-sédimentaires archéennes; 2) les intrusions porphyriques felsiques à intermédiaires de la Suite de Bezier (2674 Ma); et 3) le Granite du Vieux Comptoir (2618 Ma), souvent pegmatitique. Des essaims de dykes de gabbro et de gabbronorite protérozoïques recoupent toutes ces roches.

Le grain structural est grossièrement E-W, les grands ensembles lithostratigraphiques sont séparés par des zones de cisaillement ductiles. Le métamorphisme, au faciès des amphibolites en général, atteint localement celui des granulites.

Plusieurs niveaux de formations de fer, le plus souvent au faciès oxydé, sont présents à l'intérieur des métasédiments. Des zones à sulfures (assemblage à PY-PO ± CP) y sont parfois observées. Des bandes de sulfures semi-massifs sont associées aux métavolcanites du Groupe de Guyer. Les résultats partiels montrent des teneurs aurifères anomales par endroits, atteignant 0,85 g/t.

La région possède aussi un potentiel intéressant pour les types de minéralisation suivants :

- minéralisations aurifères et de métaux usuels associées à des formations de fer;
- minéralisations volcanogènes de métaux usuels et précieux, incluant les formations sulfurées et les disséminations de sulfures (PY-PO ±CP) dans des zones altérées;
- minéralisations de Cu-Ni-EGP et Cr-EGP dans les intrusions ultramafiques;
- minéralisations filoniennes à Cu-Ag ±Au, généralement formées de veines de quartz dans des zones de cisaillement.

305

Stratigraphie quaternaire de la région de la rivière Wawagosic (parties des SNRC 32D15, 32E02)

Guillaume Allard et Pierre-Luc Deschênes (MRN)

Stratigraphie quaternaire

Le nord de l'Abitibi est caractérisé par la présence d'une importante couche argileuse associée au lac proglaciaire Ojibway. Le soubassement rocheux est donc peu affleurant. De plus, ce secteur contient des indices de multiples avancées et retraits de la marge glaciaire du secteur du Labrador de l'Inlandsis laurentidien (Veillette *et al.*, 1999, Parent *et al.*, 1995. Ces différents mouvements sont caractérisés par des variations significatives des directions d'écoulement qui affectent les dispersions glaciaires (Parent *et al.*, 1995), produisant une stratigraphie et des transports glaciaires très complexes. Dans ce contexte, il est primordial de revoir le cadre stratigraphique du nord de l'Abitibi, d'y déterminer le nombre d'unités glaciaires présentes et d'élucider la succession chronologique des avancées glaciaires.

Méthode et objectifs

Un programme de forages combinant l'étude des dépôts quaternaires avec un échantillonnage systématique du socle rocheux sous-jacent a été entrepris afin de mieux définir la géologie d'un secteur à proximité de la rivière Wawagosic. Le secteur couvert par le projet, d'une superficie d'environ 615 km^2, est localisé à environ 50 km au nord-est de la ville de La Sarre.

Les objectifs de ce nouveau levé sont :

1. D'établir la stratigraphie des sédiments quaternaires de la région et la dynamique glaciaire qui leur est associée;
2. D'évaluer le potentiel minéral du secteur en définissant les contextes géologiques favorables à la découverte de nouveaux gîtes minéraux.

La provenance des dépôts glaciaires (tills) sera interprétée à partir des observations de terrain et des analyses de laboratoire en sédimentologie, minéralogie, pétrologie et géochimie.

Au total, 58 forages de type rotasonic ont été effectués et 1 208 mètres de sédiments quaternaires ont été prélevés. La foreuse rotasonic permet de récupérer une carotte continue et relativement intacte de 10 cm de diamètre, ce qui rend possible un examen stratigraphique complet et une bonne interprétation du milieu de dépôt. Après la description complète de chaque carotte, les unités de till et de sable fluvioglaciaire ont été échantillonnées. Au moins un échantillon de 8 à 10 kg (concentré de minéraux lourds) et deux échantillons de 1 kg (analyses géochimiques + témoins) ont été prélevés dans chaque intervalle stratigraphique rencontré. La fraction fine des tills (<63 µm) sera analysée par INAA (activation neutronique) pour les éléments en trace et par XRF (spectrométrie de fluorescence X) pour les éléments majeurs. Les concentrés de minéraux lourds (CML) serviront à déterminer la présence de minéraux indicateurs et de minéraux accessoires. Plus de 300 échantillons de till ont été prélevés à des fins d'analyses.

Le programme de forage rotasonic a permis de définir neuf unités stratigraphiques distinctes. La profondeur au roc varie entre 2 et 68 mètres (moyenne de 20 mètres) et le taux de récupération fluctue entre 75 % et 100 %.

Références

PARENT, M. – S.J. PARADIS – E. BOIVERT, 1995 – Ice-flow patterns and glacial transport in the eastern Hudson Bay region: implication for the late Quaternary dynamics of the Laurentide Ice Sheet. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 32, pages 2057-2070.

VEILLETTE, J.J. – DYKE, A.S. – ROY, M., 1999 – Ice-flow evolution of the Labrador Sector of the Laurentide Sheet: a review, with new evidence from northern Quebec. Quaternary Science Reviews, volume 18, pages 993-1019.

305

Reconnaissance géologique de la région de la rivière Wawagosic (parties des SNRC 32D15, 32E02)

Pierre-Luc Deschênes et Guillaume Allard (MRN)

Un programme de forage combinant l'étude des dépôts quaternaires avec un échantillonnage systématique du socle rocheux sous-jacent a été entrepris afin de mieux définir la géologie d'un secteur à proximité de la rivière Wawagosic. Le secteur couvert par le projet, d'une superficie d'environ 615 km^2, est localisé à environ 50 km au nord-est de la ville de La Sarre. Au total, 58 forages de type rotasonic ont été effectués.

Cette étude fait suite à un projet de forage dans le secteur de la rivière Octave réalisé par le ministère des Ressources naturelles à l'hiver 2011.

Les objectifs de ce nouveau levé géologique sont de :

1. Documenter la géologie de la bande de roches volcano-sédimentaires au sud du Pluton de Mistaouac et de distinguer les différentes phases de ce pluton;
2. Évaluer le potentiel minéral du secteur en déterminant les contextes géologiques favorables à la découverte de nouveaux gîtes minéraux.

Hormis quelques dykes protérozoïques, les roches de la région cartographiée sont d'âge archéen. Les roches volcaniques, principalement des basaltes, des andésites et des tufs, appartiennent au Groupe de Vanier-Dalet-Poirier, à la Formation de Desboues et à la Formation de Clermont-Disson. Ces roches volcaniques sont surmontées en discordance par les roches métasédimentaires silicoclastiques de la Formation de Glandelet. Les unités géologiques du secteur à l'étude sont traversées par de nombreuses zones de déformation probablement tributaires de la mise en place des différents plutons, incluant le Pluton de Mistaouac, le Pluton de Nissing-Oditan et le Pluton du Lac de la perdrix. Elles sont aussi recoupées par plusieurs types d'intrusion, incluant des gabbros ainsi que des intrusions felsiques porphyriques à quartz, à feldspath ou au deux. Les plus importantes zones de déformation notées dans le secteur sont celles de Laflamme-Sud et de Laflamme-Nord. Le métamorphisme régional est au faciès des schistes verts et peut atteindre, localement, le faciès des amphibolites moyen en bordure des plutons.

Le gîte Vior, la présence d'altérations favorables et l'identification d'intrusions synvolcaniques soulignent le potentiel de la région pour les gîtes associés à l'activité volcanique. L'extension de deux zones de déformation dans la région, la présence de grandes zones d'altération en carbonates et l'identification d'indices d'or filoniens témoignent également du potentiel du secteur pour les gîtes d'or orogéniques.

306

Géologie de la région de Malartic (32D01-NE)

Pierre Pilote, Pierre Lacoste, James Moorhead (MRN), Stéphanie Bertrand-Blanchette, Marie-Claude Ouellet (UQAM)

La région de Malartic est située dans la partie méridionale de la Sous-province de l'Abitibi. Ce projet, échelonné sur trois ans (2012-2014), a couvert cet été le quart NE du feuillet SNRC 32D01 à l'échelle du 1/20 000. Il permettra de faire le lien avec les travaux de cartographie de la partie ouest du Groupe de Malartic (2006-2009) et les travaux historiques du MRN réalisés dans le secteur de Val-d'Or.

La région de Malartic est constituée d'une alternance de roches volcaniques (groupes de Malartic, de Louvicourt, de Blake River et de Piché) et sédimentaires (groupes de Cadillac, de Kewagama et de Pontiac) d'âge archéen. Cette région correspond à l'extension des unités volcaniques retrouvées dans la région de Val-d'Or, réputées pour leur fertilité en gîtes de sulfures massifs volcanogènes, d'or et de nickel (mine Marbridge, SNRC 32D08). Les groupes de Malartic et de Louvicourt contiennent les formations de La Motte-Vassan (2714 +/-2 Ma), de Dubuisson (2708 +/-2 Ma), de Jacola (2706 +/-2 Ma), de Val-d'Or (2704 +/-2 Ma) et de Héva (2702 +/-2 Ma). Toutes ces formations se retrouvent dans la région de Malartic, mais avec des puissances et des continuités variables. L'orientation générale de ces lithologies est NW-SE. Les surfaces stratigraphiques S0 sont régionalement orientées de WNW-ESE à localement N-S, les pendages étant communément abrupt vers le nord ou l'est. Les polarités font face au SWou à l'ouest. Une schistosité S1, subparallèle à S0, est localement discernable. Une caractéristique structurale importante de la partie centrale de cette région est la présence d'un grand pli majeur (P2) en « Z » auquel est associée une schistosité de plan axial (S2), orientée est-ouest à ENE, qui recoupe la schistosité (S1) antérieure. Ce pli semble cependant s'atténuer vers l'est et disparaître le long de la trajectoire de certaines failles. La région de Malartic est limitée sur son flanc sud par la Zone tectonique de Cadillac. Elle est de plus affectée par de nombreux cisaillements et failles longitudinales, dont les plus importantes sont celles de La Pause, Parfouru, Norbenite et Marbenite.

En ce qui concerne les gîtes d'or, la région de Malartic compte six mines d'importance ayant produit chacune plus d'une tonne d'or métal au cours de leur période d'exploitation : Canadian Malartic (en production, Corporation minière Osisko), Barnat-Sladen, East Malartic, Malartic Goldfields, Camflo et Malartic Hygrade. D'autres gisements tels que Marban, First Canadian, Norlartic et Kiena ont également produit une certaine quantité d'or et se retrouvent du côté est de cette région, en direction du lac De Montigny. Plusieurs de ces gîtes et indices aurifères sont spatialement associés aux failles longitudinales ainsi qu'à de nombreuses générations de dykes/stocks tonalitiques pré-tectoniques à tonalitiques-monzonitiques syn- à post-tectoniques. Une emphase particulière sera consacrée à l'étude de la diversité des gîtes d'or, en ce qui a trait à la variété des contextes structuraux, des multiples épisodes de mise en place et de leurs associations avec des générations particulières d'intrusions felsiques.

Tous ces travaux permettront de rehausser et de mieux définir le potentiel minéral de cette région. Ils contribueront également à favoriser la recherche de certains gîtes d'or spécifiques dans la Sous-province de l'Abitibi ou dans d'autres environnements tectonométamorphiques comparables ailleurs dans la Province du Supérieur.

307

Géologie et minéralisations aurifères à la mine Malartic Hygrade - le gîte Orion n° 8

Stéphanie Bertrand Blanchette (UQAM), Pierre Pilote (MRN), Michel Gauthier (UQAM)

Cette étude porte plus spécifiquement sur le gîte Orion n° 8, une zone minéralisée particulière de l'ancienne mine d'or Malartic Hygrade, découverte en 1936. Ce travail constitue les fondements d'un mémoire de maîtrise qui sera réalisé à l'UQAM, en collaboration et avec le support du MRN et de la société Niogold. De façon sommaire, il a pour but de documenter la problématique des différents épisodes de minéralisations aurifères dans la région de Val-d'Or – Malartic, tout en mettant à jour la géologie locale du secteur de la mine Malartic Hygrade et en examinant l'importance des grandes zones de failles, telle la faille Norbenite. Cette étude s'insère dans le projet de cartographie du MRN (Pilote *et al.*, 2012) dans la région de Malartic (SNRC 32D01-NE).

Le secteur de la mine Malartic Hygrade prend place dans la Formation de Jacola, laquelle se compose de laves mafiques massives et coussinées, de laves ultramafiques et d'intrusions dioritiques à tonalitiques. La surface stratigraphique S0 est régionalement orientée de N-S à NW-SE, le pendage étant abrupt vers l'est. Les polarités font face à l'ouest ou au sud-ouest. Une schistosité S1, subparallèle à S0, est localement discernable.

La mine Malartic Hygrade est constituée de sept zones aurifères distinctes, lesquelles ont fait l'objet d'exploitations d'envergures historiquement très variables. Au cours de l'été 2012, nos travaux ont majoritairement porté sur le gîte Orion n° 8, une des zones aurifères de cette mine. Découvert en 1985, il a été exploité de 1987 à 1990 (volume de minerai de 131 000 t à 5,31 g/t Au; Trudeau et Raymond, 1992). La minéralisation affleure en surface sur près de 100 m et se poursuit jusqu'à 600 m en profondeur selon les forages. Elle est orientée 315° avec un pendage d'environ 45° vers l'est; ce pendage devient plus abrupt et atteint près de 80° à 300 m de profondeur, là où la minéralisation rejoint la trajectoire interprétée de la zone de faille Norbenite.

L'éponte supérieure de la minéralisation du gîte Orion n° 8 est constituée majoritairement de basalte grenu et de coulées ultramafiques alors que l'éponte inférieure est composée de coulées aphanitiques coussinées/bréchiques et d'intrusions felsiques, surtout tonalitiques. La minéralisation se présente sous quatre faciès : 1) basaltes coussinés pyritisés (5 à 20 % Py) altérés en actinote-trémolite-carbonate; 2) brèches de faille pyritisées; 3) brèches à quartz aurifère, accompagné d'albite; et 4) veines de quartz, principalement au nord-est du gîte, avec présence d'albite, surtout près des épontes, et d'or visible par endroits. Certains dykes de tonalite semblent contemporains à la minéralisation (Trudeau et Raymond, 1992); un de ceux-ci fera l'objet d'une datation U-Pb des zircons pour confirmer ou non l'âge précoce anticipé du système minéralisé aurifère.

Une caractéristique structurale importante de la mine Malartic Hygrade et du gîte Orion n° 8 est que la plus grande part de l'enveloppe stratigraphique se situe au cœur ou sur le flanc long d'un grand pli majeur (P2) en « Z », auquel est associé une schistosité (S2) est-ouest qui recoupe la schistosité (S1) antérieure. Ceci est appuyé par la forme en molaire de certains coussins ainsi que par la relation perpendiculaire entre l'orientation de la surface stratigraphique S0 et la schistosité S2. La surface S1, généralement orientée SE, est communément caractérisée par la présence de nombreuses failles qui délimitent la zone minéralisée. Plusieurs relations de recoupements mutuels entre les fabriques S1 et S2 compliquent les relations chronologiques établies et tendent à indiquer que la fabrique S1 aurait été réactivée.

Références

PILOTE, P. – LACOSTE, P. – MOORHEAD, J. – BERTRAND-BLANCHETTE, S. – OUELLET, M.C., 2012 – Géologie de la région de Malartic (32D01-NE). Affiche présentée à Québec Mines 2012.

TRUDEAU, Y.– RAYMOND, D., 1992 – Geology and structure, Orion mine (No. 8 Zone), Val-d'Or district, Quebec. Exploration and Mining Geology; volume 1, No. 3, pages 223-230.

308

Géologie de la région du lac Lamarck (demi-sud du feuillet SNRC 32G14)

François Leclerc (MRN) et Yannick Daoudene (UQAM)

La révision cartographique de la région du lac Lamarck (demi-sud du feuillet SNRC 32G14) s'inscrit dans la continuité d'un levé réalisé dans les secteurs de Chapais et de Chibougamau (Sous-province de l'Abitibi, Québec). Ce projet a deux principaux objectifs : a) raffiner la stratigraphie et b) investiguer le potentiel de minéralisations de types SMV et filonienne aurifère.

Les secteurs les plus favorables à une minéralisation de type SMV sont situés :

1. À l'ouest du lac Chrissie, où le membre supérieur de la Formation de Chrissie comprend des roches volcanoclastiques mafiques à felsiques, des rhyolites (2791,4 +3,4/-2,8 Ma) avec des niveaux exhalatifs et des sulfures disséminés (Py-Po-Cp);
2. Au nord-ouest du lac Dolomieu, sous la forme de sulfures disséminés (Mg-Py-Po-Cp) avec une forte altération à chlorite-épidote dans les roches volcaniques, les tufs à lapillis moyens à fins de composition mafique à felsique et les lentilles de siltstone-mudstone laminées de la Formation de Blondeau;
3. Dans le secteur des lacs Sunrise et des Trois Îles ainsi qu'au sud du lac Pacifique, où la Formation de Scorpion (au sommet du Blondeau) renferme des dacites (2716,4 ±1,0 Ma) et des roches volcanoclastiques de composition dacitique avec une dissémination de Py-Po-Cp.

