Documents complémentaires / Additional files
Licence / License

Les mines sous tous les angles

QUÉBEC MINES 2015
CARREFOUR DES GÉOSCIENCES ET DES RESSOURCES MINÉRALES





Photos : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Mines Agnico-Eagle, Mines Richmont

RÉSUMÉS DES CONFÉRENCES ET DES PHOTOPRÉSENTATIONS

23 au 26 novembre 2015
Centre des congrès de Québec
QUEBECMINES.GOUV.QC.CA

ENSEMBLE on fait avancer le Québec

Québec

Coordonnateurs

Charlotte Grenier
Jean-Yves Labbé

Traduction et révision linguistique

Venetia Bodycomb
Michèle Mainville
Marie Racine

Révision des textes

Joanne Nadeau

Dessin

Marie-Eve Lagacé

Couverture, mise en page

HATEM+D
Marie-Eve Lagacé
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 : 978-2-550-74622-5
© Gouvernement du Québec, 2016

TABLE DES MATIÈRES

Équipe de Québec Mines 6
Résumés des conférences 9
Résumés des photoprésentations 39
Localisation des projets 45
Acronymes 94



MOT DU MINISTRE DÉLÉGUÉ AUX MINES, M. LUC BLANCHETTE

C'est avec enthousiasme que je vous invite à participer à Québec Mines 2015 qui se déroule cette année sur le thème Les mines sous tous les angles. Ce congrès, organisé par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles depuis plus de 35 ans, réunit tous ceux et celles qui s'intéressent au développement minier au Québec, autant les industriels que les citoyens, les chercheurs et la relève.

« QUÉBEC MINES EST POUR CHACUN D'ENTRE EUX UN FORMIDABLE LIEU D'APPRENTISSAGE, DE DÉCOUVERTES ET DE RENCONTRES »

Le programme de cette année est encore une fois de haut calibre. Il offre un éventail complet de conférences, d'ateliers et d'activités de réseautage avec des intervenants de qualité, dont plusieurs de renommée internationale. Dans le contexte de la mise en œuvre des grands projets gouvernementaux – le Plan Nord, le Chantier sur l'acceptabilité sociale, la Stratégie maritime et, bien sûr, la Vision stratégique du développement minier au Québec –, les sujets abordés sont extrêmement pertinents, que ce soit les travaux d'exploration récents, le financement des projets d'exploration, le développement minier en milieu nordique, l'exploration du nickel, la recherche, l'utilisation des technologies à toutes les étapes du processus minier, les nouvelles découvertes géologiques ou l'acceptabilité sociale des projets miniers.

« LA SALLE D'EXPOSITION METTRA EN VALEUR LES CONNAISSANCES,LE SAVOIR-FAIRE ET L'EXPERTISE DES ACTEURS DU DÉVELOPPEMENT MINIER AU QUÉBEC »

Le Ministère y dévoilera notamment les résultats de ses travaux géologiques annuels, qui permettent souvent d'établir de nouvelles cibles d'exploration. Le volet international du congrès sera l'occasion de jeter des ponts entre les acteurs d'ici et ceux d'ailleurs, notamment dans la foulée de la nouvelle Stratégie économique pour la Francophonie, adoptée lors du XVe Sommet de la Francophonie, à Dakar, en novembre 2014.

Pour moi, une chose est certaine : Québec Mines est le haut lieu de la connaissance géoscientifique et du développement de l'industrie minière au Québec. C'est le rendez-vous par excellence des acteurs clés du domaine minier, d'ici et d'ailleurs.

J'espère vous y rencontrer nombreux, du 23 au 26 novembre 2015.



Luc Blanchette
Ministre délégué aux Mines



MOT DE LA SOUS-MINISTRE ASSOCIÉE AUX MINES

C'est avec fierté que je vous convie à Québec Mines, le congrès annuel sur le développement minier du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. Ce congrès, rassembleur et ouvert sur le monde, regroupe les acteurs du monde minier, d'ici et d'ailleurs. Ainsi, pendant quelques jours, Québec Mines fait en sorte que l'on aborde sous tous ses angles la question du développement minier.

Chaque année, nous sommes en mesure de présenter un programme riche et captivant, qui inclut de nombreuses activités de réseautage. Québec Mines 2015 vaut certainement le détour! Il compte 13 ateliers et formations ainsi que près de 90 conférences de haut calibre réparties dans 15 séances s'articulant autour de trois grandes thématiques : économie, environnement et société; exploitation minière; et finalement géologie et exploration. Il comprend plusieurs exclusivités. Il réunit des spécialistes de renommée internationale pour un atelier et deux séances de conférences sur l'exploration du nickel. C'est un événement unique en Amérique du Nord!

Je tiens à souligner que ce congrès d'envergure compte encore cette année sur la précieuse collaboration de plusieurs partenaires du milieu, que je veux remercier pour leur engagement. La qualité exceptionnelle du programme de Québec Mines témoigne de cet engagement et tous les participants au congrès en bénéficient.

Je vous invite à profiter pleinement de Québec Mines 2015.

Line Drouin

Sous-ministre associée aux Mines

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles

ÉQUIPE DE QUÉBEC MINES

COMITÉ ORGANISATEUR ET COMMUNICATION

Andrea Amortegui
Gladys Chamberland
Christian Fortin (coordonnateur)
Robert Giguère
Charlotte Grenier
Jean-Yves Labbé
Alain Vigneault

ÉQUIPE LOGISTIQUE

Yan Carette
André Cloutier
Diane Devault
Marie Dussault
Marie-Josée Hudon
Marie-Eve Lagacé
Caroline Nadeau
Sylvie Otis
Pierre-Thomas Poulin
Gaétan Simard

PROGRAMME TECHNIQUE

Michel Jébrak
Jean-Yves Labbé
Marcel Laflamme
Jean Vavrek

COMITÉ ORGANISATEUR QUÉBEC MINES DÉCOUVERTE

Julie Gagné
Charlotte Grenier
Sylvie Otis (coordonnatrice)

COMITÉ ORGANISATEUR QUÉBEC MINES INTERNATIONAL

Robert Giguère
Nicole McKinnon
Jean-Benoît Ratté
Alain Vigneault

COLLABORATEURS

Association des économistes québécois
Association minière du Québec
Association québécoise des sciences de la Terre
Commission de développement économique des Premières Nations du Québec et du Labrador
Comité sectoriel de main-d'oeuvre de l'industrie des mines
Conseil d'intervention pour l'accès des femmes au travail
CONSOREM
Gouvernement du Canada
Groupe MISA
Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole
Institut national des mines
Ministère des Relations internationales et de la Francophonie
Réseau Environnement
48e Nord International