Les cibles à privilégier pour l'exploration des filons aurifères sont :

1. La zone de cisaillement de Kapunapotagen, qui caractérise le contact entre les roches volcaniques mafiques de la Formation d'Obatogamau et les rhyolites de la Formation de Waconichi (membre de Queylus), lesquelles sont transformées en schistes à SR-CL-AK ± MG. Les textures primaires et les veines de quartz fumé avec pyrite disséminée sont fortement transposées dans cette zone où l'aplatissement domine. Les stocks de Jean-Luc et de Fardoche, de composition syénitique, sont également situés à proximité de la zone de cisaillement;
2. Le filon-couche de Ventures (Complexe de Cummings) et les roches volcano-sédimentaires encaissantes au sud du lac Pacifique, qui présentent un contexte lithologique et structural similaire à celui de Chapais, pour le développement de filons cupro-aurifères. Deux phases de déformation ont affecté le filon-couche; la première correspond à une phase de plissement qui a engendré un synclinal E-W alors que le mouvement entre les failles senestres orientées NE a entraîné un second plissement;
3. Le secteur du stock syénitique de Dolodau, recoupé par des dykes de carbonatite. Les dykes de syénite et de carbonatite en périphérie de l'intrusion sont recoupés par des zones de cisaillement senestres et dextres orientées NE à NNE présentant une minéralisation disséminée (Au-Ag-W).

309

Discrimination des syénites associées aux gisements aurifères des sous-provinces de l'Abitibi et du Pontiac

Marc Legault (Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue)
et Jean Goutier (MRN)

Dans les ceintures de roches vertes des cratons archéens, une association spatiale bien établie existe entre : failles majeures, sédiments de type Timiskaming, minéralisation aurifère et intrusions felsiques ou syénitiques. Cette association est interprétée, soit comme une association structurale où l'intrusion agit en tant que piège compétent pour les minéralisations tardives, soit comme une relation génétique entre l'or et l'intrusion. Même si un tel lien génétique existe entre certaines intrusions alcalines et la minéralisation aurifère, force est d'admettre que ce ne sont pas toutes les intrusions alcalines qui sont associées à des minéralisations aurifères. La possibilité de distinguer entre les intrusions alcalines porteuses d'or et celles qui en semblent dépourvues pourrait avoir d'importantes répercussions sur l'exploration aurifère et sur les hypothèses du lien génétique entre magmatisme alcalin et or.

L'inventaire des différentes syénites qui parsèment le territoire s'est poursuivi à l'été 2012. Deux régions ont été ciblées : le secteur de Rouyn-Noranda et celui de Chapais. Le but de cet inventaire est de vérifier si en observant des échantillons « frais » de syénite, il est possible de déterminer si elles proviennent d'une syénite fertile ou d'une syénite stérile. Les observations précédentes indiquaient que les intrusions alcalines « fertiles » et « stériles » pouvaient être discernées à l'aide d'observations macroscopiques, microscopiques et géochimiques. Nos récentes observations démontrent que la relation n'est pas aussi simple. En général, les intrusions fertiles ont tendance à être de petites intrusions (<3 km^2) de forme allongée, d'orientation E-W, spatialement associées à des failles majeures. Elles possèdent une texture porphyrique, sont localement bréchiques et non magnétiques. Quant aux intrusions stériles, ce sont surtout des intrusions subcirculaires, équigranulaires et magnétiques. Elles sont également à grains plus grossiers et des textures trachytiques y sont souvent observées. Les analyses géochimiques montrent que les intrusions fertiles ont tendance à être plus felsiques que les intrusions stériles. Plusieurs éléments chimiques et minéraux normatifs permettent de distinguer les deux types. Cette distinction indiquerait, dans les cas où il semble exister un lien génétique entre l'intrusion alcaline et la minéralisation aurifère, que cette dernière serait associée aux fluides hydrothermaux incompatibles enrichis dans les phases tardives à la suite du fractionnement du magma. Dans les cas où les intrusions agissent comme des pièges structuraux, plus grand est le contraste de compétence avec la roche encaissante, plus les intrusions seraient aptes à se fracturer lors des déformations subséquentes.

310

Évolution tectonométamorphique de la Sous-province de l'Abitibi (Québec, Canada) : apports de la géochronologie $^{40}Ar/^{39}Ar$

Yannick Daoudene, Alain Tremblay (UQAM), Gilles Ruffet (Université de Rennes 1, France), Jean Goutier (MRN)

La Province du Supérieur, qui forme la partie nord-ouest du territoire québécois, est constituée d'unités tectonostratigraphiques, accrétées entre ~2,8 et ca ~2,65 Ga. L'une d'entre elles, la Sous-province de l'Abitibi, est caractérisée par un plissement régional orienté est-ouest et marquée par des conditions métamorphiques du faciès des schistes verts, qui atteignent localement le faciès des amphibolites (par exemple, au contact avec la Sous-province de l'Opatica au nord). Bien que ce métamorphisme régional soit communément attribué à la période d'accrétion, son âge demeure cependant incertain en raison du manque de données thermochronologiques adéquates, notamment des données $^{40}Ar/^{39}Ar$. Pourtant, de telles données sont primordiales pour retracer au mieux l'histoire thermique et tectonique de la région, mais aussi débattre de la géodynamique terrestre à l'Archéen. Ayant débuté durant l'été 2012, cette étude postdoctorale a pour objectif principal de préciser l'âge du métamorphisme régional dans la Sous-province de l'Abitibi.

Pour amorcer cet ambitieux projet, nous avons étudié la géologie d'une région située au nord-est du lac au Goéland, secteur clé puisque situé à cheval entre les sous-provinces de l'Abitibi et de l'Opatica. Ici, les roches volcaniques de l'Abitibi, métamorphisées au faciès des amphibolites, sont affectées par une foliation NW-SE, généralement à fort pendage et marquée par une linéation minérale en avalpendage. Les observations de terrain montrent aussi que ces roches reposent structuralement sur les roches ignées de l'Opatica, le tout étant affecté par des plis NW-SE de longueurs d'onde variables. Proche du contact entre les deux sous-provinces, les roches de l'Abitibi apparaissent nettement plus déformées, mais la nature précise de ce contact reste encore à déterminer. Une grande variété de roches métamorphiques et ignées ont été échantillonnées afin d'en extraire les micas et les amphiboles. Ces minéraux seront par la suite datés par la méthode $^{40}Ar/^{39}Ar$. Cette méthode de datation est idéale puisque les minéraux analysés ont des températures de fermeture isotopique comprises entre ~350 et ~600 °C, une gamme de température coïncidant avec celles des faciès métamorphiques des schistes verts et des amphibolites. Les résultats, qui seront disponibles dans quelques mois, devraient nous permettre de dater le métamorphisme et de préciser l'évolution tectonique de la région. Pour que notre compréhension de l'histoire tectonique et métamorphique de l'Abitibi soit la plus complète possible, il faudra étendre ce type d'étude ailleurs dans cette sous-province, plus particulièrement vers le sud, proche du contact avec la Sous-province du Pontiac.

311

Modélisation géologique en 3D de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine

Olivier Rabeau et Robert Thériault (MRN)

L'approvisionnement en eau potable aux Îles-de-la-Madeleine provient exclusivement de l'eau souterraine. Cette ressource se retrouve menacée par le pompage excessif qui entraîne l'intrusion d'eau saline et la remontée de l'interface eau douce – eau saline. Dans le cadre du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques (PACC) du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), des travaux visant à préciser la position de l'interface eau douce – eau saline sur l'archipel ont été entrepris. À cet effet, des levés électromagnétiques transitoires (TEM) ont été effectués permettant de mieux définir la position de l'interface eau douce – eau saline sur la plupart des îles habitées. Certaines de ces données indiquent la présence de zones conductrices dans les secteurs de Havre-aux-Maisons et Fatima-centre dont les positions, en profondeur, ne correspondent pas avec celles anticipées pour l'interface eau douce – eau saline. Afin de vérifier si ces anomalies sont liées à des entités géologiques, des travaux de forage ont été réalisés à l'automne 2012. Géologie Québec est chargée de l'interprétation de ces forages. De plus, le Service de l'aménagement et des eaux souterraines (SAES) du MDDEFP a sollicité l'expertise de Géologie Québec dans l'élaboration d'un modèle géologique englobant l'ensemble de l'archipel. La géologie de l'archipel est principalement dominée par la présence de horsts issus de la montée diapiriques de dômes de sel. Le modèle présenté intègre la totalité des bases de données géoscientifiques disponibles et s'appuie principalement sur les travaux de cartographie effectués à la fin des années 70 par le gouvernement du Québec. Ce modèle servira d'assise pour effectuer une modélisation hydrogéologique.

312

Quelques faits saillants de l'exploration avancée et du développement minier en Abitibi-Témiscamingue en 2012

Pierre Doucet et James Moorhead (MRN)

À l'ouest de Rouyn-Noranda, la production à la mine d'or Francoeur (Mines Richmont) a débuté en août. La société poursuit aussi les travaux d'exploration sur son projet Wasamac, avec une campagne de forage de 55 000 mètres planifiée pour 2012. Mines Aurizon et Exploration Typhon ont annoncé un nouveau calcul des ressources pour le projet Fayolle. Le gîte contient des ressources indiquées de 1,814 Mt à 2,7 g/t Au (156 000 onces d'or) calculées à une teneur de coupure de 0,8 g/t Au. À l'ouest d'Amos, Corporation Royal Nickel a poursuivi les travaux sur son projet Dumont Nickel. La société a déposé les résultats de l'étude de préfaisabilité révisée et a entrepris l'étude de faisabilité. Mines Aurizon a publié les résultats positifs de l'étude de faisabilité du projet Joanna. Cependant, la société a décidé de reporter le développement du projet et de poursuivre les forages d'exploration plus à l'ouest, sur le gîte Héva. En avril, IAMGOLD a annoncé un nouveau calcul des ressources du projet Westwood ainsi que quelques paramètres relatifs à l'exploitation de ce gîte. La mise en production est prévue pour le début de 2013 et la durée de vie de la mine sera de 19 ans. Au Témiscamingue, Matamec Explorations a annoncé au premier trimestre les résultats positifs de l'évaluation économique préliminaire pour le projet de terres rares Zeus. La société a également signé une entente de coparticipation avec Toyotsu Rare Earth Canada pour financer l'étude de faisabilité du projet.

À Val-d'Or, Mines Agnico-Eagle qui avait interrompu l'exploitation de la zone GEZ en octobre 2011 a annoncé que la production à la mine Goldex devrait reprendre en 2014, à partir des zones satellites M et E qui renferment respectivement des ressources indiquées de 4,36 Mt à 1,84 g/t Au et de 4,27 Mt à 1,69 g/t Au. Les forages d'exploration se poursuivent dans la zone D à la mine Lac Herbin de QMX Gold Corporation, les forages et les travaux de développement se sont poursuivis dans les zones Bonanza, FL, LH et S1. Concernant la mine Kiena de Mines d'Or Wesdome, les forages se sont poursuivis dans les zones Martin, VC, S-50 et Dubuisson, ce qui a permis la découverte de la zone Dubuisson Nord. À Malartic, Corporation minière Osisko continue d'optimiser la production à la mine Canadian Malartic, laquelle a commencé à produire en 2011 et renferme des réserves prouvées et probables de 337,67 Mt à 0,99 g/t Au (10,72 Moz d'or). Quant à la mine Québec Lithium à La Corne, Canada Lithium Corporation termine la construction de son usine de traitement de minerai. La mise en service est prévue pour la fin 2012 et les premières expéditions de carbonate de lithium, pour mars 2013.

313

La mine Canadian Malartic, Abitibi : observations préliminaires des caractéristiques géologiques et de la chronologie relative des minéralisations aurifères archéennes à basse teneur et à fort tonnage

Stéphane de Souza, Benoît Dubé (CGC-Q), Vicki McNicoll (CGC-O), Patrick Mercier-Langevin (CGC-Q), Pierre de Chavigny, Donald Gervais, Louis Caron (Osisko)

La mine Canadian Malartic exploite un gisement d'or à basse teneur et à fort tonnage (réserves prouvées et probables de 10,9 Moz; 345 Mt à 0,98 g/t Au) situé dans la Sous-province de l'Abitibi. La minéralisation est principalement encaissée dans les roches métasédimentaires du Groupe de Pontiac et à l'intérieur d'intrusions monzodioritiques porphyriques déformées situées au sud de la Zone de faille de Cadillac. Le Groupe de Pontiac est constitué de grauwacke turbiditique à albite - quartz - biotite - chlorite affecté par un clivage orienté WNW à NW à pendage vers le NE (70-90°), tandis que les intrusions minéralisées sont d'orientation E-W. La Faille Sladen, qui marque le contact sud d'une de ces intrusions, est orientée E-W avec un pendage (45-85°) vers le sud en partie contrôlé par la géométrie de l'intrusion. Deux orientations sont reconnues pour les enveloppes minéralisées, soit E-W et NW-SE, avec des pendages opposés vers le sud et vers le nord, respectivement.

Les roches minéralisées contiennent habituellement de la calcite et des traces à 3 % de pyrite finement disséminée et l'or est rarement visible. La majeure partie de la minéralisation se trouve dans les roches métasédimentaires et se présente sous la forme de zones de remplacement caractérisées par une silicification accompagnée d'altération potassique et/ou de carbonatisation, de même que des veinules de quartz - calcite ± pyrite et biotitisation des épontes. Des veines de quartz ± pyrite laminées et/ou brèchiques minéralisées sont également localement présentes. Dans les intrusions, la minéralisation est constituée de zones de silicification et d'altération potassique avec une enveloppe de carbonatisation et d'hématisation. Cette enveloppe contient des veines millimétriques à centimétriques de quartz - calcite ± pyrite formant localement des stockwerks. Des veines pegmatitiques aurifères centimétriques à décimétriques de quartz - calcite - muscovite - biotite ± albite ± tourmaline ± pyrite ± galène ± scheelite avec altération en feldspath potassique des épontes sont présentes dans les intrusions. La minéralisation est préférentiellement développée en association avec la Faille Sladen, des zones de charnières de plis et de déformation ductile-fragile orientées NW-SE. L'association de la minéralisation avec les intrusions porphyriques, la minéralogie et les textures des veines pegmatitiques aurifères, l'altération potassique omniprésente, la présence de stockwerks minéralisés de même que la présence localement de chalcopyrite et de molybdénite, sont compatibles avec une empreinte magmatique-hydrothermale pour le gisement. Toutefois, la géométrie des corps minéralisés, leur association spatiale avec des éléments structuraux, ainsi que la présence de veines de quartz minéralisées laminées, indiquent l'existence d'une phase de minéralisation syndéformation et/ou de remobilisation d'une minéralisation préexistante.

L'hypothèse de travail favorisée est que le gisement d'or à basse teneur et à fort tonnage de la mine Canadian Malartic et sa géométrie actuelle résultent de la superposition d'une minéralisation syndéformation sur un système magmatique-hydrothermal aurifère associé aux intrusions porphyriques.

314

La zone de Dunnage et la Ceinture de Gaspé dans les Appalaches du sud du Québec – une synthèse

Alain Tremblay (UQAM), Stéphane de Souza (CGC-Q),
Morgann Perrot, Xavier Vasseaud (UQAM)

Malgré une augmentation significative des connaissances géologiques des Appalaches du sud du Québec depuis plus de 25 ans, aucune carte synthèse de cette grande région n'a encore été publiée depuis les travaux de Slivitzky et St-Julien (1987). À la demande du MRN, une équipe de l'UQAM procède donc, depuis 2009, à la compilation et la réinterprétation géologique de toute une série de feuillets SNRC au 1/50 000 couvrant les territoires de l'Estrie, de la Beauce et du Bas-Saint-Laurent. En Estrie-Beauce, les cartes géologiques produites représentent une surface équivalente à environ 24 feuillets SNRC et sont maintenant disponibles dans SIGÉOM. Près de 50 % de ce territoire correspond aux roches ordoviciennes de la zone de Dunnage (Tremblay *et al.*, 1995) et siluro-dévoniennes de la Ceinture de Gaspé (Bourque *et al.*, 2000). Ces cartes géologiques, combinées aux résultats des travaux de cartographie réalisés dans le cadre d'études de doctorat et de maîtrise depuis environ 1995 (p. ex. Castonguay, 2001; Schroetter, 2004; de Souza, 2012) permettent de proposer une synthèse cartographique des unités rocheuses situées à l'est de la faille St-Joseph et de la ligne Baie Verte-Brompton.

La zone de Dunnage est constituée d'ophiolites, du Mélange de St-Daniel, du Groupe de Magog et du Complexe d'Ascot. Les ophiolites, d'âge ordovicien inférieur, forment un « slab » plus ou moins continu et corrélatif entre Thetford-Mines et le Lac Brompton en contact tectonique avec l'ophiolite du Mont Orford au sud. Le Mélange de St-Daniel (465-455 Ma) et le Groupe de Magog (461-455 Ma) représentent un bassin sédimentaire reposant en discordance angulaire sur un socle localement profondément érodé, constitué de roches continentales, ophiolitiques ou volcaniques. Les lithologies « exotiques » du St-Daniel, précédemment interprétées comme des « méga-fragments » (i.e. volcanites de Bolton, de Ware, séquence de Bunker Hill et certaines parties du Complexe d'Ascot), représentent plutôt des fenêtres structurales exposant les unités inférieures du mélange ou son socle, des coulées volcaniques stratiformes au sein du St-Daniel ou des variations latérales de faciès entre le St-Daniel et le Magog. Le Groupe de Magog correspond à une série de roches silicoclastiques variées d'épaisseur kilométrique. Des résultats de datations U-Pb sur zircons détritiques provenant du Magog suggèrent que l'âge de ces dépôts s'étend possiblement jusque dans le Silurien supérieur (de Souza, 2012). Régionalement, le Groupe de Magog se présente comme un bassin sédimentaire d'environ 300 km, s'étendant entre les frontières avec le Maine au NE et le Vermont au SW, qui repose en discordance sur le St-Daniel au NW et sur le Complexe d'Ascot (ca. 460 Ma) au SE. Les roches de la Ceinture de Gaspé reposent en discordance sur la zone de Dunnage (formant alors le Groupe de Glenbrooke et la Formation de Lac Aylmer) ou en contact tectonique avec celle-ci dans le toit de la faille de La Guadeloupe (constituant alors le Groupe de St-Francis et les formations de Frontenac et de Clinton vers la frontière Québec-Maine-New Hampshire).

Références

BOURQUE, P.-A. – MALO, M. – KIRKWOOD, D., 2000 – Paleogeography and tectono-sedimentary history at the margin of Laurentia during Silurian–earliest Devonian time: the Gaspé Belt, Québec. Geological Society of America, Bulletin 112, 4–20.

CASTONGUAY, S., 2001 – Évolution tectonique et géochronologique $^{40}Ar/^{39}Ar$ de la zone de Humber interne, Appalaches du sud du Québec. Thèse de doctorat, INRS-ETE.

DE SOUZA, S., 2012 – Évolution tectonostratigraphique du domaine océanique des Appalaches du sud du Québec dans son contexte péri-Laurentien. Thèse de doctorat, UQAM.

SCHROETTER, J.-M., 2004 – Caractérisation structurale et stratigraphique du Complexe ophiolitique de Thetford-Mines : implications géodynamiques pour la zone de Dunnage du sud du Québec, Canada. Thèse de doctorat, INRS-ETE.

SLIVITZKY, A. – ST-JULIEN, P., 1987 – Compilation géologique de la région de l'Estrie-Beauce, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Québec; MM 85-04, carte # 2030, échelle 1/250 000.

TREMBLAY, A. – MALO, M. – ST-JULIEN, P., 1995 – Dunnage Zone - Québec; Canadian Appalachians Region. In Chapter 3 of Geology of the Appalachian/Caledonian Orogen in Canada and Greenland, Harold Williams (co-ord.); Geological Survey of Canada, Geology of Canada, No. 6, pages 179-197.

315

Détection de gisements sous couverture glaciaire par la méthode MMI[MC] : synthèse, études de cas, perspectives

Silvain Rafini (CONSOREM)

Ce projet vise à évaluer la méthode MMI[MC] (*Mobile Metal Ions*) pour l'exploration minérale dans les contextes climatique, géologique et pédologique canadiens, profondément différents des contextes australiens où la méthode a été initialement développée. Une documentation approfondie a mis en évidence plusieurs lacunes de connaissance fondamentale d'importance critique : 1) la méconnaissance expérimentale des processus impliqués dans le transport métallique depuis la source écarte toute possibilité de jugement sur la favorabilité des différents contextes des levés, et donc sur la validité des résultats; 2) la nature réellement exogène, théoriquement annoncée, du signal métallique mesuré par la méthode n'est pas strictement démontrée en contexte de couverture glaciaire transportée; et 3) le protocole d'échantillonnage « à profondeur fixe » en vigueur ignore la nature pédologique du niveau échantillonné, ce qui constitue une source d'incertitudes causant des difficultés à l'étape de l'interprétation des levés.

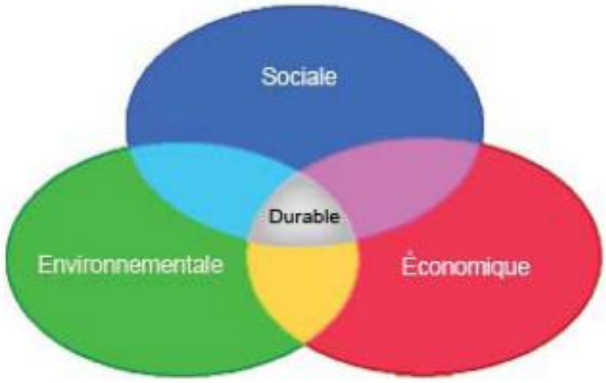
L'analyse de données du domaine public a fait apparaitre que plusieurs facteurs externes (c.a.d. non reliés à la minéralisation) exercent un fort contrôle sur les teneurs MMI[MC]. Il s'agit en premier lieu du bruit (*background*) métallique associé, pour les métaux de base, à la fraction phyllosilicatée du sol, exprimé par le signal eau régale. On dénote en effet une corrélation très nette entre les signaux métalliques MMI[MC] et eau régale lorsque les échantillons sont pris dans le même intervalle de sol (10 à 25 cm sous l'humus), tant par l'observation directe et qualitative des traverses que par l'analyse statistique (composantes principales). Cette dernière suggère que près de 50 % de la variabilité totale est reliée au manque de régularité sur le niveau pédogénétique échantillonné, conséquence du protocole « à profondeur fixe ». Par ailleurs, les changements locaux de conditions physico-chimiques du sol produisent d'importantes remobilisations métalliques *in situ*, conduisant à la formation d'anomalies dites « indirectes » qui pourraient être interprétées à tort comme des émanations ioniques diffusées directement depuis une source enfouie. Le rehaussement d'une composante réellement « directe » et « exogène » du signal MMI[MC] nécessite une correction (régression multivariée) sur les facteurs externes identifiés ici. Toutefois, cette composante est absente des cas analysés. Ces résultats remettent donc en question la nature directe et exogène des anomalies MMI[MC] et montrent la nécessité d'appliquer des corrections afin d'écarter les fausses anomalies produites par des facteurs externes (sols riches en phyllosilicates, en carbonates, changements de pH, etc.).

316

Le développement durable à Géologie Québec

Isabelle d'Amours, Pénélope Burniaux, Andrea Amortegui, Pierre Lacoste, Jean-Yves Labbé, Patrice Roy (MRN)

Le développement durable, c'est plus qu'une simple question d'environnement. Alors, le développement durable, c'est quoi? Le développement durable, c'est répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Il s'appuie sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementales, sociales et économiques.



Le volet de la **dimension environnementale** vise à protéger et à conserver notre environnement, nos écosystèmes, nos ressources, notre milieu de vie, c'est-à-dire maintenir une planète en santé.

Le volet de la **dimension sociale** considère notre mode de vie de même que le souci de bâtir une société démocratique, sécuritaire et qui réduit les inégalités et les iniquités.

Le volet de la **dimension économique** est ce qui contribue à notre prospérité et à l'amélioration de notre niveau de vie.

Le *développement durable*, c'est donc tout cela, soit : une planète en santé, des individus qui y vivent en harmonie et en sécurité ainsi qu'une société équitable, prospère, dont les institutions et les structures sont pérennes et où l'ensemble contribue à la qualité de vie des générations actuelles et futures.

D'ailleurs au Québec, depuis 2006, nous avons la loi n° 118, la Loi sur le développement durable. L'article 2 du chapitre 1 de cette loi mentionne : « ... un développement durable qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

Ainsi, dans les différentes activités et travaux effectués au ministère et, plus particulièrement, à Géologie Québec, nous nous sommes penchés sur ces termes et ces questions. Nous avons tenté de voir où nos activités se situent au travers de ces diverses dimensions. Par exemple, l'échantillonnage géochimique des sédiments de fond de lacs recoupe à la fois deux dimensions, soit économique (prospection minière) et environnementale (caractérisation du milieu). Nous sommes arrivés à la conclusion que le SIGÉOM est au cœur de notre mandat et au centre de notre contribution au développement durable.

Le comité de développement durable à Géologie Québec : Isabelle d'Amours, Pénélope Burniaux, Andrea Amortegui, Pierre Lacoste, Jean-Yves Labbé, Patrice Roy (MRN).

319

Le Corridor métallifère de Lebel-sur-Quévillon (Abitibi) réinterprété

Stéphane Faure (CONSOREM)

Le secteur de Lebel-sur-Quévillon, au centre de l'Abitibi, présente plusieurs caractéristiques géologiques particulières qui en font un lieu propice à plusieurs environnements de minéralisation. Il s'agit d'un segment de roches vertes orienté NE peu commun en Abitibi, où se rencontrent plusieurs structures majeures comme les failles Cameron, Casa Berardi et Lamarck. Il comprend des rhyolites fertiles à l'égard des minéralisations de type sulfures massifs volcanogènes (SMV) et une panoplie d'intrusions allant des tonalites synvolcaniques aux intrusions alcalines tardives (syénites, carbonatites, kimberlites).

À la suite de la découverte en 1989 du gisement Gonzague-Langlois (1,9 Mt Zn), plusieurs sociétés ont entrepris des travaux d'exploration dans ce secteur au début des années 1990. Les données numériques archivées par certaines entreprises sur d'anciens supports informatiques n'ont jamais été rendues publiques. Un des objectifs du projet a été d'intégrer cette information avec celle du SIGÉOM afin de produire une nouvelle carte géologique et structurale. Les données descriptives de terrain et structurales, ainsi que l'interprétation des cartes magnétiques et électromagnétiques (conducteurs EM) ont permis de préciser les couloirs de déformation connus et d'en reconnaître une dizaine de nouveaux. Le couloir de Lamarck se trace maintenant sur une largeur variant entre 2 et 4 km et selon une orientation NE-SO, ce qui en fait l'unique faille majeure en Abitibi avec une telle attitude.

Des cibles ont été générées sur l'ensemble de la région pour des minéralisations de SMV et d'or orogénique. Pour les SMV, des arguments basés sur l'affinité géochimique et la fertilité des roches volcaniques, les signatures géophysiques, l'assemblage et les textures volcaniques de même que la reconstruction paléovolcanique ont permis de suggérer des extensions et des équivalents à la séquence bimodale fertile de la mine Gonzague-Langlois. La reconstitution paléovolcanique a permis de proposer deux cycles d'ouverture de bassins volcaniques : un premier cycle vers 2718-2714 Ma, avec un ou des bassins d'affinité transitionnelle et la formation des SMV de Gonzague-Langlois, et possiblement un second vers 2720-2722 Ma, avec au moins deux bassins d'affinité calco-alcaline orientés NE-SW, parallèlement à la Faille Lamarck, et corrélé aux minéralisations d'or volcanogène de la mine Géant Dormant. La Faille Lamarck aurait donc eu un contrôle important très tôt dans l'histoire volcanique.

De nouveaux couloirs de déformation expliquent des minéralisations d'or connues, mais dont les relations avec une structure régionale n'étaient pas proposées. À partir de descriptions de terrain, 26 nouvelles syénites d'une superficie <2 km^2 ont été reconnus. La majorité de celles-ci sont associées spatialement à la Faille Lamarck et à ses subsidiaires.

320

Les contrôles exercés par les rifts mantelliques fossiles sur la minéralisation dans l'Abitibi au Québec lors de la fragmentation et le réassemblage cratonique

Lyal B. Harris (INRS-ETE) et Jean H. Bédard (CGC-Q)

Dans la Sous-province de l'Abitibi de la Province du Supérieur au Québec, les séquences extrusives se sont formées dans un contexte de type plateau volcanique lors du rifting, lié à des panaches mantelliques, de la lithosphère cratonique plus ancienne qui a débuté vers 2,78-2,75 Ga. L'activité des panaches mantelliques a provoqué de l'érosion thermique localisée, la destruction et l'assimilation de l'ancienne lithosphère et la formation de croûte de composition isotopique juvénile qui constitue aujourd'hui la ceinture de l'Abitibi. L'imagerie 3D des données de tomographie sismique des ondes S dans la Province du Supérieur illustre que la Sous-province de l'Abitibi se trouve au-dessus d'un rift symétrique globalement orienté E-O dans le manteau lithosphérique subcrustal (MLSC) de la lithosphère archéenne plus ancienne (craton Supérieur nord-est et Domaine de Minnesota River Valley). La tomographie sismique n'offre aucune évidence de zones de subduction « fossiles ». L'imagerie aéromagnétique rehaussée dans la partie centre-nord de l'Abitibi illustre que du cisaillement ductile dextre orienté E-O, précoce et pénétratif, a précédé la formation de zones de cisaillement locales conjuguées, ductiles à fragiles-ductiles, en décrochement et de failles orientées E-O inverses ± dextres. Le décalage et la déflection ductile de croûte mafique et dense le long de zones de cisaillement en décrochement d'envergure régionale dans la Sous-province de l'Abitibi, et son prolongement dans le Parautochtone de la Province de Grenville, sont apparents sur l'imagerie de la composante de courte longueur d'onde de l'anomalie gravimétrique de Bouguer. Une zone de cisaillement archéenne orientée NE avec une composante senestre (la zone de cisaillement proto-Grenville) est identifiée le long de la bordure SE des sous-provinces de l'Abitibi et de l'Opatica. L'historique de déplacement et la géométrie des zones de cisaillement inverses et en décrochement est similaire à celle de structures qui se développent lors de l'extrusion latérale progressive suite au poinçonnement d'un corps rigide. Nous proposons que la migration vers le sud du noyau cratonique ancien (craton Supérieur nord-est) poussé par l'écoulement mantellique qui se faisait sentir sur sa quille lithosphérique profonde, plutôt que des processus liés à la subduction, a mené à l'accrétion progressive vers le sud de fragments de croûte et de segments de type plateau océanique comme l'Abitibi. L'accrétion de terranes a mené à du raccourcissement et à l'inversion de rift dans l'Abitibi. Les grands gisements aurifères épigénétiques sont localisés au-dessus de failles délimitant des rifts dans le MLSC, suggérant que les structures de rift précoces ont localisé la déformation subséquente et la circulation de fluides hydrothermaux lors du raccourcissement N-S pendant l'orogenèse shebandowanienne à ca. 2,7 Ga. Les champs de kimberlite de Desmaraisville (1,1 Ga) et d'Otish (0,55 Ga) coïncident également avec des structures de rift interprétées dans le MLSC, soulignant le rôle des anciennes structures mantelliques en termes de localisation de la déformation et de l'intrusion dans la croûte sus-jacente.

321

Analyse multiparamétrique de carottes de forage dans la région de Chibougamau : résultats préliminaires

Alexandre Bourke, Pierre-Simon Ross (INRS-ETE),
François Leclerc (MRN), Stefania Cioldi (INRS-ETE)

Il existe peu de bases de données importantes des propriétés physiques, minéralogiques et géochimiques des carottes de forage d'exploration des camps miniers au Québec, entre autres, parce que les mesures de ces propriétés doivent se faire une à la fois, souvent par des méthodes destructives. Pourtant, de telles bases de données auraient beaucoup d'application géoscientifiques, incluant la caractérisation de l'altération hydrothermale, la chimicostratigraphie, le calcul de réserves et l'amélioration des modélisations géologiques. Avec le Laboratoire mobile de caractérisation physique, minéralogique et chimique des roches (LAMROC) de l'INRS, il est possible de mesurer sur les carottes de forage, presque simultanément et à haute résolution spatiale, la densité par atténuation des rayons gamma, la susceptibilité magnétique ainsi que la concentration approximative de jusqu'à 25 éléments chimiques par FRX, en plus de caractériser la minéralogie d'altération par analyse spectrométrique dans l'infrarouge. Il est également possible de comparer ces mesures avec l'aspect visuel de la roche afin de mieux comprendre les variations des différents paramètres, puisque le système acquiert une image continue de la carotte, ce qui constitue une archive virtuelle complète du forage.

Le MRN a mandaté l'INRS pour réaliser une analyse multiparamétrique à haute résolution de carottes de forage dans la région de Chibougamau. L'étude bénéficie du soutien logistique de Ressources Cogitore et de Forages Chibougamau.