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

Sadi Aid
Stéphan Baribeau
Noémie Beaupré
Stéphane Beauséjour
Serge Bédard
Caroline Béliveau
Samir Bouaouni
Marlène Bouchard
Roxanne Croteau-Thomassin
Benoît Demers
Claude Dion
Daniel Dubé
Nathalie Germain
Daniel Faustino Silvestre
Johanne Jobidon
Claudie Laplante
Martine Lévesques
Terry McKinnon
Sonia Montambault
Joanne Nadeau
Michaël Roy
Jérémi S.Pressé
Jack Schlott
Anne Veilleux
Audrey Verreault
André Tremblay

RÉSUMÉS DES CONFÉRENCES

SÉANCE 2

Les défis en ingénierie minière

Résumé des différentes étapes et conclusions de l'étude de faisabilité du gisement McLeod Deep 12

Coûts et bénéfices du remplacement des câbles d'acier par des câbles synthétiques à hautes performances en aramide pour le hissage minier dans les opérations minières profondes et ultra-profondes..... 12

Les défis de l'exploitation par chantiers Alimak à la mine Langlois 13

Logistique et défis pour la construction de digues dans le Nord-du-Québec..... 13

L'automatisation comme solution aux défis miniers 14

SÉANCE 3

Le volet patrimoine minier du fonds des ressources naturelles : sept ans d'acquisition de connaissances, de recherche et de développement

Synthèse des travaux géologiques des sous-provinces d'Opinaca et de La Grande : implications pour l'exploration de l'or..... 14

La Chaire en entrepreneuriat minier UQAT-UQAM : de la mine aux communautés..... 15

Le CONSOREM : un modèle d'affaire spécifique pour la R et D en exploration minérale 15

Conseil cri sur l'exploration minérale, la nation crie et l'industrie minière 16

SÉANCE 5

Innovations en matière de restauration minière

Restauration du site minier Solbec Cupra 16

La gestion des rejets – du concept à la restauration : cas de la mine Éléonore, Goldcorp. 17

SÉANCE 6

Les minéraux et métaux industriels et de haute technologie : la place du Québec

La révolution des batteries au lithium-ion et les matières premières qui l'alimenteront..... 17

De l'exploration à la transformation : exemple du projet de mine de graphite du Lac Knife et du projet industriel de transformation de Focus Graphite 18

Apatite et ilménite au Québec : un potentiel de classe mondiale 18

Les terres rares : du minerai aux applications ... 19

SÉANCE 9

Les gîtes minéraux dans les environnements sédimentaires

L'or dans les métasédiments détritiques terrigènes du Rhyacien (2300-2050 Ma)..... 19

Exploration aurifère dans les roches métasédimentaires archéennes : contraintes et outils dérivés de la pétrologie métamorphique appliquée 20

La mine Éléonore : un gisement d'or de classe mondiale, métamorphisé et encaissé dans des wackes (<2675 Ma), Eeyou Istchee Baie-James, Québec, Canada 20

Géologie des minéralisations aurifères associées aux formations de fer rubanées du Bouclier canadien : l'exemple des gisements de classe mondiale Musselwhite (Ontario) et Meadowbank (Nunavut)..... 21

Minéralisations aurifères orogéniques dans les roches sédimentaires – exemple des gisements du district d'Otago en Nouvelle-Zélande et implications génétiques..... 22

Nouveaux développements dans la métallogénie des Appalaches..... 23

SÉANCE 10

Les projets miniers à la recherche de nouvelles options de financement

Innovation dans le financement minier : l'approche de Redevances Aurifères Osisko 23

Mise en valeur de la prochaine grande mine de métaux usuels au Canada 24

Comment bien appuyer nos fleurons miniers d'aujourd'hui et de demain 24

Étude de cas du financement du projet Renard en 2014 : 1 G$ CA pour la première mine de diamants au Québec 25

SÉANCE 11

Mécanique des roches

Comportement mécanique du remblai minier après sa mise en place dans le chantier : étude des interactions remblai-roche..... 25

Études de l'interaction entre le remblai et les structures encaissantes pour une conception plus fiable des barricades 26

La mesure des contraintes *in situ* – 35 ans de recherche à Polytechnique Montréal..... 26

Optimisation de la caractérisation des propriétés du roc intact de projets miniers à l'aide d'analyses statistiques..... 27

Évaluation du potentiel de glissement le long des failles dans les mines à activité sismique 27

Stratégies de contrôle des terrains pour les mines souterraines avec activités sismiques 28

SÉANCE 12

Gîtes magmatiques de Ni-Cu-EGP : perspective globale

La formation des gîtes de sulfures magmatiques : n'avons-nous rien appris de nouveau ces 25 dernières années? 28

Le complexe lité mafique-ultramafique de Yacouba (2,09 Ga) – hôte du prochain camp minier en métaux de base de classe mondiale en Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire)?..... 29

Le gisement de Ni-Cu-Cr-EGP de la mine Nkomati du Complexe de Uitkomst en Afrique du Sud : effondrement de boues magmatiques chargées de silicates-sulfures-chromites sur une éponte dolomitique en voie de dévolatilisation..... 30

La ceinture de roches vertes mésoarchéennes de Vénus, au Nunavik : une succession komatiitique fertile en Ni-Cu-EGP dans le nord-est de la Province du Supérieur 31

La diversité de la minéralisation en Ni-Cu-EGP de la suite intrusive du « Ring of Fire » en Ontario : évolution d'un système nourricier komatiitique ... 31

SÉANCE 13

Exemples de réussite de projets miniers en milieu nordique

Agnico Eagle dans l'Arctique canadien..... 32

Les défis du projet Renard..... 33

L'exploration à la Baie-James : quelques ingrédients du succès..... 33

Éléonore : d'hier à aujourd'hui 34

SÉANCE 14

Gîtes magmatiques de Ni-Cu-EGP : perspective québécoise et outils d'exploration

Les minéralisations magmatiques de Ni-Cu-EGP au Canada : un éventail d'âges et d'environnements magmatiques, volcaniques et tectoniques..... 34

Utilisation de la géochimie comme vecteur de la minéralisation en Ni-Cu-EGP dans la Fosse du Labrador au Nunavik (Québec) : étude de cas de la propriété Idéfix 35

Le contenu en éléments traces des sulfures et des oxydes dans les gisements magmatiques de Ni-Cu-EGP et leurs implications pour la pétrogenèse et l'exploration..... 36

Le nickel en évolution : génération de sulfures riches en nickel et d'alliages nickélifères durant la serpentinisationdans le filon-couche de Dumont au Québec 37

Les indices de Ni-Cu ± EGP du Domaine de Portneuf-Mauricie dans la Province de Grenville (Québec) : un exemple de minéralisation magmatique atypique mise en place dans un arc insulaire protérozoïque 38

SÉANCE 2

Résumé des différentes étapes et conclusions de l'étude de faisabilité du gisement McLeod Deep

François Pronovost (Glencore)

Résumé des différentes étapes suivi des conclusions de l'étude de faisabilité du gisement McLeod Deep de Glencore, incluant la méthode d'exploitation, les études comparatives, l'identification des besoins en main-d'œuvre et en équipement ainsi que le lien avec la production du gisement existant. Il sera aussi traité de l'évolution du gisement, du stade de projet à celui d'expansion d'une mine en activité.