La région de Chapais-Chibougamau n'est pas particulièrement connue pour ses gisements de SMV ou pour son potentiel pour ce type de gisements, contrairement à d'autres secteurs de l'Abitibi. Pourtant, le secteur de Chibougamau comprend l'ancienne mine Lemoine, le plus riche gisement de SMV exploité au Canada, le gisement Scott et de nombreux indices significatifs qui illustre ce potentiel. La timidité des travaux d'exploration pour les SMV à l'échelle régionale est en partie due à un niveau de connaissance des séquences volcaniques favorables qui demeure perfectible. L'INRS a analysé plusieurs forages d'exploration de la région de Chibougamau avec le LAMROC afin d'améliorer les connaissances géologiques sur la Formation de Waconichi, le principal métallotecte pour les SMV. Deux secteurs ont été retenus, soit le secteur de l'ancienne mine Lemoine, au sud du Complexe du Lac Doré, et celui du Lac Taché-Lempira, au nord du Complexe. L'objectif principal est de pouvoir comparer la stratigraphie de la Formation de Waconichi dans ces deux secteurs, sur la base des données du LAMROC et des informations déjà disponibles.

322

Modélisation lithologique et d'altération par analyses statistiques multivariées, à partir de mesures effectuées sur des carottes de forage du camp minier de Matagami, Québec

Bastien Fresia, Alexandre Bourke, Pierre-Simon Ross,
Erwan Gloaguen (INRS-ETE)

Le camp minier de Matagami (nord de la Sous-province de l'Abitibi) regroupe de nombreux gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV). Peu d'informations sont disponibles sur les propriétés physiques et minéralogiques des roches hôtes, ce qui entrave, par exemple, les tentatives de modélisation géophysique. En 2010, l'INRS a mis sur pied le Laboratoire mobile de caractérisation physique, minéralogique et chimique des roches (LAMROC). Ce laboratoire d'analyses physiques et chimiques des carottes permet de se rendre dans les carothèques et d'y effectuer les analyses sur place. C'est dans ce contexte que le ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN) a mandaté l'INRS pour effectuer une analyse multiparamétrique à haute résolution de carottes de forage de la zone à l'étude. Nous avons recueilli plus de 25 000 mesures de densité gamma, de susceptibilité magnétique et de spectrométrie infrarouge et visible (minéralogie) ainsi que plus 12 000 mesures de géochimie par FRX (fluorescence à rayons X), réparties sur plus de 7 000 mètres de carottes de forage.

La grande quantité de mesures physico-chimiques colocalisées ne permettant pas de faire une analyse et une interprétation « à la main », les méthodes d'analyses statistiques multivariées peuvent être utilisées pour regrouper les données ou les points de mesures en se basant sur les réponses de chaque paramètre. Elles s'avèrent très utiles pour l'interprétation simultanée de l'ensemble des données. Nous proposons ici une approche basée sur l'analyse en composantes principales (ACP) et le partitionnement de données (*cluster analysis*). L'ACP est tout d'abord utilisée pour déterminer les variables les plus discriminantes de l'altération ou des protolites. L'analyse par *cluster* est ensuite utilisée pour grouper les points de données par pseudo-lithologies en fonction de leur signature physique et géochimique. Les modèles de pseudologs géologiques ainsi obtenus nous permettent d'étudier l'altération à l'intérieur de chaque lithologie, en s'affranchissant des variations dues aux changements lithologiques et d'affinités magmatiques. Pour cette dernière étape, l'étude de la minéralogie ainsi que les méthodes d'ACP et de précurseurs uniques sont combinées afin de déterminer l'évolution de l'altération le long des forages et d'en obtenir une certaine quantification.

Au final, en combinant les approches statistiques et classiques, nous utilisons les données acquises avec le LAMROC pour discriminer spatialement, à haute résolution et sur l'ensemble du forage carotté, les lithologies et les altérations liées à la mise en place de gisements de SMV.

325

Carte géologique du Québec – Édition 2012

Robert Thériault et Stéphane Beauséjour (MRN)

Une nouvelle carte géologique du Québec à l'échelle de 1/2 000 000 a été produite par le ministère des Ressources naturelles (MRN) au cours de la dernière année. Cette nouvelle carte, une mise à jour de l'édition 2002, a été produite dans le but d'incorporer les résultats des nombreux levés géologiques effectués sur l'ensemble du territoire québécois au cours des dix dernières années. La carte numérique est visualisable et interrogeable à partir de la plateforme ArcGIS. De plus, une carte interactive est diffusée sur Internet, et permet notamment de mettre en association des informations géologiques (unités stratigraphiques, gîtes minéraux, forages, etc.) et géographiques (images satellitaires, hydrographie, topographie, etc.). La nouvelle carte géologique du Québec servira d'outil promotionnel pour la diffusion de la connaissance géologique du territoire québécois, à l'intention, entre autres, des institutions scolaires et universitaires, des centres de recherche ainsi que du grand public.

Par rapport à la version précédente publiée en 2002, la nouvelle carte géologique du Québec comporte les principales nouveautés suivantes :

- Le niveau de détail de la géologie a augmenté de façon considérable, comme en témoigne l'augmentation du nombre d'unités composant la légende géologique, qui est passé de 106 à 165, ainsi que le nombre de zones géologiques présentes sur la carte, qui est de l'ordre de près de 6 500 par rapport à 4 400 pour la version précédente;
- En plus de l'âge et la description lithologique, la base de données ArcGIS rattachée à la carte géologique inclut dorénavant l'unité stratigraphique des zones géologiques numérisées. Ainsi, plus de 900 unités stratigraphiques différentes sont présentes dans la base de données;
- Un encadré dans un coin de la carte présente, en plus des limites des provinces géologiques, une subdivision au niveau des sous-provinces, zones, ceintures et orogènes.

327

Géochimie du Groupe de Blake River (Sous-province de l'Abitibi) : compilation et résultats préliminaires

Sarane Sterckx, Pierre-Simon Ross (INRS-ETE), Jean Goutier, Claude Dion (MRN)

La Sous-province de l'Abitibi constitue l'un des meilleurs endroits au monde pour l'exploration des gisements polymétalliques de type « sulfures massifs volcanogènes » (SMV). Le Groupe de Blake River, dans le secteur de Rouyn-Noranda, comprend deux importants camps miniers de SMV, le camp de Noranda et celui de Doyon-Bousquet-LaRonde. Puisque la mise en place des gisements de SMV est contrôlée en partie par la stratigraphie, il est souhaitable d'améliorer nos connaissances dans ce domaine pour les roches volcaniques sous-marines du Groupe de Blake River. De même, peu de niveaux marqueurs sont connus à l'échelle régionale. Ces dernières années, des milliers d'analyses géochimiques, incluant les éléments en traces immobiles, sont devenues disponibles à la suite des campagnes de cartographie gouvernementales, des études thématiques universitaires et gouvernementales et des travaux d'exploration des sociétés minières. De plus, de nombreuses datations U-Pb ont été obtenues, ce qui permet de fournir un cadre temporel aux événements volcaniques et à la minéralisation.

Ces données géochimiques n'ont pourtant pas été exploitées de manière optimale afin de mieux comprendre la stratigraphie du Groupe de Blake River; c'est là l'objectif principal du projet de maîtrise entrepris cet automne à l'INRS-ETE avec le soutien du MRN. La première étape a été de compiler l'information existante pour construire une base de données des analyses géochimiques jugées les plus fiables et complètes, et ce, en distinguant bien les laves des intrusions. Dans un second temps, de nouveaux échantillons ont été récoltés sur le terrain pour combler les lacunes dans la couverture géochimique à l'échelle régionale. Nous avons aussi soumis plusieurs poudres pour la ré-analyse des éléments en traces. Notre affiche présentera la distribution géographique des données et quelques résultats préliminaires. Les travaux futurs viseront à établir la signature et l'homogénéité géochimique des unités stratigraphiques et à vérifier la cohérence spatiale d'éventuels regroupements géochimiques.

328

Le gisement Westwood, Abitibi, Québec : un système magmatique-hydrothermal aurifère archéen?

David Yergeau (INRS-ETE), Patrick Mercier-Langevin, Benoit Dubé (CGC-Q), Michel Malo (INRS-ETE), Jean Goutier (MRN), Claude Bernier, Armand Savoie, Nicole Houle, Patrice Simard (IAMGOLD)

Le gisement aurifère Westwood (3,715 Moz) se situe dans le camp minier Doyon-Bousquet-LaRonde, en Abitibi. La minéralisation est encaissée dans les roches métavolcaniques de la Formation de Bousquet (~2699 à 2696 Ma) qui forme une mince bande homoclinale subverticale d'orientation E-W à sommets vers le sud. La Formation de Bousquet est divisée en un membre inférieur composé principalement de roches mafiques à felsiques d'affinité tholéiitique à transitionnelle et un membre supérieur composé principalement de roches intermédiaires à felsiques d'affinité transitionnelle à calco-alcaline. Le secteur est caractérisé par des couloirs de déformation subverticaux anastomosés d'orientation E-W et d'épaisseur décamétrique tandis que le métamorphisme atteint le faciès des amphibolites inférieur.

Le gisement comprend trois corridors minéralisés distincts soit, du nord au sud, 1) la Zone 2 Extension; 2) le Corridor Nord; et 3) le Corridor Westwood. La Zone 2 Extension est composée de veines d'épaisseur centimétrique à décimétrique de quartz riches en pyrite ± chalcopyrite-sphalérite similaires à plusieurs égards aux veines de la mine Doyon. Le Corridor Nord est caractérisé par des veines d'épaisseur centimétrique à décimétrique de quartz riches en pyrite-chalcopyrite-sphalérite ainsi que par des bandes de sulfures semi-massifs à massifs qui représentent soit 1) un système SMV avorté; 2) une zone de stockwerk associée aux minéralisations du Corridor Westwood; ou 3) un style de minéralisation hybride. L'enveloppe de ces deux corridors est légèrement discordante par rapport à la stratigraphie. Finalement, le Corridor Westwood comprend des disséminations et des lentilles concordantes de sulfures semi-massifs à massifs similaires aux minéralisations du gisement LaRonde Penna.

La cartographie de détail de l'affleurement de découverte de la lentille Warrenmac (Corridor Westwood) réalisée cet été permet d'illustrer plusieurs relations importantes, notamment que : 1) les roches felsiques encaissant la lentille sont recoupées par des filons-couches d'andésite basaltique peu perméables; 2) l'altération synvolcanique est discordante et fortement transposée dans la stratigraphie; 3) les minéralisations du Corridor Westwood sont localement accompagnées de tufs à blocs felsiques riches en fragments de sulfures aurifères et sont donc de nature synvolcanique; et 4) une série de plans de glissement discrets vient compliquer la distribution spatiale des zones minéralisées et des unités encaissantes.

L'étude des contrôles géologiques et structuraux de formation de ces différents types de minéralisation permet de vérifier l'hypothèse d'un continuum métallogénique entre les minéralisations filoniennes aurifères associées aux intrusions synvolcaniques et les SMV aurifères à l'Archéen. Ce type de continuum métallogénique est bien documenté dans d'autres environnements géologiques plus jeunes (p. ex. les systèmes épithermaux-porphyriques télescopés).

329

Caractérisation des unités volcaniques à fragments de sulfures de la Formation de Rouyn-Pelletier, Rouyn-Noranda, Québec

Catherine Boudreau (ULAVAL), Patrick Mercier-Langevin (CGC-Québec), Jean Goutier (MRN), Benoît Dubé (CGC-Québec), Georges Beaudoin (ULAVAL)

Le Groupe de Blake River est divisé en différentes formations, incluant la Formation de Horne, laquelle contient le plus grand gisement exploité de type sulfures massifs volcanogènes aurifères connu (gisement Horne), ainsi que la Formation de Rouyn-Pelletier située au sud de la Formation de Horne. La Formation de Horne est délimitée au nord par la Faille de Horne Creek et au sud par la Faille Andésite. Le gisement Horne est encaissé dans une succession de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur de roches volcaniques felsiques tholéiitiques à transitionnelles composées principalement de rhyolite cohérente et de dépôts volcanoclastiques. La succession encaissante du gisement Horne est caractérisée par la présence de zones minéralisées d'importance variable à divers niveaux de l'empilement, avec quelques niveaux de brèches felsiques contenant une forte proportion de blocs de sulfures massifs (par exemple dans le secteur de la zone Horne Ouest). Des unités volcaniques et volcanoclastiques felsiques à fragments de sulfures sont également présentes dans la partie supérieure de la Formation de Rouyn-Pelletier, à quelques dizaines de mètres au sud de la Faille Andésite. Ces unités volcanoclastiques felsiques n'ont pas été caractérisées de façon approfondie jusqu'à maintenant malgré des analogies évidentes avec certaines unités stratigraphiques clés de la Formation de Horne. Les unités felsiques de la partie supérieure de la Formation de Rouyn-Pelletier décrites au cours de l'été 2012 sont caractérisées par la présence de tuf à lapillis et de tuf à lapillis et à blocs contenant jusqu'à 30 % de fragments de sulfures massifs. Il y a aussi des rhyolites massives, laminées et bréchiques (coulées de type lobes et brèches) contenant localement des fragments de sulfures (5 %). Les unités felsiques sont intercalées avec des unités de basalte et d'andésite basaltique massives et coussinées semblant localement bréchiques (brèches de coulée). Des fragments mafiques ont aussi été retrouvés dans une syénite recoupant les unités volcanoclastiques felsiques à fragments de sulfures. La cartographie détaillée ainsi que les études pétrographiques et lithogéochimiques effectuées sur sept affleurements entreprises au cours de l'été 2012 visent à vérifier l'hypothèse d'une possible corrélation stratigraphique et géochronologique avec la succession des volcanites encaissantes du gisement Horne.

330

Étude géochimique des teneurs en éléments traces et en EGP de chromites de komatiites de la région d'Alexo (Abitibi, Ontario), résultats préliminaires

Julien Méric, Philippe Pagé, Sarah-Jane Barnes (UQAC), Michel Houlé (CGC-Q)

La demande croissante pour les métaux communs comme le Ni, mais aussi pour les métaux précieux comme les éléments du groupe du platine (EGP), fait que le développement d'outils lithogéochimiques d'exploration basés sur la composition de minéraux indicateurs est un enjeu stratégique pour la découverte de nouveaux gisements magmatiques de Ni-Cu-EGP.

Les komatiites, des roches volcaniques ultramafiques, se retrouvent généralement dans les ceintures de roches vertes archéennes. Elles renferment fréquemment d'importants gisements magmatiques de Ni-Cu-EGP. La chromite, un minéral accessoire commun dans les komatiites, semble être un minéral indicateur de prédilection. En l'absence de sulfures, la chromite est capable de concentrer le Ru ainsi que, dans une moindre mesure, l'Os et l'Ir et parfois le Rh. Tous ces éléments sont extrêmement compatibles dans les sulfures (chalcophiles). D'après des études récentes, 100 % du budget en Ru de la roche est contrôlé par les chromites dans les komatiites non minéralisées en sulfures. En effet, les nouvelles analyses de chromites de nombreuses komatiites confirment que pour les systèmes komatiitiques non minéralisés, la concentration en Ru des chromites est élevée alors que pour les systèmes komatiitiques minéralisés, la concentration se situe près ou sous les limites de détection.

Ce projet de maîtrise propose une étude détaillée de la géochimie de chromites provenant de komatiites de la région d'Alexo (Abitibi, Ontario). Les échantillons ont été sélectionnés dans le but de mesurer, grâce à un système d'ablation au laser couplé à un spectromètre de masse, les teneurs en éléments traces et en EGP des chromites de komatiites contenant des minéralisations en sulfures et de les comparer avec les chromites de komatiites ne montrant aucune évidence de minéralisation. Le but ultime est d'utiliser la chromite comme minéral indicateur de la présence de coulées komatiitiques minéralisées et ainsi développer un outil d'exploration pouvant être employé dans la recherche de gisements magmatiques de Ni-Cu-EGP.

331

Composition chimique des minéraux et thermométrie des roches mafiques au faciès des amphibolites dans la ceinture de roches vertes de Nuvvuagittuuq, Canada

Mohadeseh Majnoon, William G. Minarik, Andrew Hynes, Walter E. Trzcienski, Jr. (McGill), Jonathan O'Neil (Université Blaise-Pascal, France)

Les lithologies dominantes dans la ceinture de roches vertes de Nuvvuagittuq (nord-est de la Province du Supérieur, Canada) se composent de roches mafiques au faciès des amphibolites (connues sous le nom de l'unité Ujaraaluk). Avec un âge minimum de 3,8 Ga et possiblement aussi anciennes que 4,3 Ga, ces roches sont parmi les plus vieilles au monde. La ceinture de roches vertes de Nuvvuagittuq se trouve dans la partie ouest du bloc de Minto, lequel a subi un métamorphisme pénétratif vers 2,7 Ga.

Les roches de l'unité Ujaraaluk sont généralement pauvres en Ca et ont été subdivisées en deux groupes selon leur composition chimique globale, l'un riche en Ti et l'autre pauvre en Ti. Les roches pauvres en Ti sont interprétées comme étant stratigraphiquement sus-jacentes aux roches riches en Ti. Nous présentons ici une étude détaillée sur la composition chimique des minéraux et la thermométrie des roches mafiques de Nuvvuagittuq afin de déterminer si leur paragenèse est contrôlée par le gradient métamorphique à travers la ceinture, ou si elle est plutôt contrôlée par les variations géochimiques.

La pétrographie et la composition chimique des minéraux révèlent la présence de deux différents types de roches : des schistes à grenat + biotite + plagioclase + quartz sans amphibole (schistes à grenat), se trouvant principalement dans la partie centrale de la région sous étude, et des schistes à amphibole composés de biotite + amphibole + plagioclase + quartz ± grenat. L'amphibole peut être de la cummingtonite ou de l'anthophyllite ou encore du hornblende magnésien ou ferrifère, présents individuellement ou en combinaison. Bien que les assemblages minéralogiques soient différents, aucune répartition géographique systématique n'a été observée sur le terrain.

Les grenats, surtout dans la partie centrale de la ceinture de roches vertes de Nuvvuagittuq, sont pour la plupart non zonés quant aux principaux cations; la majorité montre de minces couronnes reflétant des échanges cationiques lors du refroidissement. Les échantillons riches en grenat présentent des valeurs plus élevées en FeO* et en Al_2O_3 dans les analyses de roches totales que les échantillons pauvres en grenat. La géothermométrie du système biotite-grenat a été appliquée aux deux types de roches provenant de 18 localités, et donne des températures autour de 660°C. La composition chimique des roches totales, la composition chimique des grenats et les données de thermométrie régionales suggèrent que la présence de grenat est attribuable à la composition chimique des roches totales et non au grade métamorphique.

Nous suggérons que l'événement responsable du métamorphisme dans le bloc de Minto vers 2,7 Ga est également le principal événement métamorphique qui a affecté la ceinture de roches vertes de Nuvvuagittuq. Les âges néoarchéns obtenus par Sm-Nd dans les grenats de Nuvvuagittuq concordent également avec cette conclusion. Tout métamorphisme antérieur, probable compte tenu de l'historique prolongé de ces roches, aurait apparemment été oblitéré.

332

Le système minéralisé en Nb-Ta-ETR du gîte associé à l'intrusion alcaline de Crevier (Province du Grenville, Québec) : nouvelles données cartographiques, minéralogiques, pétrographiques et géochimiques

Pierre-Arthur Goulier, Daniel Ohnenstetter, Anne-Sylvie André-Mayer (Université de Lorraine-G2r-France), Fabien Solgadi, Abdelali Moukhsil (MRN), Abdelaziz El Basbas (Université de Meknès, Maroc)

Le Complexe igné alcalin de Crevier est localisé au nord du lac Saint-Jean, dans la Province du Grenville (Québec). Ce complexe, orienté N320°, suit un axe de faiblesse crustale correspondant au couloir Waswanipi-Saguenay. Ce dernier est lié au graben du Saguenay au sein duquel se retrouve également l'intrusion minéralisée en Nb-Ta de la mine Niobec (située à Saint-Honoré, à proximité de la ville de Saguenay). La minéralisation de la mine Niobec est associée à une carbonatite, alors que celle du gîte de Crevier est associée à une syénite néphélinique.

Le Complexe igné alcalin de Crevier peut être séparée en trois grandes unités : (i) une unité principale correspondant à une syénite néphélinique massive de texture variable, (ii) une syénite rubanée constituée par le recoupement de dykes de différents faciès (syénite néphélinique, syénite à biotite, syénite carbonatée à biotite et carbonatite) et (iii) des dykes de syénite néphélinique pegmatitique comprenant les lentilles minéralisées. Les chronologies relatives observées cartographiquement montrent que la seconde unité s'est mis en place dans la première et que les essaims de dykes recoupent les deux premières unités.

Ces dykes se retrouvent au centre du complexe et sont orientés parallèlement à l'axe principal N320°. Leurs extensions au nord et au sud ne sont pas connues. Ils constituent la cible principale de l'étude du potentiel métallogénique en Nb et Ta. La minéralisation est comprise dans les pyrochlores. D'après l'étude de terrain, deux types de minéralisation ressortent : une minéralisation magmatique disséminée représentée par des pyrochlores de petites tailles (≤1 mm) et une minéralisation hydrothermale plus tardive qui recoupe les dykes. Celle-ci est associée à des réseaux de veines et veinules riches en sodalite et sulfures avec des pyrochlores de plus grande taille (≥1 mm).

Les premiers résultats de l'étude géochimique (majeurs et traces) sur les roches de ce complexe nous montrent que le Nb et le Ta ont un comportement différent sous l'action de circulation hydrothermale. En effet, le Ta semble plus mobile que le Nb, ce qui devrait se traduire par des compositions différentes entre les pyrochlores primaires et ceux plus tardifs associés aux veines et veinules.

Ce projet de maîtrise visera à comprendre le système minéralisé Nb-Ta-ETR en décryptant les impacts respectifs dans le processus minéralisateur des événements magmatiques ou hydrothermaux ayant eu lieu dans ce secteur. Des études complémentaires sur les carbonatites et les mécanismes de mise en place de l'essaim de dykes de syénites pegmatitiques seront également abordés.

333

Altération hydrothermale et minéralisation uranifère de Rivière Camie (bassin des Otish, Québec)

Marion Lesbros et Georges Beaudoin (ULAVAL)

La séquence paragénétique de Rivière Camie a été établie selon l'étude pétrographique de quinze forages, dont un, en dehors de la zone minéralisée, a servi à distinguer les processus diagénétiques des processus associés à la minéralisation uranifère. Le socle archéen montre une altération précoce à carbonate ± hématite rouge brique ± chlorite filonienne suivie d'une altération à quartz ± pyrite filonienne. Les roches sédimentaires protérozoïques du bassin ont subi une intense albitisation-hématisation rosée précoce suivie d'une intense altération à séricite/illite ± hématite rouge brique ± chlorite, puis d'une altération à hématite rouge brique ± chlorite filonienne recoupée par une altération à limonite envahissante et filonienne.

334

La métallogénie du gîte Turgeon (Belledune, Nouveau-Brunswick)

Erik Lalonde et Georges Beaudoin (ULAVAL)

Le gîte Turgeon, localisé dans le camp minier de Bathurst, est un gisement de sulfures massifs volcanogènes (SMV) d'âge ordovicien qui partage plusieurs caractéristiques avec les gîtes de SMV de type mafique. La minéralisation se présente surtout sous forme de textures de remplacement (pyrite) et de veines (chalcopyrite). Les roches encaissantes (basaltes andésitiques + gabbros) ont subi une intense spilitisation. Les lentilles de sulfures, constituées de pyrite, pyrrhotite, sphalérite et chalcopyrite, sont comprises entre des hyaloclastites (au-dessus) et des zones silicifiées (en dessous), tandis que les zones à stockwerk sous-jacentes sont chloritisées. Les zones minéralisées sont déformées par des failles de cisaillement tardif.

335

Réévaluation du potentiel minéral de l'ancienne mine de St-Robert Bellarmin, Beauce, Québec

Charlotte Athurion, Marc Richer-Laflèche, Mahamed Koita (INRS-ETE)

L'ancienne mine de St-Robert Bellarmin située à 40 kilomètres au sud de Saint-Georges, en Beauce, au Québec, a été exploitée très brièvement au cours de l'année 1958 pour l'or, l'argent, le plomb et le tungstène, puis a été l'objet de nouveaux travaux dans les années 80. L'augmentation du prix des métaux et l'existence de nouvelles technologies géophysiques non disponibles à l'époque ont conduit les MINES J.A.G., détenteur des titres miniers, à demander une réévaluation de la géologie et du potentiel minéral de la propriété.

Ce gîte polymétallique, assez rare dans les Appalaches, présente de nombreux indices de W, Ag, Pb, Bi et, possiblement, d'Au. Il se présente sous forme de veines décimétriques de quartz minéralisées en pyrite, galène, scheelite, cosalite, bismuthinite et sphalérite associées à des dykes granodioritiques recoupant les sédiments dévoniens de la Formation de Frontenac, laquelle est constituée de grès, d'argilites, de schistes argileux et d'ardoise.

Une compilation des données géophysiques et géochimiques disponibles a été effectuée à l'aide de logiciels de SIG et de modélisation 3D (ARCGIS, Surfer, Strater, Oasis Montaj et Target) dans le but de déterminer les cibles les plus prometteuses. Les données géophysiques ont permis de confirmer la présence d'une intrusion porphyrique au nord-est de la propriété, certainement à l'origine des veines de quartz et des dykes. Les données pédogéochimiques montrent la présence de plusieurs zones d'intérêt, incluant une zone de 500 mètres de long située à l'ouest du tunnel Lacombe riche en Pb, Ag, Bi et Mo qui n'a jamais été forée.

Une nouvelle campagne de terrain a été effectuée au printemps et à l'été 2011 : cartographie géologique de la propriété, prélèvement d'échantillons de roches sédimentaires et ignées et échantillonnage par rainurage des veines et épontes des zones minéralisées Sud, Centre et Nord. De plus, un levé magnétométrique au sol, un levé de résistivité électrique par induction électromagnétique Promis-10 (FDEM) et un levé gravimétrique ont été complétés en 2011. À l'hiver 2012, des sections d'imagerie tomographique géoélectrique et des levés audiomagnétotelluriques (NSAMT) ont été réalisés. Ces derniers ont permis de localiser la masse intrusive de St-Robert et de suivre les principales failles et nappes tectoniques de la région jusqu'à une profondeur de 1500 mètres.

Ces nouvelles données permettent de préciser le contexte géologique et métallogénique de la région de St-Robert et d'établir de nouvelles stratégies d'exploration.

336

Morphologie de la magnétite de tills comme outil d'exploration : exemple d'application au gisement de sulfures massifs volcanogènes (SMV) de Halfmile Lake (Bathurst, Nouveau-Brunswick)

Sheida Makvandi et Georges Beaudoin (ULAVAL)

L'étude des textures de surface et de la forme des grains de magnétite du gisement de SMV de Halfmile Lake et du till à proximité montrent que la taille, la morphologie et l'association minérale dépendent de : 1) la pétrologie de l'encaissant; 2) le mode de transport; et 3) les conditions de dépôt. La magnétite magmatique est principalement idiomorphe, tandis que celle des zones d'altération est allotriomorphe et accompagnée de sulfures, de silicates ou des deux. Les textures de surface de la magnétite du till peuvent être groupées en trois catégories : a) l'association minérale et les inclusions et exsolutions; b) les marques d'abrasion; et c) la dissolution et la précipitation postglaciaires.

337

La chimie minérale des oxydes de fer appliquée à l'exploration des gîtes porphyriques

Emilie Boutroy, Georges Beaudoin (ULAVAL), Sarah-Jane Barnes (UQAC)

La composition en éléments traces des oxydes de fer varie significativement selon l'environnement métallogénique lors de la formation du dépôt. L'analyse de cette signature caractéristique, mesurée par microsonde électronique et LA-ICP-MS, est utile pour établir des indicateurs à l'exploration minérale. L'étude des oxydes de fer des principaux gisements de porphyres à Cu-Mo-Au du monde, représentants d'association métallique, d'âges et d'environnements géodynamiques divers, a été réalisée afin de discriminer ce type de gisements des autres.

L'étude pétrographique de la magnétite des différents gisements a permis de distinguer deux types de magnétite : (1) la magnétite présente dans des veines de quartz avec ou sans sulfures; et (2) la magnétite disséminée dans l'encaissant. Des variations de la composition en éléments mineurs et traces de la magnétite ont été observées selon le type de minéralisation (Cu, W-Mo, etc.) ainsi qu'à l'intérieur même d'un dépôt où une légère variation en Si, K, Al, Mn, Mg, Ti, V et Cr est notable. En comparant la chimie de la magnétite associée à la minéralisation des gîtes porphyriques à celle de la magnétite primaire des gisements de Ni-Cu-EGP, un enrichissement en K, Ca, Y, Pb et V ainsi qu'un appauvrissement en Mn sont observés, ce qui pourraient s'expliquer par l'origine hydrothermale de ce type de magnétite par rapport à l'origine magmatique de la magnétite des gisements de Ni-Cu-EGP. Par la suite, la chimie de la magnétite des gîtes porphyriques a été comparée à celle de la magnétite associée à la minéralisation des gisements polymétalliques à oxydes de fer - cuivre et or (IOCG). Des enrichissements en Sc, Zn et V sont observés. Cependant, la signature chimique de la magnétite des gîtes porphyriques est, pour les autres éléments, semblable à celle des IOCG, ce qui pourrait s'expliquer par leur origine hydrothermale.

Basés sur ces informations, des diagrammes discriminants seront construits pour permettre de différencier la magnétite des gisements porphyriques de celle des autres types de gisements, et ce, grâce à la composition en éléments mineurs et traces. Enfin, l'analyse de magnétites formées indépendamment de la minéralisation et associées aux différentes altérations hydrothermales des gîtes porphyriques permettra de les distinguer des magnétites associées à la minéralisation, qui serviront de vecteurs pour l'exploration.

338

La magnétite dans l'altération hydrothermale associée aux systèmes IOCG dans la zone magmatique du Grand lac de l'Ours, Canada

Anthony F. De Tony (INRS-ETE) , Louise Corriveau (CGC-Q), Jean-François Montreuil (INRS-ETE)

La magnétite est une composante mineure à majeure dans les veines et les brèches et témoigne de l'altération intense dans les systèmes d'oxydes de fer-cuivre-or (IOCG; *Iron Oxide-Copper-Gold*) de la zone magmatique du Grand lac de l'Ours dans les Territoires du Nord-Ouest. La prévalence de la magnétite dans la plupart des systèmes IOCG connus en fait un minéral très utile pour comprendre et suivre leur évolution et leur développement. De multiples paragenèses sont observées pour la magnétite ainsi que de nombreuses textures dans ces systèmes magmatiques/hydrothermaux. Les observations macroscopiques et microscopiques des paragenèses avec magnétite permettent de comprendre les processus à l'origine de la gamme de textures observées. Les assemblages minéralogiques et les textures associées peuvent être utilisés comme des vecteurs d'exploration vers les zones minéralisées, de telle sorte que les distinctions entre les différentes paragenèses sont essentielles dans la compréhension des systèmes IOCG. Pour montrer les nombreux aspects que peut prendre l'altération associée à la magnétite, un protocole pour la description régionale à mégascopique des zones de remplacement, des veines et des brèches a été élaboré afin de faciliter la description de ces roches sur le terrain et par la suite, à l'aide de plaquettes de roches et de lames minces avec ou sans coloration.

La paragenèse la plus répandue est constituée de : 1) magnétite (altération en Fe); 2) amphibole-magnétite ± apatite ± albite (altération en Ca-Fe ± Na à haute température); et 3) feldspath potassique-magnétite ± biotite ou biotite-magnétite (altération K-Fe à haute température), montrant communément une surimpression d'hématite. Le remplacement par la magnétite se fait préférentiellement autour des phénocristaux, à l'intérieur des vésicules, dans la matrice, ou en remplacement des fragments dans les brèches. Ces habitus suggèrent que le remplacement par la magnétite se produit où il y a circulation de fluides à travers des roches et/ou des minéraux poreux et perméables. Dans les roches litées ou stratifiées, l'altération par la magnétite peut se présenter sous forme de remplacements stratoïdes sélectifs d'horizons spécifiques. La magnétite cristallise également sous forme de ciment dans les brèches ou en remplissage des veines. L'altération en K-Fe à haute température cristallise de la magnétite et du feldspath potassique dans les roches ignées felsiques et intermédiaires, et de la biotite dans les roches sédimentaires silicoclastiques et les roches mafiques. Dans les volcanites porphyriques qui ont subi de l'altération potassique, le feldspath potassique remplace d'abord la matrice puis les phénocristaux à mesure que l'intensité d'altération augmente, tandis que la biotite remplace sélectivement les amphiboles pré-existantes. Les zones de remplacement et les veines d'altération transitionnelle en Ca-K-Fe à haute température et l'altération subséquente en K-Fe à haute température sont souvent suivies par l'épisode de minéralisation, au cours duquel une grande variété de métaux peuvent être concentrés (par ex. : Cu, Au, Ag, Bi, Co, etc.). Chaque type de paragenèse et de texture exerce un contrôle sur l'aspect que prendra l'altération subséquente. Par exemple, les veines d'amphibole-magnétite recoupent préférentiellement les zones albitisées aux dépens des volcanites non altérées. Ultimement, l'objectif principal du projet est de produire un atlas des altérations associées aux IOCG qui offrira des outils pour l'exploration et un cadre de référence pour les géologues lors de l'exploration de terrains moins connus.