SÉANCE 2

Coûts et bénéfices du remplacement des câbles d'acier par des câbles synthétiques à hautes performances en aramide pour le hissage minier dans les opérations minières profondes et ultra-profondes

Raymond J. Gaëtan (Ressources naturelles Canada, CanmetMINES)

Le principal facteur limitant la capacité de hissage dans les mines profondes et ultra-profondes est le poids propre des câbles d'acier utilisés habituellement pour le hissage du minerai.

Pour les systèmes de hissage sous terre, les câbles d'acier sont appropriés en raison de leurs propriétés, comme la résistance à la rupture et la durabilité. Cependant, ceux-ci sont relativement lourds par rapport à leur résistance à la rupture, selon les facteurs de sécurité requis par la règlementation. Avec l'augmentation croissante des profondeurs de hissage, particulièrement dans les camps miniers plus anciens, leur durée de vie diminue du fait des contraintes plus élevées et des effets physiques sur les câbles. Le poids mort des câbles d'acier, à des distances de hissage dites profondes et ultra-profondes, a un impact dramatique sur la charge utile qui peut être hissée ainsi que sur la hausse de la consommation d'énergie pour soulever ce poids mort supplémentaire. Cela se traduit par une importante perte de productivité ainsi que par une augmentation des coûts directs de fonctionnement.

Par rapport à la consommation énergétique, la différence entre des installations de hissage utilisant des câbles d'acier et des installations munies de câbles synthétiques équivalents (même résistance à la rupture pour un même diamètre) est d'au moins 20 % (et même plus). L'utilisation de câbles synthétiques représente à la fois un avantage économique et écologique.

L'exposé traitera des impacts économiques et écologiques ainsi que des facteurs de risque de l'utilisation de câbles synthétiques hautes performances en remplacement des câbles d'acier conventionnels. Il présentera aussi les résultats de trois études de cas de mines ultra-profondes en fonction des critères clés établis.

Le développement des câbles synthétiques hautes performances en fibre aramide sera également discuté ainsi que les méthodes envisagées pour des essais non destructifs.

SÉANCE 2

Les défis de l'exploitation par chantiers Alimak à la mine Langlois

Jean-François Dorion (Nyrstar Langlois)

Située à environ 40 km de Lebel-sur-Quévillon, la mine Langlois (propriété de Nyrstar) produit des concentrés de zinc et de cuivre depuis le milieu des années 90. Compte tenu de la forte dilution provenant de l'instabilité des épontes, combinée aux prix des métaux et aux coûts de production, il était nécessaire de trouver des méthodes d'exploitation permettant de rentabiliser l'entreprise. La morphologie du gisement de sulfures massifs – pendage subvertical et faible épaisseur – permet d'appliquer la méthode par chantiers Alimak. Deux zones minéralisées ont été exploitées par cette méthode et des ajustements ont été faits au fur et à mesure que progressaient les travaux, en fonction de l'expérience acquise. Une fois l'excavation et le soutènement entier de la monterie Alimak terminés, le forage de production suit. Les chantiers servent de chambre-magasin durant les étapes de forage et de dynamitage; seul le minerai produit par foisonnement est alors extrait afin de stabiliser les épontes. Après le dynamitage final, l'extraction intensive peut commencer. La piètre qualité des épontes fait en sorte que le stérile tombe dans le chantier lors de l'abattage du minerai. Actuellement, la moitié ou plus des chantiers est rempli de roches stériles une fois l'extraction du minerai terminée. La partie supérieure du chantier est ensuite remblayée avec du remblai en pâte. Le contrôle de terrain ainsi que la gestion de l'extraction font partie des différents défis de l'exploitation par chantiers Alimak à la mine Langlois.

SÉANCE 2

Logistique et défis pour la construction de digues dans le Nord-du-Québec

Steve Quessy (Canadian Royalties)

Cette présentation comprend deux parties. La première portera sur l'aspect logistique de la construction des digues, en ce qui concerne les opérations minières ainsi que l'éloignement et la difficulté d'accès au site. Les entreprises minières étant responsables en grande partie des travaux de construction, une planification très serrée réalisée plusieurs mois à l'avance permettra à la mine et à l'usine de fonctionner, tout en utilisant une partie des ressources pour des travaux d'envergure. Le moindre oubli en matière de logistique ou de matériaux de construction peut être suffisant pour retarder le projet jusqu'à l'année suivante. Le but de ces constructions étant la protection de l'environnement, la marge d'erreur doit être réduite au minimum.

La deuxième partie sera consacrée aux défis rencontrés dans différents projets, que ce soit durant la conception, la construction ou le fonctionnement des ouvrages. Lors de la conception, la disponibilité des matériaux sur le site ainsi que leurs caractéristiques physiques doivent être prises en compte s'il est impossible de s'alimenter ailleurs. La période de construction est également cruciale puisque la fenêtre estivale est réduite et doit être utilisée à son plein potentiel. Le fonctionnement des ouvrages doit aussi être optimisé, étant donné que les conséquences reliées à une mauvaise utilisation auront un impact direct sur les opérations minières à long terme.

La construction d'un ouvrage de l'ampleur d'une digue de rétention exige de grands efforts d'ingénierie, d'ingéniosité et de coopération interdépartementale lorsque le site est situé près d'une ville. Pour un projet en région nordique, les difficultés sont décuplées.

SÉANCE 2

L'automatisation comme solution aux défis miniers

Mikko Koivunen (Sandvik)

Cette présentation offrira un survol des possibilités d'automatisation en exploitation minière souterraine et abordera les prérequis pour leur concrétisation d'un point de vue technique et minier. Des études de cas concrets donneront un aperçu des applications typiques, décrivant les raisons pour lesquelles l'automatisation est mise en œuvre et les bénéfices que l'automatisation a apportés à ces exploitations. Les meilleures pratiques seront aussi décrites ainsi que les facteurs à prendre en considération pour réussir le développement d'un système d'automatisation.