339

Caractérisation structurale et microstructurale de la Faille Saint-Joseph et de la ligne Baie Verte-Brompton, Appalaches du Sud du Québec

Morgann Perrot et Alain Tremblay (UQAM)

Dans les Appalaches du Québec, les zones de Humber et de Dunnage sont respectivement des vestiges de la marge continentale de Laurentia et du domaine océanique adjacent obduit durant l'orogénie taconienne, à l'Ordovicien. Dans le sud du Québec, ces deux zones sont recouvertes par la Ceinture de Gaspé, une série siluro-dévonienne ayant été déformée et métamorphisée au Dévonien, durant l'orogénie acadienne. Dans la zone de Humber, la déformation pénétrative taconienne se limite à l'Anticlinorium des monts Notre-Dame (AMND) et a été principalement attribuée à l'obduction des ophiolites et leur accrétion au Laurentia. À l'est, l'AMND est limité par la Faille Saint-Joseph, une structure fortement pentue vers le sud-est, synthétique de la ligne Baie verte-Brompton (BVB), qui représente une importante faille normale silurienne définissant une « suture » polyphasée entre le Laurentia et les terrains océaniques du Paléozoïque précoce. En 2011-2012, des travaux d'analyse structurale et d'échantillonnage de ces deux zones de faille ont été réalisés dans deux régions des Appalaches, au Québec, incluant les deux mines suivantes : (1) la mine Jeffrey, dans la région d'Asbestos, où la ligne BVB est exposée sur les murs nord de cette carrière; et (2) la mine du rang IX, dans la région de Thetford-Mines, qui est traversée par la Faille Saint-Joseph. Les deux sites exposent des zones de faille marquées par des serpentinites cisaillées et altérées au contact entre les différents types de roches métamorphiques (amphibolites, schistes verts, phyllades, ardoises et quartzites) du mur avec les roches sédimentaires (argiles, grès) et les roches mafiques et ultramafiques (péridotites, basaltes) du toit. La ligne BVB et la Faille St-Joseph sont toutes deux orientées NE et possèdent un pendage d'environ 60 à 70° SE. Sur les deux sites, la présence de bandes de cisaillement et de « marches d'escalier » est visible sur les principaux plans de faille, indiquant clairement que le principal incrément de déformation correspond à un jeu en faille normale. La fabrique métamorphique des roches du mur, avec une orientation N à NE et un pendage variant de 40° à 60° vers l'est, est nettement entrainée par des structures ductiles-fragiles subsidiaires de la ligne BVB, indiquant le caractère tardif de celle-ci par rapport au métamorphisme régional (et à la déformation) des unités rocheuses constituant le mur. L'orientation des stries sur les plans de faille est variable, témoignant de plusieurs incréments de déformation distincts par endroits et d'une déformation continue et progressive à d'autres. L'analyse microstructurale suggère que la zone d'influence de chacune des failles est relativement restreinte.

340

Le cycle géochimique de surface des métaux en période d'exploitation minière : exemple des sédiments lacustres de Schefferville, Québec

Stéphane Aebischer, Jean Carignan (ULAVAL), Christophe Cloquet (CNRS), Charles Maurice (MRN), Reinhard Pienitz (ULAVAL)

Le cycle géochimique de surface des métaux est perturbé en période d'exploitation minière. L'occupation, l'exploitation des sols, les rejets anthropiques ainsi que l'évolution des conditions trophiques des systèmes aquatiques constituent autant de perturbations du cycle géochimique de surface. L'étude préliminaire de Laperrière *et al.* (2009) décrit une relation entre l'exploitation minière de la région de Schefferville et la teneur en métaux des sédiments du lac Dauriat, en bordure de la ville. Afin d'approfondir le sujet, les questions suivantes seront abordées lors de cette étude :

1. Quelles sont les sources de métaux dans les sédiments lacustres?
2. Sous quelles formes chimiques se trouvent les métaux?
3. Comment s'opère la transition entre les régimes pré-mine/mine et mine/post-mine?
4. Pourquoi le régime stationnaire préindustriel n'est-il pas atteint 30 ans après l'arrêt de l'exploitation minière?
5. Est-il possible d'accélérer le retour à l'équilibre naturel?

L'analyse des carottes de sédiments révèle que les teneurs en plusieurs métaux sont élevées pendant la période d'activités minières (1939-1977), avec des valeurs parfois bien supérieures à celles de la tendance régionale. De plus, les deux lacs ne subissent pas exactement les mêmes perturbations anthropogéniques, même s'ils sont distants de seulement quelques kilomètres.

Il a été possible de distinguer, grâce aux analyses isotopiques du plomb (figure 1), un minimum de trois sources de sédimentation dans chaque lac :

A. Pb géogénique local durant la période pré-mine (de composition différente pour les deux lacs);

B. Un apport de Pb local provenant du début des opérations minières, correspondant à la période d'exploitation minière, et l'apport de Pb local provenant de la fin des opérations minières;

   Des analyses géochimiques et isotopiques de lichens épiphytes (signal atmosphérique), de minerais et de déblais miniers (signal géogénique local) permettront de trouver, par comparaison aux valeurs obtenues dans les sédiments lacustres, les sources de sédimentation dans les deux lacs étudiés. Des expériences de lixiviation sélective (spéciation) permettront de déterminer sous quelles formes se trouvent certains métaux (Pb et Zn) et à quelles phases ils sont liés (ex. : phase organique). Le projet permettra aussi d'acquérir une meilleure connaissance des impacts anthropiques liés à une exploitation minière en milieu subarctique fragile.

C. Un apport de Pb provenant de retombées atmosphériques à longue distance (activités industrielles au Canada) durant la période post-mine.

Deux carottes de sédiments lacustres, situées à des distances variables des exploitations minières, étaient disponibles et ont été analysées (lacs Dauriat et Oksana, à 2 km au sud-est de la ville).

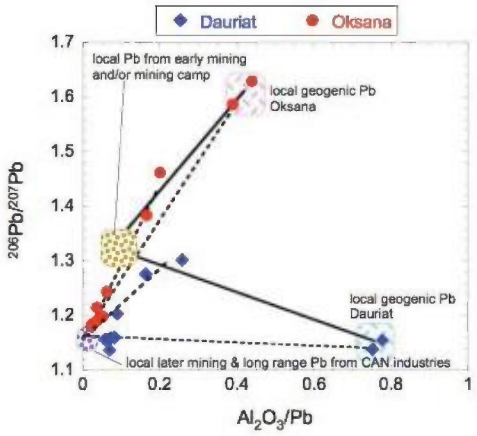


Figure 1 - Analyses isotopiques du plomb des sédiments lacustres des lacs Oksana et Dauriat

Référence

LAPERRIÈRE, L. – PIENITZ, R. – FALLU, M.-A. – HAUSMANN, S. – MUIR, D., 2009 – Impacts de l'activité minière et des eaux usées sur la santé du lac Dauriat à Schefferville : données paléolimnologiques. Naturaliste canadien, 133(2) : 83-95.

341

Hydrogéochimie des aquifères de la Communauté métropolitaine de Québec, Québec, Canada

Marie-Michèle Nadeau, René Therrien (ULAVAL), René Lefebvre (INRS-ETE)

Faisant partie du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), l'étude de la géochimie des eaux souterraines de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) couvre les villes de Québec, Lévis, L'Ancienne-Lorette et Saint-Augustin-de-Desmaures et les MRC de La Côte-de-Beaupré, de La Jacques-Cartier et de L'Île-d'Orléans, ce qui représente une superficie de 3 050 km^2. Sur ce territoire, 21 % des 750 000 habitants s'alimentent en eau à partir de puits privés ou municipaux exploitant des aquifères granulaires et fracturés répartis dans le Grenville, les Basses-Terres du Saint-Laurent et les Appalaches. L'étude a pour objectif de dresser le portrait hydrogéochimique du secteur, de définir la qualité de l'eau souterraine pour des critères de potabilité et esthétiques et d'établir les processus géochimiques contrôlant la qualité d'eau. Pour y arriver, 141 échantillons ont été prélevés dans des puits privés et municipaux. Les paramètres analysés sur ces échantillons sont les conditions physico-chimiques (pH, température, oxygène dissout, salinité, conductivité, potentiel d'oxydoréduction et solides dissous totaux), les anions, les nutriments, les métaux solubles et les sulfures. L'étude de l'électroneutralité (% des cations-anions) des échantillons a permis de valider la qualité des résultats analytiques. Ainsi, les 109 échantillons possédant une électroneutralité inférieure à 10 % sont conservés pour l'analyse statistique multivariante et l'identification des faciès géochimiques qui sont définis à partir des ions majeurs. Le faciès le plus commun (45 %) est Ca-HCO_3, lequel est associé aux zones de recharges et se retrouve presque qu'exclusivement sur la rive nord du Saint-Laurent. À l'opposé, les faciès dominants à L'Île-d'Orléans et à Lévis sont Na-HCO_3 et Na-Cl, lesquels nécessitent un plus haut niveau d'évolution géochimique. L'analyse des composantes principales et des groupements hiérarchiques aidera à déterminer les origines de l'eau souterraine et les processus géochimiques responsables des types d'eau reconnus dans la région d'étude. De plus, afin d'évaluer la qualité de l'eau, l'ensemble des 141 échantillons a aussi été comparé aux critères de potabilité et esthétiques. Ainsi, les paramètres présentant des dépassements de norme au niveau de l'esthétique sont le fer (11 %), le manganèse (15 %), les chlorures (5 %), le sodium (7 %), les sulfures (6 %), le pH (49 %), la dureté (5 %) et la matière dissoute totale (19 %), tandis qu'au niveau de la potabilité, les dépassements touchent le fluorure (11 %) et le baryum (0,01 %).

342

Étude hydrogéologique du roc fracturé en Outaouais : quels facteurs influencent le rendement des puits alimentant les particuliers en eau potable?

Arnaud Sterckx, Jean-Michel Lemieux, John Molson, Guillaume Comeau (ULAVAL)

Dans la région de l'Outaouais, les eaux souterraines alimentent en eau potable plus de 90 % de la population vivant en dehors des centres urbains. Pour la grande majorité, l'alimentation s'effectue à partir de puits domestiques qui exploitent l'eau potable contenue dans les roches cristallines du Grenville et les roches sédimentaires des plates-formes d'Hudson et du Saint-Laurent, qui sont naturellement peu poreuses et peu perméables. Comme la croissance démographique s'annonce considérable (+ 23 % entre 2006 et 2030), ces aquifères seront davantage sollicités dans les années à venir et plusieurs nouveaux puits sont à prévoir. Dans cette perspective, l'objectif de cette étude est de déterminer quels sont les facteurs qui influencent la productivité des puits d'alimentation domestiques au roc. La connaissance de ces facteurs pourrait constituer un outil de travail important pour les futurs travaux de prospection en eau souterraine dans les formations rocheuses.

Les données utilisées pour cette étude proviennent du Système d'information hydrogéologique (SIH) et d'essais de pompage réalisés par l'Université Laval en 2011 et 2012. La base de données du SIH a d'abord été traitée et épurée afin de ne conserver que les données les plus fiables. Pour tester la fiabilité des données restantes, les paramètres hydrogéologiques du SIH (c.-à-d. capacité spécifique) ont été comparés avec les résultats des essais de pompage.

Parmi les 13 500 puits initialement répertoriés dans le SIH, seul un millier d'entre eux a été conservé. Les essais de perméabilité ont en outre permis d'établir une relation empirique entre la capacité spécifique des puits et la transmissivité des roches exploitées.

Par la suite, différents facteurs tels que la lithologie, la profondeur des puits, le confinement des roches et la distance à un linéament ont été étudiés afin d'établir s'ils exercent un contrôle sur la productivité des puits.

Une corrélation a été observée entre la capacité spécifique des puits et le type de roche exploitée : les roches cristallines s'avèrent moins productives que les roches sédimentaires. Il est également apparu que la capacité spécifique a tendance à diminuer avec la profondeur des puits. Par contre, aucune relation évidente n'a permis d'expliquer le rendement des puits par la présence de dépôts meubles ou de linéaments.

343

Auscultation d'un pergélisol riche en glace au Québec nordique par la tomographie en 2D et 3D de polarisation provoquée

Majid El Baroudi et Richard Fortier (ULAVAL)

L'investigation non destructive du pergélisol riche en glace et vulnérable aux impacts des changements climatiques le long d'un oléoduc, d'une route ou d'une piste d'atterrissage dans les régions froides implique l'utilisation de méthodes efficaces pour la caractérisation des conditions de ce dernier. Parmi les méthodes géophysiques de surface disponibles, la tomographie de polarisation provoquée (TPP) est probablement la méthode d'investigation la plus favorable pour répondre à ce besoin, étant donné le contraste élevé de résistivité électrique entre les sols gelés et non gelés.

La TPP a été utilisée pour déterminer les limites et les conditions d'une butte de pergélisol près de la communauté inuite d'Umiujaq au Québec nordique. Les configurations dipôle-dipôle et pôle-dipôle ont été employées respectivement pour effectuer de la TPP en 2D et 3D. L'inversion des TPP a été réalisée à l'aide des logiciels RES2DINV et RES3DINV pour produire des modèles de distribution spatiale en 2D et en 3D de la résistivité électrique et de la chargeabilité électrique du sous-sol. Ces modèles montrent clairement la présence d'un cœur riche en glace dans la butte de pergélisol caractérisé par des valeurs élevées de résistivité électrique tandis que les zones non gelées sont conductrices.

En plus de la TPP, cinq essais de pénétration au cône (*Cone Penetration Test* ou CPT) ont été également réalisés dans la butte de pergélisol. À partir des diagraphies de la résistance à la pointe, du coefficient de frottement, de la température et de la résistivité électrique obtenues lors de ces essais, un modèle géocryologique de la butte de pergélisol a été défini. Des valeurs de résistivité électrique ont ensuite été attribuées aux différentes couches du modèle géocryologique pour définir un modèle synthétique de résistivité électrique. Le modèle de résistivité électrique obtenu de l'inversion de la TPP en 2D est comparable à celui obtenu lors des essais de pénétration au cône. L'inversion contrainte de la TPP en 2D à l'aide du modèle synthétique de résistivité électrique sera réalisée pour produire un modèle de résistivité électrique plus réaliste de la butte de pergélisol.

La TPP est une méthode géophysique de surface utile à la caractérisation des sols pour déterminer la présence ou l'absence de pergélisol, la cryostratigraphie du pergélisol et la distribution spatiale des conditions de pergélisol. Cette méthode peut être utilisée pour la délimitation des zones riches en glace dans le cadre de projets d'ingénierie en régions froides.

344

Séquestration géologique du CO_2 dans les Basses-Terres du Saint-Laurent, Québec : impacts potentiels à l'échelle du bassin sédimentaire

Olivier Girou, Jean-Michel Lemieux (ULAVAL), Michel Malo, Félix-Antoine Comeau (INRS-ETE)

La séquestration géologique du dioxyde de carbone (CO_2) est un moyen qui peut contribuer significativement à diminuer les émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. Parmi les nombreuses options proposées, le stockage géologique dans les aquifères salins est présentement considéré comme le plus prometteur.

Le bassin sédimentaire des Basses-Terres du Saint-Laurent (BTSL) présente un potentiel élevé pour le stockage géologique du CO_2. En effet, la perméabilité, la porosité et la profondeur des grès de la Formation de Covey Hill permettraient de stocker le CO_2 à l'état supercritique et à une densité proche de celle d'un liquide. La présence de bonnes épaisseurs de roches de couverture très peu perméables, le Shale d'Utica, garantirait le confinement du CO_2. De plus, l'eau contenue dans les grès de la Formation de Covey Hill est une saumure qui ne constitue pas une source d'alimentation en eau potable. La présence de grands émetteurs de CO_2 au centre des BTSL contribue également à l'attrait de ce bassin sédimentaire pour la séquestration géologique.

Bien que les conditions soient réunies pour permettre le stockage géologique dans les aquifères salins des BTSL, le concept doit encore être démontré et les conséquences environnementales doivent être évaluées. Parmi celles-ci, deux types d'impact peuvent être envisagés à l'échelle du bassin sédimentaire, soit :

- La migration des saumures vers des nappes d'eau douce;
- L'augmentation de la pression dans le système hydrogéologique entraînant la remontée de nappes environnantes.

L'objectif de ce projet est donc d'évaluer les impacts potentiels du stockage géologique du CO_2 dans les BTSL à l'échelle du bassin sédimentaire.

Pour ce faire, nous allons simuler l'injection de CO_2 à l'aide d'un modèle numérique d'écoulement des fluides à l'échelle des BTSL, afin de quantifier les impacts potentiels du stockage du CO_2. Le modèle permettra de simuler l'écoulement de l'eau souterraine, le transport de solutés (chlorures), le transport de chaleur et les effets de densité à l'échelle du bassin sédimentaire.

Toutefois, le développement d'un modèle numérique nécessite l'utilisation d'un modèle hydrostratigraphique des BTSL. Puisqu'il n'existe pas de tel modèle pour l'instant, celui-ci sera développé à partir de la compilation des données hydrogéologiques disponibles. Ces données sont majoritairement issues d'essais en bout de tige réalisés par des sociétés d'exploration gazière et pétrolière. Les méthodes d'interprétation de ces essais ayant beaucoup évolué, une réinterprétation est en cours afin d'obtenir des données fiables et uniformes.

345

Abondance et mobilité des terres rares dans les sédiments des lacs cibles du Bouclier canadien

Jade Bergeron, Charles Gobeil, André Tessier (INRS-ETE)

Les terres rares, principalement les lanthanides (sauf le Pm), sont des métaux stratégiques dont la valeur économique ne cesse de s'accroître du fait qu'ils sont essentiels dans l'industrie de la haute technologie, mais que très peu de pays en produisent. Au Québec, bien que des travaux d'exploration soient en cours, il n'existe pas encore de mine qui exploite ces éléments. Par conséquent, leur contamination environnementale n'a encore jamais été évaluée, notamment en milieu aquatique.