SÉANCE 3

Synthèse des travaux géologiques des sous-provinces d'Opinaca et de La Grande : implications pour l'exploration de l'or

Jean Goutier (MERN), les géologues du MERN et l'équipe de recherche géologique de l'Université Laval

La contribution du volet patrimoine minier du Fonds des ressources naturelles est très importante dans la compréhension des minéralisations aurifères de la région d'Eeyou Istchee Baie-James.

L'une des premières contributions a été la réalisation de levés aéromagnétiques et spectrométriques de haute résolution et de haute qualité sur un immense territoire (245 000 km^2), permettant d'avoir une maille uniforme se connectant avec celle de l'Abitibi. Ces levés ont permis de mieux planifier les travaux de terrain, d'effectuer de meilleurs levés géologiques et de mieux tracer les unités géologiques. Depuis 2008, les travaux de cartographie de Géologie Québec dans cette région ont permis de réaliser 32 nouvelles cartes (1/50 000), d'observer près de 19 100 nouveaux affleurements et d'effectuer 2 758 nouvelles analyses de roches et près d'une quarantaine de datations U-Pb. Sans ces travaux, auxquels s'ajoutent, en 2014, les ré-analyses de 3 100 échantillons de roche antérieurs et de plus 10 000 échantillons de fond de lac, il n'aurait pas été possible de générer de nouvelles zones hautement favorables pour les gîtes d'or orogénique. À quelques détails près, les paramètres utilisés pour l'évaluation du potentiel sont les mêmes que ceux de l'étude de Lamothe (EP 2008-01). Cependant, avec 29 gîtes d'or supplémentaires, une banque de données plus importante et une meilleure compréhension de la géologie du secteur, les zones hautement favorables sont beaucoup mieux définies, notamment dans les secteurs nouvellement cartographiés. Les minéralisations aurifères d'Eeyou Istchee Baie-James se distinguent de celles de l'Abitibi par des assemblages minéralogiques reflétant un métamorphisme plus élevé, une association fréquente avec des formations de fer et un plus grand nombre d'épisodes minéralisateurs dont certains pourraient être mésoarchéens et d'autres aussi jeunes que 2,6 Ga.

Depuis 2014, un vaste projet de caractérisation des minéralisations aurifères et des évènements tectono-métamorphiques des sous-provinces de La Grande et d'Opinaca a été entrepris par l'équipe de recherche géologique de l'Université Laval, en collaboration avec Géologie Québec.

Sans la contribution du volet patrimoine minier, il aurait été difficile de réaliser cette cartographie géologique systématique et d'entreprendre l'étude détaillée de l'un des plus importants métallotectes aurifères de la région d'Eeyou Istchee Baie-James.

Référence

LAMOTHE, D., 2008 – Évaluation du potentiel en minéralisations de type or orogénique de la Baie-James. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; EP 2008-01, 54 pages.

SÉANCE 3

La Chaire en entrepreneuriat minier UQAT-UQAM : de la mine aux communautés

Michel Jébrak (UQAM) et Suzanne Durand (UQAT)

La Chaire en entrepreneuriat minier UQAT-UQAM a été créée en 2011 pour favoriser la création d'entreprises et la réussite des entreprises minières au Québec, de l'exploration à la production. Il s'agit d'une construction originale, deux universités œuvrant dans deux secteurs complémentaires (sciences de la terre et gestion). Elle est gérée par un comité composé de membres de l'industrie, de l'investissement, du gouvernement et des universités.

Le défi pour le Québec est non seulement de disposer de plus d'entrepreneurs miniers, mais aussi des meilleurs! La Chaire s'est donc orientée vers une connaissance accrue de l'entrepreneuriat minier au Québec et sur les meilleures pratiques pour les investisseurs et les entrepreneurs, en particulier en matière d'innovation. Elle a également mis l'accent sur le transfert des connaissances par diverses publications scientifiques et l'organisation chaque année de plusieurs rencontres thématiques à Montréal ou en Abitibi. Depuis 2012, un MBA ainsi qu'un microprogramme en gestion appliquée à l'industrie minérale ont été créés à l'UQAT; ils ont formé plus d'une quarantaine d'étudiants.

Démarrée au moment d'un boom minier, la Chaire a vu l'augmentation progressive des enjeux sociaux dans le monde minier et des difficultés pour les entrepreneurs. Elle a développé une approche de responsabilité sociale des entreprises, notamment au niveau de l'exploration. La création d'un indice de risque social et le développement d'une norme de certification en développement durable en constituent les premiers produits. Face aux changements dans notre société, en particulier en ce qui a trait aux ressources, il importe de développer des méthodologies robustes et respectueuses de toutes les parties prenantes. La réussite des entrepreneurs a été mesurée avec des perspectives éducative, historique et structurelle, spécifiquement dans le domaine nordique. Des enquêtes ont permis d'avoir de meilleures données sur la gouvernance des entreprises de même que des portraits des entreprises d'exploration et de services. La Chaire s'est développée en partenariat avec l'INMQ, l'AMF, l'AEMQ et le MERN et s'appuie sur un réseau international de chercheurs dans des disciplines très variées, des sciences de la terre aux sciences humaines et sociales.

Les entrepreneurs miniers du Québec sont confrontés à de nouveaux enjeux. Face à des cycles sévères, les projets miniers doivent être plus résilients, plus acceptables pour l'environnement et pour les communautés touchées. Le Québec dispose de nombreux atouts pour relever les défis d'un écosystème minier durable.

SÉANCE 3

Le CONSOREM : un modèle d'affaire spécifique pour la R et D en exploration minérale

Réal Daigneault (CONSOREM-CERM-UQAC)

L'exploration est le fer de lance de tout développement de l'industrie minière. Elle permet le renouvellement des ressources et prépare les futurs développements économiques. Le processus d'exploration est un vaste domaine qui comprend l'appropriation d'un ensemble de connaissances spécialisées sur les modes de formation des gisements et sur le potentiel des territoires prospectés. La discipline intègre un ensemble de techniques et de méthodes touchant plusieurs domaines (géophysique, géochimie, géostatistique, structure, etc.) en perpétuelle évolution.

Les cycles miniers baissiers dus aux conjonctures économiques défavorables ont des conséquences directes sur les activités et les investissements en exploration. Cette situation engendre le délestage de personnel spécialisé ayant acquis les connaissances et les techniques propres à ce domaine. Lors des reprises, on assiste à une rupture de transfert intergénérationnelle et la nouvelle relève doit se réapproprier l'expertise perdue.

La R et D en exploration implique un ensemble de joueurs ayant des missions et des intérêts spécifiques. Les entreprises utilisent des stratégies en fonction de leur taille, de leurs expertises et de leur philosophie d'exploration. Les gouvernements font la promotion du potentiel minéral de territoires donnés par l'acquisition de connaissances et mettent en place des législations adéquates afin de créer un environnement de développement durable au bénéfice des collectivités. Les universités favorisent le développement des connaissances spécialisées et participent activement à la formation de personnel qualifié en exploration minérale.

Plusieurs modèles d'affaire pour la R et D en exploration incluent ces trois composantes à divers degrés. Si le niveau de R et D des entreprises est nettement compétitif, demandant un certain degré de confidentialité, celui des gouvernements et des universités est plutôt précompétitif, favorisant la divulgation des résultats de manière publique. En apparence, les besoins et les missions des trois composantes peuvent apparaitre incompatibles.

Le CONSOREM est un partenariat de recherche entre entreprises, gouvernements et universités créé en 2000 pour contribuer à l'essor de l'exploration minérale sur tous les territoires du Québec. Il s'agit d'une structure qui met en avant-plan les besoins de l'industrie et qui réalise ensuite des projets visant à fournir les outils, les méthodes et les modèles d'exploration adaptés aux contextes de l'exploration au Québec. L'engagement de cet ensemble – entreprises, gouvernements et universités – autour de problématiques communes représente probablement la plus grande réalisation du CONSOREM. Celui-ci contribue également à la mémoire collective de l'exploration en s'occupant du transfert de connaissances vers les utilisateurs. Ce mode de fonctionnement procure au Québec un avantage stratégique pour les développements futurs de son territoire.

SÉANCE 3

Conseil cri sur l'exploration minérale, la nation crie et l'industrie minière

Youcef Larbi (CCEM)

Le Conseil cri sur l'exploration minérale (CCEM) est né à la suite de « La Paix des Braves », une entente entre le gouvernement du Québec et les Cris du Québec.

Contrairement à l'environnement et au respect de la nature, l'activité minière n'est pas ancrée dans la culture de la nation crie; les ressources minérales d'Eeyou Istchee sont en totalité propriété de l'industrie minière. La création du CCEM a encouragé la participation des Cris à l'activité minière et permis d'en évaluer l'impact environnemental sur le territoire d'Eeyou Istchee.

Les principaux objectifs du CCEM sont : (a) de permettre aux Cris d'accéder à l'exploration minérale; (b) de faciliter le développement des activités d'exploration minérale et les études d'impact environnemental sur le territoire d'Eeyou Istchee; (c) de faciliter et de promouvoir l'accès par les Cris et les entreprises cries aux programmes de financement réguliers du Québec et aux autres programmes encourageants les activités d'exploration minérale; (d) d'agir comme un mécanisme d'entrée pour les offres de services par les Cris et les entreprises cries dans le domaine de l'exploration minérale et de l'environnement.

En outre, le CCEM agit comme un intermédiaire entre l'industrie minière et les Cris afin de résoudre les questions concernant les ressources minérales, l'environnement et le territoire de trappe. Le conseil a pour mandat de développer l'activité minière et de répondre aux besoins environnementaux de chaque territoire de piégeage cri (trapeline). Il soutient et finance également des projets cohérents pour les communautés, les entreprises minières cries privées et les particuliers.

Préoccupé par le développement régional, le CCEM collabore avec plusieurs entités cries et non cries, et ces collaborations connaissent actuellement un grand succès. Les membres du Conseil évaluent la structure administrative des projets et les comparent aussi avec ce qui est connu ailleurs au Canada et dans le reste du monde, visant à améliorer et à atteindre l'excellence.

SÉANCE 5

Restauration du site minier Solbec Cupra

Annie Blier (IAMGOLD)

Le site minier Solbec Cupra est situé dans les Cantons de l'Est, entre le lac Aylmer et le Grand lac Saint-François, à environ 200 km à l'est de Montréal. Au cours de l'exposé, nous présenterons l'historique de ce site, de la fin de l'exploitation minière jusqu'à son utilisation actuelle : études et expérimentations, travaux de restauration et résultats.

La mine Solbec a été en exploitation de 1962 à 1977. Plus de 2,5 millions de mètres cubes de résidus sulfurés ont été déversés dans le parc à résidus. Des échantillonnages sporadiques effectués entre 1972 et 1980 ont confirmé la présence de drainage minier acide (DMA) sur le site. En 1987, un rapport de caractérisation du parc proposait l'inondation des résidus comme solution la plus valable pour remédier au problème.

Pour vérifier l'efficacité et la viabilité de cette solution, une série d'expérimentations et d'études ont été réalisées de 1989 à 1993. Les travaux requis pour l'inondation ont été effectués de 1994 à 1996. Par la suite, un projet de surveillance a été implanté dans le cadre du programme NEDEM, pour le suivi de la qualité des eaux de recouvrement et des eaux souterraines du parc à résidus.

Après douze campagnes d'échantillonnage, la solution est jugée efficace. Chaque levé comprenait plus de cinquante échantillons et portait sur plus de dix paramètres. Le pH est maintenant près de la neutralité et les résultats démontrent que les eaux qui recouvrent l'ancien parc à résidus sont conformes aux exigences de la Directrice 019 et à celles du Règlement sur la qualité de l'eau potable du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

L'ancien parc à résidus forme maintenant le Domaine des Hauts-Cantons. En 1997, un promoteur découvre ce milieu qui reprend vie et son potentiel de villégiature. Planifié avec un constant souci d'harmoniser l'activité humaine avec la nature, le développement du projet se fait dans le plus grand respect de l'environnement. Le Domaine des Hauts-Cantons comprend aujourd'hui 66 lots riverains couvrant un territoire de plus de 450 acres autour du lac de la Héronnière.

SÉANCE 5

La gestion des rejets – du concept à la restauration : cas de la mine Éléonore, Goldcorp

Martin Duclos (Gordcorp, Éléonore)

La mine Éléonore de Goldcorp est une exploitation aurifère souterraine située sur le territoire Eeyou Istchee Baie-James, au Québec, qui est en production depuis 2014. La mine a atteint la production commerciale en avril 2015.

À l'étape d'exploration avancée, une campagne de caractérisation géochimique des stériles miniers qui seront produits par la mine a été réalisée à partir d'échantillons de carotte de forage représentatifs. Cette campagne comprenait également la caractérisation géochimique des rejets des essais métallurgiques (futurs rejets du concentrateur) ainsi que de l'eau de procédé (eau produite à partir de l'exploitation du gisement).