Dans le but de fournir des données préliminaires sur les teneurs et la mobilité des terres rares dans les lacs du Québec, les profils verticaux des lanthanides (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu et Y) et de plusieurs variables géochimiques (pH, sulfures, sulfates, carbone organique, anions et métaux majeurs, Fe, Mn) ont été établis à partir des archives environnementales; carottes de sédiments lacustres datées (^{210}Pb; ^{137}Cs). Les mêmes profils furent également établis à partir des résultats d'échantillons d'eaux interstitielles prélevés dans deux lacs du Bouclier canadien; l'un situé à 40 km de la ville de Québec et l'autre à 25 km de la ville de Rouyn-Noranda.

Notre affiche donne un aperçu des résultats obtenus à ce jour, en rapportant les formes chimiques spécifiques les plus probables des lanthanides dans les eaux interstitielles. Ces dernières sont estimées par des calculs thermodynamiques avec le logiciel WHAM.

À l'aide d'un modèle de transport-réaction appliqué aux profils des éléments dans les eaux interstitielles, nous avons déterminé les zones selon la profondeur dans les sédiments où il y a réaction avec les lanthanides, de même que les vitesses nettes de ces réactions. Ces informations nous permettent de discuter du potentiel de contamination environnementale des sédiments lacustres par les lanthanides.

348

Potentiel minier du secteur sud du réservoir Gouin

Claude Hébert (Agglomération de La Tuque et CRÉ de la Mauricie)

À la fin de 2011, la ville de La Tuque a décidé d'inclure le volet minier dans ses efforts de diversification de son économie. La Tuque fait partie de la région de la Mauricie sur le plan administratif et gère un vaste territoire appelé Agglomération de La Tuque, lequel inclut, entre autres, le bassin du réservoir Gouin. En association avec la Conférence régionale des élus de la Mauricie et le soutien matériel et technique du MRN, La Tuque nous a confié le mandat d'effectuer des travaux de reconnaissance géologique afin d'évaluer le potentiel minier du secteur situé au sud du réservoir Gouin. Six semaines de travaux de terrain ont été consacrées à la réalisation de ce projet qui touche en partie ou en totalité 15 feuillets à l'échelle de 1/50 000 (31O14 à 16; 31P13 et 14; 32B1 à 8 et 32A3 et 4). Aucun travail n'a été effectué sur le réservoir et les lacs environnants ainsi que dans les secteurs déjà sous claims.

Les indices mentionnés dans les travaux antérieurs, les cartes géologiques à l'échelle du 1/250 000 établies en 60 et 70 de même que les cartes du champ magnétique ont permis de définir, au préalable, 45 cibles à visiter. Outre la recherche des indices déjà connus, l'objectif était aussi de tenter de trouver la cause de chacune des cibles géophysiques identifiées. Dans le cadre de ce projet de reconnaissance, bien différent d'un projet d'exploration minière, un seul cheminement été effectué à travers chacune des cibles et un échantillon a été prélevé au hasard pour analyse.

Nos principales observations sont les suivantes :

- Le volume de roches métasédimentaires favorables à des minéralisations en or, argent, cuivre et zinc est nettement supérieur à ce qui apparaît sur les cartes géologiques actuelles. Ces roches sont sensiblement similaires à celles du secteur de Montauban (or, zinc). Des teneurs anomaliques sont présentes;
- Quelques contextes favorables pour le nickel, le cuivre et le cobalt sont présents (roches mafiques et ultramafiques);
- On note d'importants niveaux de mangérite fortement riches en fer (avec ou sans phosphate);
- Il y a des séquences différenciées de suite de type AMCG (ex. : anorthosite, leuconorite, gabbronorite);
- Une lithologie en particulier pourrait intéresser l'industrie de la pierre architecturale en raison de caractéristiques différentes de ce qu'on observe généralement dans le Grenville.

349

Caractérisation de la déformation entre le Parautochtone et l'Allochtone au sud-ouest du réservoir Manicouagan, Grenville central, Québec : résultats préliminaires

Sophie Jannin, Félix Gervais (École Polytechnique), Abdelali Moukhsil (MRN)

La Province du Grenville se divise en deux grands ensembles : le Parautochtone, formé de roches de socle du craton nord-américain et de sa couverture métasédimentaire, et l'Allochtone, formé de roches exotiques chevauchant le craton. Dans la Province du Grenville occidentale, ces deux ensembles sont séparés par la « zone de charriage de l'Allochtone » (l'*Allochthon Boundary Thrust* ou *ABT*). Cette zone aurait eu un mouvement inverse entre 1060 et 1020 Ma permettant un enfouissement du Parautochtone jusqu'à la base de la croûte, puis, un mouvement normal à partir de 1020 Ma expliquant ainsi sa rapide exhumation. Dans le Grenville central, au sud-ouest du réservoir Manicouagan, la zone de cisaillement Relay pourrait correspondre à l'*ABT*. Elle sépare des roches métamorphisées dans le champ de la kyanite entre 995 et 985 Ma, de roches métamorphisées dans le champ de la sillimanite entre 1080 et 1040 Ma. Néanmoins, les travaux récents de cartographie du MRN montrent : 1) que cette zone de cisaillement est localisée au sein du Parautochtone; 2) que le Parautochtone est composé essentiellement de gneiss tonalitique du Complexe d'Ulamen d'âge archéen. Dans ce secteur se trouve également le Groupe de Gagnon (d'âge protérozoïque) formé principalement de paragneiss et de formations de fer. L'Allochtone y est composé de mangérite, de gabbro et de gabbronorite du Complexe de Canyon 1200 Ma), de paragneiss du Complexe de la Plus-Value (1765 à 1487 Ma) et de la Suite anorthositique de Tétépisca au sud-ouest.

Ce projet de doctorat vise à déterminer si les évènements avancés pour le Grenville oriental ont également eu lieu dans le Grenville central et d'en préciser la nature. L'évolution et le modèle tectonométamorphique de la région au sud-ouest du réservoir Manicouagan sera élaborée au moyen : 1) d'une cartographie détaillée; 2) d'une analyse structurale avancée; et 3) d'études métamorphiques et géochronologiques combinées pour définir des chemins pression–température-temps-déformation.

Les travaux préliminaires nous indiquent que la déformation principale dans le Parautochtone est senestro-inverse de direction N-S à NE-SW, avec une linéation tectonique grenvillienne plongeant de 10 à 50° vers le sud. Deux autres déformations plus tardives sont également présentes. La première, qui ne peut être observée qu'au sud, transpose la linéation grenvillienne qui devient faiblement plongeante vers le SW. Cette déformation est dextro-normale et orientée NE-SW à ENE-WSW. La deuxième déformation senestro-normale, de direction N050°, n'affecte que très localement la foliation. Ces deux dernières déformations pourraient correspondre à une phase normale ayant permis l'exhumation du Parautochtone.

Enfin, la déformation est plus intense dans la zone de cisaillement Relay qu'à la limite entre le Parautochtone et l'Allochtone.

352

Géologie de la région septentrionale du réservoir aux Outardes 4, Côte-Nord (22K05, 22K06, 22K11, 22K12 et 22K13)

Abdelali Moukhsil, Fabien Solgadi (MRN), Aphrodite Indares (Université Mémorial - Terre-Neuve), Saïd Belkacim (MRN)

La région cartographiée constitue la phase II d'un projet de cartographie régionale qui vise à acquérir de nouvelles connaissances géologiques et métallogéniques sur le territoire de la Côte-Nord (feuillet SNRC 22K). Située dans le secteur nord-ouest du réservoir aux Outardes 4, elle fait partie la Province géologique du Grenville central. En plus de la cartographie géologique à l'échelle du 1/125 000, un nouveau levé aéromagnétique a été réalisé et a couvert, entre autres, tout le feuillet 22K. Ce levé combiné à la cartographie nous a permis de cerner et d'identifier plusieurs unités lithologiques.

Le socle dans cette région est constitué des roches intrusives de composition felsique à intermédiaire généralement porphyriques à porphyroclastiques du Complexe de Hulot (1434-1373 Ma). Le nord-ouest de la région est occupé par la Suite anorthositique de Tétépisca (1052 Ma) qui est surtout constituée d'anorthosite porphyroclastique et mégaporphyrique et de leuconorite et de quantité mineure d'oxydes de fer et titane. La présence d'anorthosites et de leuconorites, en moindre volume, associées à de grands volumes de mangérite et de charnockite et de quelques faciès granitiques (suite AMCG), est également reconnue dans la région. Le Complexe de la Plus-Value et probablement la partie nord du Complexe de Canyon cartographiés plus à l'est au cours de l'été 2011, se poursuivent dans la région étudiée. Le Complexe de la Plus-Value (<1765 Ma, >1487,6 Ma) d'origine sédimentaire est constitué de paragneiss à biotite-grenat-sillimanite-graphite contenant des niveaux de quartzite, de roches calcosilicatées et de marbre. Des paragneiss migmatitisés et des migmatites sont également inclus dans le Plus-Value. Des granites leucocrates à grenat lilas ont été cartographiés aux bordures et à l'intérieur de ces paragneiss et sont interprétés comme des granites d'anatexie (fusion des métasédiments). La partie nord du Complexe de Canyon est formé principalement de mangérite gneissique d'âge elsonien (1222 Ma) contenant des lambeaux mafiques à ultramafiques d'ordre métrique à décamétrique d'âge labradorien (~1694 Ma). D'autres roches intrusives, comme le granite et la monzonite, y sont également présentes en association avec des charnockites.

Le grain structural de la région est surtout orienté NE-SW, mais se trouve perturbé par la mise en place de plusieurs intrusions. Des failles régionales produisant une mylonitisation sont reconnues sur plusieurs kilomètres. Le métamorphisme dominant est au faciès des granulites de moyenne pression.

La région cartographiée recèle de cibles d'exploration minérales en terres rares, en graphite et en oxydes de fer et titane. Les unités mafiques à ultramafiques rencontrées à plusieurs reprises dans la région peuvent aussi avoir un potentiel non négligeable en nickel et cuivre.

353

Présentation des données géophysiques publiées en 2012

Rachid Intissar, Isabelle D'Amours (MRN), Régis Dumont, Alan Jones (CGC)

L'année 2011-2012 s'avère encore excellente au Québec pour l'acquisition de données géophysiques publiques. En effet, Géologie Québec a complété environ 415 766 kilomètres linéaires de levés (publiés) depuis l'an dernier, tandis que Ressources naturelles Canada a réalisé deux levés.

Les résultats de ces levées ont été publiés par Géologie Québec dans les rapports suivants :

- **DP 2011-06** : Levé magnétique et spectrométrique couvrant 20 feuillets au 1/50 000 dans le secteur du lac Le Moyne, Province de Churchill, réalisé par la société Geo Data Solution
- **DP 2011-07** : Levé magnétique et spectrométrique couvrant 18 feuillets au 1/50 000 dans le secteur de la rivière Koksoak, Province de Churchill, réalisé par la société Eon Geoscience
- **DP 2012-01 :** Levé aéromagnétique couvrant 33 feuillets au 1/50 000 dans la partie ouest de l'Opatica et la partie sud de Nemiscau, Baie-James, réalisé par la société Geo Data Solution
- **DP 2012-02 :** Levé aéromagnétique couvrant 17 feuillets au 1/50 000 dans le secteur du lac Sainte-Anne, Province du Grenville, réalisé par la société Geo Data Solution
- **DP 2012-03 :** Levé aéromagnétique couvrant 25 feuillets au 1/50 000 dans le secteur de Manic-Outardes, Province du Grenville, réalisé par la société Eon Geoscience
- **DP 2012-04 :** Levé magnétique héliporté couvrant environ un feuillet et demi au 1/50 000 dans la Sous-province de l'Abitibi, secteur de Malartic, réalisé par la société Geo Data Solution

Dans le cadre du programme de Géocartographie de l'énergie et des minéraux (GEM), Ressources naturelles Canada a complété un levé aéromagnétique dans le secteur du Batholithe de Mistastin, à la frontière entre le Québec et Terre-Neuve-et-Labrador. Les données de ce levé, qui couvre au Québec environ 15 feuillets au 1/50 000, sont publiées dans le **DP 2012-05** (MRN). Simultanément, dans le cadre du programme Initiative géoscientifique ciblée 4 (IGC4), Ressources naturelles Canada a accompli un levé gradiogravimétrique et magnétique aéroporté dans le secteur du lac Strange, à la frontière entre le Québec et Terre-Neuve-et-Labrador. Ce levé couvre au Québec environ la moitié d'un feuillet au 1/20 000 (24A 08-102) et a été publié dans le **DP-2012-06** (MRN).

Les données des deux levés réalisés par Ressources naturelles Canada sont également disponibles au Geological Survey of Newfoundland and Labrador ou à l'Entrepôt de données géoscientifiques du Secteur des sciences de la Terre de Ressources naturelles Canada.

354

Potentiel de minéralisation en graphite au Québec

N'golo Togola (MRN)

Le Québec présente un bon potentiel pour les minéralisations de graphite.

Plusieurs indices et gîtes de graphite ont été identifiés dans la Province de Grenville, notamment dans les régions de l'Outaouais et des Laurentides ainsi que dans le secteur de Fermont et au sud-ouest du réservoir Manicouagan. Ces minéralisations de graphite sont associées à des unités de roches métasédimentaires (paragneiss, quartzite, marbre calcitique, marbre dolomitique).

Les gisements de graphite du lac des Îles au sud de Mont-Laurier et du lac Knife au nord de Fermont constituent les deux plus importants dépôts de graphite au Québec.

Le gisement du lac des Îles (mine Stramin), exploité depuis 1989, est situé à 20 km au sud de Mont-Laurier. La minéralisation de graphite est associée à des bandes de marbre dolomitique, de marbre calcitique, de quartzite et de roches calcosilicatées qui font partie de la Ceinture centrale de métasédiments du sud-ouest de la Province de Grenville. Les ressources du gisement ont été estimées en 1989 à 25 millions de tonnes avec des réserves minérales probables de 5,2 millions de tonnes à 7,42 % de carbone graphitique.

Le gisement du lac Knife se trouve à 27 km au sud-sud-ouest de Fermont. Les roches hôtes du gisement font partie du Groupe de Gagnon, d'âge protérozoïque inférieur. Les zones graphiteuses sont encaissées dans un gneiss quartzofeldspathique à biotite migmatisé et consistent en fines paillettes disséminées de graphite. Le gneiss, localement cisaillé, silicifié et bréchique, renferme en moyenne entre 5 à 10 % de graphite et de sulfures. Les niveaux qui renferment plus de 20 % de graphite ont un aspect bréchique. Les ressources mesurées et indiquées du gisement (conformes à la norme NI 43-101) sont évaluées à 4,97 Mt à 15,7 % de carbone graphitique tandis que les ressources inférées sont de 3 Mt à 15,6 % de carbone graphitique. La zone minéralisée s'étend sur environ 650 m de long sur 120 m de large.

Le secteur au sud-ouest du réservoir Manicouagan offre également un bon potentiel pour les minéralisations de graphite. De nombreux gîtes de graphite y ont été découverts au début des années 2000. Mentionnons, entre autres, les gîtes de graphite du lac Guéret (zone GC et zone GR), lac Guinécourt, Capitaine Cosmos, Graphi-Est, Graphi-Centre, Graphi-Ouest et Manic. Dans ce secteur, les zones minéralisées en graphite sont associées à des niveaux de schiste à quartz-graphite ou de schiste à amphibole chloritisée à l'intérieur d'unités de paragneiss à biotite-grenat, de quartzite ou de gneiss quartzofeldspathique.

Les ressources mesurées et indiquées du gisement de graphite du lac Guéret (zone GC) (conformes à la norme NI 43-101) sont estimées à 7,6 Mt à 20,4 % de carbone graphitique tandis que les ressources inférées sont de l'ordre 2,7 Mt à 17,3 % de carbone graphitique.

355

Cartographie des dépôts de surface dans la région de Charlevoix et de la Haute-Côte-Nord (Québec, Canada) : travaux préliminaires

Julien Walter (UQAC), Mohamed El Amrani (MRN), Etienne Brouard (ULAVAl), Marie-Odile Chartier (UQAC), Patrick Lajeunesse (ULAVAL), Pierre Cousineau (UQAC)

La géologie des dépôts superficiels constitue une donnée essentielle pour la compréhension des environnements hydrogéologiques d'une région. Dans le cadre du Programme d'acquisition des connaissances sur les eaux souterraines du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), l'UQAC en partenariat avec le MRN a entrepris un projet de cartographie des dépôts quaternaires sur le territoire municipalisé des MRC de Charlevoix, de Charlevoix-Est et de La Haute-Côte-Nord. Le levé cartographique couvre en totalité ou en partie douze feuillets SNRC à l'échelle de 1/50 000 : 21M07, 21M08, 21M09, 21M10, 21M16, 21N13, 22C04, 22C05, 22C06, 22C11, 22C14 et 022C15, soit une superficie totale de 4 600 km^2. Les travaux comprennent quatre phases échelonnées sur deux ans : 1) phase préliminaire (été 2012), 2) création de cartes préliminaires (livrées en mars 2013), 3) levés systématiques sur le terrain (été 2013); et 4) réalisation de cartes finales et rédaction d'un rapport de synthèse (livrés en mars 2014).