Ce programme de caractérisation a permis d'établir les bases pour la conception des installations de gestion des rejets miniers et de traitement des eaux du projet, lesquelles ont été construites par la suite.

Le concept novateur de gestion des résidus secs mis en place à la mine Éléonore permettra de réduire l'empreinte environnementale, et ce, tant en termes de superficie perturbée que des quantités d'eau concernées. Le concept retenu privilégiera un mode de restauration progressive efficace et robuste.

SÉANCE 6

La révolution des batteries au lithium-ion et les matières premières qui l'alimenteront

Andrew Miller (Benchmark Mineral Intelligence)

- Un aperçu du potentiel commercial du graphite, du lithium et du cobalt dans l'industrie des batteries;
- Une analyse des marchés en aval : où les batteries seront-elles fabriquées? À quelle échelle?
- Le positionnement de l'Amérique du Nord dans l'industrie des batteries;
- Au-delà de la giga-usine de Tesla;
- Une analyse des véhicules électriques émergents;
- Les batteries et le marché du stockage d'électricité.

SÉANCE 6

De l'exploration à la transformation : exemple du projet de mine de graphite du Lac Knife et du projet industriel de transformation de Focus Graphite

Benoit Lafrance (Focus Graphite)

Les sujets couverts comprendront un aperçu des caractéristiques physiques importantes à connaître pour évaluer la valeur potentielle d'une concentration de graphite ainsi qu'un survol des différentes applications et des différents marchés traditionnels ou de hautes technologies. Divers projets de Focus Graphite seront cités comme exemple, autant pour expliquer les techniques d'exploration que pour décrire les types de projet minier et de projet industriel associés au graphite. Pour les minéralisations de graphite, la taille et la pureté des cristaux sont des paramètres clés qui doivent être évalués par des tests métallurgiques au tout début des travaux d'exploration.

La société Focus Graphite travaille actuellement au financement du projet minier du Lac Knife, situé à 27 km au sud de Fermont, dont l'exploitation produirait un concentré de graphite cristallin à haute teneur. Le gisement du Lac Knife, détenu à 100 % par Focus Graphite, se classe parmi les meilleurs au monde de par sa teneur en carbone graphitique de 15 % ainsi que par la taille et la pureté de ses cristaux. Les études métallurgiques ont démontré la capacité de produire uniquement par flottation (sans procédés de purification) un concentré de graphite cristallin à haute teneur contenant 98 % de carbone (moyenne pour les cristaux >200 mesh). Cette haute teneur du concentré initial (98 % C) permet de réduire de beaucoup les coûts élevés associés à la purification thermique ou hydrométallurgique nécessaire pour produire du graphite à une teneur > 99,95 % C, teneur requise pour la fabrication des piles et des batteries au lithium-ion ou des produits électroniques. C'est le grand avantage du Lac Knife par rapport à d'autres gisements.

La société entend tirer profit de la haute teneur de son concentré du Lac Knife. En début d'année, elle a annoncé qu'elle allait entreprendre une étude de faisabilité pour un projet d'usine de transformation de concentré de graphite située à Sept-Îles. Le projet vise la purification du concentré et la production de produits de graphite à valeur ajoutée à partir du concentré du Lac Knife ou provenant d'autres sources. Focus Graphite vise à produire du graphite sphérique revêtu, lequel est utilisé dans les marchés en émergence des batteries lithium-ion pour les véhicules électriques ou des batteries d'accumulateur, et du graphite expansé qui est utilisé dans les appareils électroniques portables (téléphones intelligents, tablettes, ordinateurs portables).

Focus Graphite prévoit devenir un producteur de concentré de graphite grâce au projet Lac Knife, avec des coûts de production parmi les plus bas, et s'est positionné pour le futur en tant que société minière de technologies vertes.

SÉANCE 6

Apatite et ilménite au Québec : un potentiel de classe mondiale

Stéphanie Lavaure (Arianne Phosphate)

Dans le domaine des minéraux industriels, la viabilité économique d'un gîte ne dépend pas seulement de la quantité ou la qualité de ses ressources, mais également des particularités du marché visé. La nécessité de dénicher un client, pour garantir la valeur du produit, ajoute un paramètre important à l'équation économique entourant la réussite de la mise en exploitation de ce type de gisement.

Pour l'apatite, le marché est principalement dépendant de la demande mondiale en fertilisants, elle-même contrôlée par la croissance démographique et les changements de régime alimentaire des pays émergents. La demande en roche phosphatée, qui ne cesse d'augmenter (2-3 % par année), conjuguée à une prise de conscience environnementale entraine une demande de plus en plus grande pour le phosphate de haute pureté, telle l'apatite d'origine ignée. Ceci en fait donc un minéral important pour l'Amérique du Nord, et plus particulièrement pour le Canada, fortement dépendant des importations depuis la fermeture en 2013 de sa dernière mine en exploitation (Kapuskasing).

Le Québec, en raison de la géologie particulière du Grenville, peut favorablement se positionner pour l'exploitation de minerai de haute qualité, contenant très peu de contaminants. Le gisement de Mine Arnaud et celui d'Arianne Phosphate sont d'ailleurs en voie de devenir des exploitations de premier plan dans ce domaine. Tout laisse également croire que de nombreux autres dépôts d'apatite pourraient y être découverts au cours des prochaines décennies.

Pour l'ilménite, le marché a subi de plein fouet la crise économique de 2008 et peine encore à s'en relever. Néanmoins, l'utilisation du titane dans les secteurs aéronautique, aérospatial et militaire ainsi que dans les domaines de la chimie et de la pétrochimie en font un minéral considéré stratégique par de nombreux gouvernements.

Le plus gros gisement d'ilménite au monde se situe au Havre-Saint-Pierre (Lac Tio, Rio Tinto). Un autre gisement d'importance, le projet BlackRock (Métaux BlackRock), est à un stade avancé de son développement. De plus, l'ilménite est souvent présente comme sous-produit potentiel dans les gisements d'apatite québécois. Tout comme pour l'apatite, le contexte géologique du Québec laisse penser que de futurs gisements d'ilménite pourraient y être trouvés dans les prochaines décennies.

Pour ces raisons, le Plan Nord considère la mise en valeur de l'apatite et de l'ilménite comme prioritaire au cours des cinq prochaines années. Le Québec, avec sa géologie unique, pourrait ainsi se positionner comme un acteur incontournable sur ces marchés.

SÉANCE 6

Les terres rares : du minerai aux applications

Alain Rollat (Global Business Unit Special Chem - Groupe Solvay)

En 2011, les médias européens et américains découvraient que des éléments chimiques jusque-là inconnus du grand public, les terres rares, étaient indispensables à nos économies et, plus précisément, à l'industrie des hautes technologies. La raison de cet intérêt médiatique inattendu est connue : la Chine qui concentre 95 % de la production mondiale en terres rares venait d'imposer une réduction très importante de ses quotas d'exportation, créant de ce fait une crise dans la disponibilité de ces éléments.

Mais que se cache-t-il derrière ce nom insolite et en quoi ces éléments sont-ils indispensables à de nombreuses technologies clés des pays développés? La réponse à ces questions nécessite de comprendre :

- les caractéristiques physico-chimiques fondamentales des lanthanides;
- les spécificités du marché des terres rares et celui de leurs applications;
- les procédés d'élaboration des matériaux à base de terres rares.

Le groupe Solvay, un des leaders mondiaux de la purification et de la formulation des composants à base de terres rares depuis plus de 50 ans, est le seul acteur ayant une unité globale de séparation hors Chine. Après avoir investi sur ses sites de Saint-Fons et de La Rochelle dans des unités de recyclage des terres rares contenues dans les lampes à économie d'énergie, Solvay propose aujourd'hui aux nouveaux acteurs miniers de traiter leurs concentrés sur son site de La Rochelle.

SÉANCE 9

L'or dans les métasédiments détritiques terrigènes du Rhyacien (2300-2050 Ma)

Marc Bardoux (Barrick Gold Corporation)

Le Rhyacien est une période géologique et métallifère unique. À la suite d'une première période glaciaire globale (la « boule de neige » huronienne), l'atmosphère et l'hydrosphère terrestres s'oxydent (érosion et oxydation des sulfures) alors que les fragments archéens du premier supercontinent (l'Atlantica) convergent et qu'une biosphère spécifique s'établit en marge cratonique (Gabon). Dans une partie de l'Atlantica, de très vastes provinces ignées (LIPs) se développent pendant qu'en périphérie, de gigantesques bassins sédimentaires clastiques (plusieurs fois la taille de l'Amazone) se forment en marge des masses archéennes. La convergence de ces masses et la stratification des sédiments rhyaciens favorisèrent la création des premières chaînes orogéniques plurikilométriques. Plus du tiers de l'or rhyacien se trouve dans des plis faillés de grandes dimensions à l'intérieur de ces sédiments. Lors du métamorphisme des sédiments, l'important volume de fluides produits permet la mobilisation de leur contenu en S, en Au, en As et en autres métaux diagénétiques qui seront piégés dans l'encaissant. Quelques rares intrusions (alkalines) se sont mises en place dans ces sédiments. Nous examinerons des gisements de bassins rhyaciens transatlantiques (Birimien, Guyanais) et nous nous demanderons si cet or est strictement d'origine mantélique. Ce métallotecte est systématiquement présent dans les ceintures de roches vertes précambriennes les plus fertiles du monde.

SÉANCE 9

Exploration aurifère dans les roches métasédimentaires archéennes : contraintes et outils dérivés de la pétrologie métamorphique appliquée

Peter H. Thompson (Thompson Geological Consulting) et Marc Bardoux (Barrick Gold Corporation)

Même si plusieurs spécialistes en géologie économique acceptent l'idée que le métamorphisme est un processus minéralisateur, l'application des données et des concepts métamorphiques comme outils d'exploration n'est pas monnaie courante. Toute méthodologie basée sur le métamorphisme devrait pourtant être un élément-clé dans la recherche de gîtes aurifères dans les roches métasédimentaires archéennes.

La cartographie des caractéristiques métamorphiques, sur des dizaines de kilomètres dans les terranes orogéniques et sur des dizaines de millimètres en lame mince, est le fondement de la pétrologie métamorphique appliquée. Combinées aux concepts élaborés pour expliquer l'origine des roches métamorphiques, les données métamorphiques s'avèrent utiles en exploration aurifère, en imposant notamment des contraintes importantes quant au contexte géologique et au moment où la minéralisation aurifère s'est mise en place ainsi qu'en délimitant les voies de circulation potentielles des fluides.

La mise en place de l'or dans les roches métasédimentaires se produit durant la sédimentation chimique et clastique et la diagenèse (*or sédimentaire*) et durant l'orogenèse (*or métamorphique*). La pétrologie métamorphique appliquée est un outil qui permet de voir à travers les effets du métamorphisme et de la déformation, afin de reconstruire les lithologies prémétamorphiques et les environnements de mise en place de l'*or sédimentaire* et de déterminer les assemblages de roches favorables. Les données métamorphiques permettent de circonscrire les conditions de pression (profondeur) et de température ainsi que la composition des fluides qui prévalaient durant le métamorphisme de même que la durée et la chronologie des processus relatifs à la déformation, au plutonisme et à la formation de gîtes d'*or métamorphique*. La cartographie des limites des zones métamorphiques à l'échelle d'un district et des anomalies métamorphiques d'envergure kilométrique (ou moindre) peut définir des zones de circulation anomale des fluides métamorphiques, aidant ainsi à prioriser les cibles d'exploration.

Remobilisé et concentré par le métamorphisme régional et la déformation à l'Archéen, l'*or sédimentaire* est une source probable de l'*or métamorphique* dans les roches métasédimentaires de la Province des Esclaves. La perspective offerte par la pétrologie métamorphique appliquée s'avère nécessaire pour expliquer l'origine du gisement d'or de Meadowbank au Nunavut, où l'on retrouve de l'*or métamorphique* protérozoïque dans des roches métasédimentaires archéennes.

SÉANCE 9

La mine Éléonore : un gisement d'or de classe mondiale, métamorphisé et encaissé dans des wackes (<2675 Ma), Eeyou Istchee Baie-James, Québec, Canada

Arnaud Fontaine (INRS-ETE), Benoît Dubé (CGC-Q), Michel Malo (INRS-ETE), Vicki McNicoll (CGC-O), Tony Brisson, Eric Fournier (Goldcorp, Éléonore) et Jean Goutier (MERN)