Les objectifs de la première phase étaient de définir de façon préliminaire le cadre stratigraphique, de consolider la collaboration entre l'UQAC, le MRN et l'Université Laval et d'inventorier et recueillir l'information existante utile à la réalisation du projet (photos aériennes, cartes, articles scientifiques, etc.). Cette phase comprend 21 jours de terrain durant lesquels 223 sites ont été décrits à l'aide de géofiches. Ces dernières ont ensuite été numérisées dans une base de données. Les sites incluent des sablières et gravières, des carrières, des coupes en bordure des routes et des rivières ainsi que des sondages réalisés à la tarière manuelle. Des coquilles et des échantillons de bois, de charbons et de paléosols ont été recueillis à des fins de datation.

L'assemblage des faciès sédimentaires de la région de Charlevoix s'avère d'une grande complexité. Aux dépôts datant de la déglaciation wisconsinienne (complexe morainique de Saint-Narcisse, sédiments deltaïques et sédiments d'eau profonde de la mer de Goldthwait), s'ajoutent d'importants dépôts antérieurs composés de rythmites glaciolacustres et des sables stratifiés visibles sur des épaisseurs pouvant atteindre 20 m par endroits (coupe de l'Île aux Coudres). De plus, la topographie escarpée et la forte sismicité font de la région un environnement favorable à d'importants glissements de terrain remaniant superficiellement les terrains. En contrepartie, la région de la Haute-Côte-Nord présente un cadre stratigraphique apparemment moins complexe, avec une démarcation nette entre les hautes-terres, généralement dominées par des dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires, et les basses-terres, dominées par des faciès argileux marins surmontés d'épais dépôts sableux d'origine deltaïque sur lesquels reposent souvent de grandes tourbières.

356

Inventaire des ressources en granulats de la région de Kuujjuaq

André Brazeau (MRN) et Philippe Bélanger-Trudel (ULAVAL)

Durant l'été 2012, des travaux d'inventaire des ressources en granulats ont été effectués dans la région de Kuujjuaq. Ce village nordique est situé le long de la rivière Koksoak à environ 50 km en amont de la baie d'Ungava, à une latitude de 58° 06' nord et une longitude de 68° 24' ouest. Il se trouve dans la zone de pergélisol discontinu. Le territoire inventorié couvre une superficie d'environ 330 km^{2}qui s'étend de 10 km au sud du village jusqu'à près de 25 km au nord de la communauté.

La population de Kuujjuaq (environ 2300 habitants), et des villages nordiques en général, est en forte croissance. Les besoins en logements et en infrastructures municipales sont de ce fait très élevés. La présence de pergélisol jumelée au réchauffement climatique rend plus difficile la construction de ces infrastructures. La demande en granulats pour la construction des radiers (fondations pour bâtiments et routes) est d'autant plus importante.

Les résultats des travaux d'inventaire ont permis de localiser et de caractériser les sources en granulats et d'en évaluer l'importance. Les activités de terrain ont surtout consisté en de nombreux sondages à la pelle ainsi qu'en visites de coupes naturelles et de quelques sablières. De plus, 15 échantillons de sable ou de gravier ont été prélevés et expédiés en laboratoire pour déterminer leurs propriétés physico-mécaniques.

Les principales sources de granulats sont composées de sédiments marins littoraux et deltaïques. Les dépôts (tills) et les formes glaciaires (drumlins) ont pratiquement tous été remaniés par les eaux de la mer d'Iberville qui ont suivi la déglaciation, il y a environ 7000 ans. Presque toute la région à l'étude se trouve sous la limite marine qui se situe à environ 180 m d'altitude. On observe de nombreuses terrasses recouvertes de blocs. Les dépôts reposent sur le socle rocheux, lequel est composé de roches granitiques protérozoïques de la Province de Churchill.

Les dépôts sont surtout composés de sable de granulométries diverses. Les sources de gravier naturel sont plus rares. L'épaisseur moyenne des dépôts est de 4 à 5 m.

356

Inventaire des ressources en granulats de la région de Lac-Mégantic

André Brazeau et Mohamed El Amrani (MRN)

Durant l'été 2012, des travaux d'inventaire des ressources en granulats ont été effectués dans la région de Lac-Mégantic. D'une superficie d'environ 1 400 km^2, le secteur d'étude couvre en partie les feuillets 21E07, 21E09 et 21E10 à l'échelle du 1/50 000 et s'étend au sud et à l'ouest jusqu'à la frontière avec les États-Unis. Les résultats de ces travaux vont permettre de localiser et de caractériser les sources en granulats et d'en évaluer l'importance.

Les activités de terrain ont surtout consisté en de nombreux sondages à la pelle et en visites de sablières, gravières, coupes naturelles et déblais de routes. Au total, 163 sites ont été explorés et 28 échantillons de sable ou de gravier ont été prélevés et expédiés en laboratoire pour déterminer leurs propriétés physico-mécaniques.

Le socle rocheux appartient à la Province des Appalaches. On y retrouve une grande diversité de roches sédimentaires, volcaniques et intrusives. Ces roches ont été déformées à différents degrés, selon l'endroit, et présentent souvent une importante schistosité.

Les dépôts susceptibles de fournir des granulats sont principalement d'origine glaciaire. Ceux-ci se sont généralement mis en place lors de la dernière déglaciation, il y a environ 12 500 ans. Les dépôts de contact de glace et d'épandage fluvioglaciaire constituent les meilleures sources d'approvisionnement en sable et gravier. Ces dépôts sont souvent confinés dans les vallées. Plusieurs d'entre eux ont été exploités intensivement et sont aujourd'hui pratiquement épuisés. On retrouve aussi des dépôts d'origines glaciolacustres et fluviatiles.

Les granulats de la région sont de qualité très variable. Ces matériaux, qui ont été arrachés du socle par l'action des glaciers, reflètent bien la grande diversité des roches sous-jacentes.

357

Cartographie des sédiments de surface de l'Outaouais : bilan et perspectives

Olivier Lamarche, Mélina Dubois-Verret, Marc-André Hurtubise, Sylvain Milette, Pierre-Marc Godbout, Nancy Horth, Éric Leduc, Martin Roy, Robert-André Daigneault, Michel Lamothe (UQAM)

La cartographie des sédiments de surface du territoire municipalisé de l'Outaouais a été entreprise dans le cadre d'un Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES). Les projets PACES sont une initiative du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs visant à dresser le portrait des ressources en eaux souterraines afin d'assurer une eau potable de qualité et de protéger cette ressource. Ce projet, mandaté par le ministère des Ressources naturelles, a comme objectif principal une mise à niveau des connaissances sur les formations géologiques superficielles et les éléments géomorphologiques de la région d'étude. Spécifiquement, les travaux de cartographie ont porté sur un territoire couvrant l'équivalent de 24 feuillets SNRC au 1/50 000. La cartographie a été réalisée à l'aide de photographies aériennes à l'échelle du 1/40 000.

Une photo-interprétation préliminaire a été effectuée afin d'identifier les principales formations superficielles, de cibler les zones où la nature des formations est inconnue et de localiser les gravières, sablières et coupes naturelles qui sont susceptibles de renseigner sur la genèse des dépôts et sur la stratigraphie régionale. Cette interprétation initiale a par la suite été vérifiée lors de travaux de terrain qui ont permis de déterminer la nature des zones litigieuses, en plus de préciser la répartition spatiale des unités. Les levés sur le terrain ont également permis de caractériser les dépôts de surface (couleur, épaisseur, granulométrie, etc.) et de documenter les directions d'écoulements glaciaires. Les cartes finales ont ensuite été produites à l'aide de méthodes numériques (ArcGIS) en utilisant une légende standardisée commune aux autres projets PACES. À ce jour, les onze cartes de la partie orientale de la zone d'étude ont été complétées; treize autres cartes devraient être produites d'ici le printemps 2013.

Ces travaux ont permis de préciser la distribution des différentes unités quaternaires sur l'ensemble du territoire. Les données préliminaires indiquent que la couverture sédimentaire est largement dominée par le till (> 65 %) qu'on retrouve dans les régions à relief élevé, tandis que les dépôts de sables et graviers (~5 %) sont principalement concentrés dans les vallées fluviales. Les sédiments fins tels que les silts et les argiles se retrouvent en couverture relativement continue aux abords de la rivière des Outaouais. Ces travaux ont également permis d'accroître nos connaissances sur l'histoire glaciaire de la région, notamment en ce qui concerne la position de dépôts morainiques associés à un refroidissement climatique majeur.

358

Implications de la réanalyse des sédiments de lac du nord-est de la Province du Supérieur pour l'élaboration de nouveaux modèles d'exploration

Charles Maurice (MRN)

Près de 18 000 échantillons de sédiments de lac couvrant un territoire de plus de 260 000 km^2, soit le nord-est de la Province du Supérieur (NEPS), ont été réanalysés. Ces échantillons ont initialement été prélevés en 1997, selon une maille d'un échantillon par 13 km^2, dans le cadre d'un levé régional comptant plus de 26 000 échantillons (levé 1997520[1]). Environ 2000 d'entre eux, principalement des échantillons situés à l'ouest de la baie d'Ungava, ont été réanalysés en 2004 pour les métaux précieux[2]. En 2009, 4000 échantillons prélevés à l'est, sur le territoire correspondant à la Province de Churchill, ont été réanalysés pour une large suite d'éléments[3]. Les nouvelles données disponibles aujourd'hui ont été analysées au même laboratoire qu'en 2009, selon les mêmes protocoles analytiques[3].

La base de données est désormais bonifiée par des analyses pour lesquelles plus de 95 % des résultats avaient des teneurs en deçà ou égales aux limites de détection (p. ex. Be et Se). De plus, certains éléments n'avaient jamais été analysés (p. ex. : Hg, In, Nb, Sn, Ta, Te, Tl), tandis que d'autres étaient inutilisables. C'est le cas notamment du Bi, qui montre un coefficient de corrélation de 0,09 entre les données ICP-MS et ICP-AES, une dispersion qui résulterait des interférences avec le Cr lors des analyses ICP-AES.

Dans le Domaine de Goudalie et la Sous-province de La Grande, les nouvelles données révèlent des associations métalliques typiques des systèmes porphyriques associés à des intrusifs felsiques de source sédimentaire. Ainsi, on y retrouve, du nord vers le sud, plusieurs domaines où les sédiments de lac sont successivement enrichis en Bi-In (Sn), Bi-W (Sn-In), Mo, Sn-W-Mo, puis en W-Sn. Collectivement, ces domaines s'alignent le long d'un axe NNW de 350 km, une dimension similaire aux 300 km de la province jurassique à W-Sn de Nanling, en Chine. Plus au nord, dans le Domaine d'Utsalik (Complexe de Nantais), l'association de fortes concentrations de Bi et Te dans les lacs à proximité d'indices aurifères connus pourrait suggérer la présence de systèmes minéralisateurs impliquant des tellures de bismuth. En plus d'être mises à contribution pour le raffinement de modèles d'exploration existants, les nouvelles données de sédiments de lac peuvent contribuer au ciblage d'environnements géologiques jusqu'alors non reconnus dans le NEPS.

1. 35 éléments par ICP-AES, dissolution partielle acide nitrique (0,5 g) et 9 éléments par activation neutronique (10 g)
2. Au, Pd, Pt par pyroanalyse ICP-MS (5 à 15 g)
3. 53 éléments par ICP-MS, dissolution partielle aqua regia (0,5 g)

359

Potentiel aurifère dans le Domaine Nord de la Fosse de l'Ungava

Daniel Lamothe et Olivier Rabeau (MRN)

Le potentiel aurifère du Domaine Nord de la Fosse de l'Ungava a été mis en évidence lors des travaux de cartographie régionaux entrepris par le MRN dans les années 80. Une étude de favorabilité pour l'or orogénique (ou mésothermal) couvrant ce secteur a été réalisée à l'aide de techniques d'analyse spatiale. Ce travail a permis de définir plusieurs zones de haute favorabilité, diffusées dans GESTIM à l'ouverture de Québec Mines 2012, qui mettent en relief le potentiel aurifère de ce secteur peu jalonné de l'Orogène de l'Ungava.

Une vingtaine de paramètres géologiques associés à la présence de gisements aurifères ont été utilisés. La probabilité d'association spatiale de chaque paramètre a été calculée par la méthode dite du « poids de la preuve » et les poids obtenus, convertis en valeurs floues, ont ensuite été combinés par une méthode de logique floue. Afin d'éviter une surpondération des résultats, la combinaison des paramètres à l'aide des divers opérateurs flous a été optimisée dans le but d'obtenir une valeur de bruit de fond neutre (0,5). Les zones favorables sont désignées par le choix d'un seuil significatif et prédictif dans le spectre des valeurs floues de la carte résultante.

Le traitement a été modélisé au moyen de l'application Modelbuilder sous ArcGIS 10. Le processus de calcul du potentiel est entièrement programmé et peut être réalisé automatiquement en quelques minutes. La possibilité de tester rapidement de nouveaux paramètres ou des ensembles de calibration différents représente une amélioration significative du processus d'évaluation du potentiel minéral. La plupart des opérations utilisent comme source de données les tables originales non modifiées de la géodatabase SIGÉOM. Cette approche permet de régénérer aisément une nouvelle carte de potentiel lors des mises à jour de SIGÉOM ayant une incidence sur les données sources du modèle.

ACRONYMES

ACRONYMES

- ACPE : Association canadienne des prospecteurs et entrepreneurs
- AEM : Agnico-Eagle Mines
- AEMQ : Association de l'exploration minière du Québec
- AMQ : Association minière du Québec
- BAPE : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (Gouvernement du Québec)
- CCSN : The Canadian Nuclear Safety Commission
- CERM-UQAC : Centre d'étude sur les ressources minérales de l'Université du Québec à Chicoutimi
- CGC : Commission géologique du Canada
- CGC-CC : Commission géologique du Canada - Centre du Canada
- CGC-O : Commission géologique du Canada - Ottawa
- CGC-Q : Commission géologique du Canada - Québec
- CGO : Commission géologique de l'Ontario
- CMIC : Conseil canadien de l'industrie minière
- CNRS : Centre national de la recherche scientifique
- CNSC : Canadian Nuclear Safety Commission
- CONSOREM : Consortium de recherche en exploration minérale
- CRC-MM-UQAC : Chaire de recherche du Canada en métallogénie magmatique, Université du Québec à Chicoutimi
- CRÉ : Conférence régionale des élus
- CRÉBJ : Conférence régionale des élus de la Baie-James
- CRPG : Centre de recherches pétrographiques et géochimiques, France
- CRRNTBJ : Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire de la Baie-James
- CRSNG (RDC) : Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (subventions de recherche et développement coopérative)
- CSST : Commission de la santé et de la sécurité du travail
- CU : Carleton University
- DIVEX : Diversification de l'exploration minérale du Québec (Réseau de recherches géoscientifiques)
- ENSG/CRPG : – Nancy Université, École nationale supérieure de Géologie / Centre de recherche de pétrographique et géochimique
- FQRNT : Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies
- GC-DLG : Géomatique Canada - Division des levés géodésiques
- GC-GSD : Geomatic Canada - Geodesic Survey Division
- GEOTOP UQAM-McGILL : Centre de recherche en géochimie et en géodynamique de l'Université du Québec à Montréal et de et de l'Université McGill
- GSC : Geological Survey of Canada
- GSC-O : Geological Survey of Canada - Ottawa
- GSC-Q : Geological Survey of Canada - Québec
- INRS : Institut national de la recherche scientifique
- INRS-ETE : Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau, Terre et Environnement
- INSU : Institut national des Sciences de l'Univers
- McGill : Université McGill
- MDDEFP : Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs
- MISA : Mines, innovations, solutions et applications
- MRN : Ministère des Ressources naturelles du Québec
- MPMPS : Mineral potential maps production system (MRNF)
- MTP : Miller Thomson Pouliot
- NTS : National Topographic Series
- OGS : Ontario Geological Survey
- OSUC : Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre, Université d'Orléans, France
- PDAC : Prospectors and Developers Association of Canada
- Poly : École Polytechnique de Montréal. Département des génies civil, géologique et des mines, Montréal
- RNCREQ : Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement du Québec
- RSC : Ressources Strateco
- SPCPM : Système de production des cartes de potentiel minéral (MRN)
- TGI-3 : Targeted Geoscience Initiative (2005-2010) – GSC
- UBC : University of British Columbia
- U d'O : Université d'Ottawa
- U of A : University of Alberta
- U of O : University of Ottawa
- UL : Université Laurentienne
- ULAVAL : Université Laval
- UNB : University of New Brunswick
- UQAC : Université du Québec à Chicoutimi
- UQAM (SCTA) : Université du Québec à Montréal (Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère)
- UQAT : Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue
- URSTM-UQAT : Unité de recherche et de service en technologie minérale de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue



Ressources naturelles
et Faune
Québec