La mine Éléonore est la première mine d'or de classe mondiale à Eeyou Istchee Baie-James : réserves de 4,10 millions d'onces d'or (teneur de 9,63 g/t) et ressources de 4,03 millions d'onces d'or (teneur de 6,49 g/t). Situé à quelques kilomètres au sud du contact entre les sous-provinces d'Opinaca (paragneiss, migmatites et intrusions) et de La Grande (socle tonalitique, ceintures volcano-sédimentaires et intrusions), le gisement est majoritairement encaissé dans des wackes (<2675 Ma). La minéralisation principale se caractérise par plusieurs corridors plurimétriques NNO-SSE formant une enveloppe subverticale d'une largeur de 70 à 80 m et d'une extension verticale d'au moins 1,4 km. Ces corridors, partageant une signature métallique similaire à Au-As-Sb-W-Bi-Sn-Mo, comprennent des styles de minéralisation variés, incluant : i) un réseau de veinules et de veines de quartz-dravite-arsénopyrite-pyrrhotite en association avec des zones de remplacement à quartz-microcline-phlogopite-arsénopyrite (zone *Roberto*); ii) des veines de quartz-diopside-schorl-löllingite-arsénopyrite associées et/ou des zones de silicification et/ou des brèches hydrothermales à microcline et des veines de quartz-actinolite (zones *Roberto-Est* et *Hanging-wall*); iii) des schistes à biotite et à actinolite (*zone du Lac*) et iv) des zones de remplacement à phlogopite, à actinolite et à diopside (*zone du Nord*). L'empreinte hydrothermale proximale du gisement se caractérise par des valeurs élevées des ratios K_2O/Na_2O, Rb/Cr et SiO_2/Na_2O ainsi que par des anomalies positives en B et négatives en Ba.

À l'échelle régionale, la séquence sédimentaire encaissante comprend quatre unités stratigraphiques. À la base, un conglomérat polygénique (<2702 Ma) repose en discordance sur la Formation de Kasak (laves cousinées et tufs à lapilli, 2704 Ma). Dans le secteur du gisement, une séquence de wacke massif (<2714 Ma) et de roches sédimentaires pélitiques à aluminosilicates (<2697 Ma)

est en contact structural avec un wacke finement lité (<2675 Ma), hôte de la majorité des zones aurifères. Celui-ci se situe dans le mur d'un chevauchement d'orientation NNO-SSE. La cartographie sous terre indique : i) un contrôle important de cette structure précoce D_1 lors de la mise en place de la majeure partie de la minéralisation (*Roberto* et *Roberto-Est*) et ii) sa déformation lors des phases D_2 et D_3. Orienté originellement NNO-SSE, comme le contact entre les deux sous-provinces dans le secteur de la mine, ce chevauchement a probablement influencé la formation et la préservation du gisement lors de l'exhumation du centre migmatique de l'Opinaca.

Les attributs texturaux de la zone *Roberto*, incluant : i) la recristallisation; ii) la présence de porphyroblastes de phlogopite, de veines subparallèles de quartz ± feldspath (localement à texture saccharoïde) et de löllingite, confirment que le gisement a enregistré un métamorphisme prograde (faciès des amphibolites) qui se manifeste localement par des zones de paragneiss à haute teneur en or. Le métamorphisme (650-750 °C et 5-6 kbars), syn- à tardi-D_2, est discordant au système hydrothermal aurifère et est spatialement associé à la mise en place d'intrusions et de dykes granitiques pegmatitiques (datés entre 2617 à 2600 Ma). À l'échelle régionale, ces roches magmatiques sont l'hôte de minéralisation aurifère (tonalite de Cheechoo et pegmatites) suggérant plusieurs phases de minéralisation ou de remobilisation. Ces roches intrusives sont plus jeunes que la migmatisation (environ 2672 à 2637 Ma) de la Sous-province d'Opinaca. Des intrusions pré-D_2 sont également présentes (diorite du Lac Ell, monzonite et dykes à porphyre de feldspath).

Bien que déformés et métamorphisés, les corps minéralisés de la mine Éléonore présentent des analogies avec ceux de nombreux gisements d'or archéens encaissés dans des séquences sédimentaires : proximité du contact entre deux sous-provinces; roches encaissantes (<2675 Ma) situées dans la partie supérieure de la séquence stratigraphique; altération potassique; localisation dans une charnière de pli; signature métallique; gradient métamorphique; présence de conglomérat.

SÉANCE 9

Géologie des minéralisations aurifères associées aux formations de fer rubanées du Bouclier canadien : l'exemple des gisements de classe mondiale Musselwhite (Ontario) et Meadowbank (Nunavut)

Sébastien Castonguay (CGC-Q), William Oswald, Vivien Janvier (INRS-ETE), Benoît Dubé, Patrick Mercier-Langevin (CGC-Q), Vicki McNicoll (CGC-O) et Michel Malo (INRS-ETE)

Les gîtes d'or associés aux formations de fer rubanées (FFR) représentent une cible d'exploration importante du Bouclier canadien septentrional. Les gisements Musselwhite (Ontario) et Meadowbank (Nunavut) ont été étudiés dans le cadre de l'Initiative géoscientifique ciblée (IGC) afin de mieux définir les contrôles géologiques, l'empreinte hydrothermale et les vecteurs d'exploration de ce style de minéralisation.

Le gisement Musselwhite est encaissé dans des FFR polydéformées et métamorphisées au faciès des amphibolites au sein de la ceinture de roches vertes mésoarchéennes de North Caribou (Province du Supérieur). Trois phases de déformation archéenne ont créé des patrons d'interférence de plis complexes. Le minerai se présente le plus souvent sous forme de zones de remplacement riches en pyrrhotite et de zones d'imprégnation en quartz à l'intérieur d'un faciès silicaté riche en grenat-grunérite. Associées à des couloirs de forte déformation D2, les zones aurifères sont concentrées dans les charnières et les flancs amincis des plis P2. Les relations stratigraphiques et structurales ainsi que de nouvelles datations U-Pb indiquent que la séquence du gisement est inversée dans un pli P1 déversé kilométrique, fortement repris par D2. Ce schéma structural a influencé la distribution et la géométrie des FFR et constitue un vecteur d'exploration régional.

Le gisement Meadowbank est encaissé dans des roches polydéformées et métamorphisées (faciès des schistes verts à amphibolites) appartenant au Groupe de Woodburn Lake d'âge néoarchéen (Province de Churchill). Mise à part la déformation cryptique archéenne, quatre phases de structures transhudsoniennes (Protérozoïque) sont documentées, incluant deux séries de plis isoclinaux et de failles (D1 et D2) et des plis tardifs. La minéralisation aurifère encaissée dans la FFR est associée à des zones riches en pyrrhotite ± pyrite avec traces de chalcopyrite et d'arsénopyrite ainsi qu'à de la grunérite. Des filons de quartz-pyrrhotite ± pyrite riches en or sont localement présents dans les roches volcanoclastiques altérées en séricite ± chlorite. La majeure partie de la minéralisation se retrouve le long de failles D1 et a été remobilisée et déformée par D2. Les données géochronologiques indiquent que la zone de failles de Meadowbank sépare deux assemblages

lithologiques d'âges distincts (2717 et 2711 Ma). Une telle discontinuité pourrait constituer un métallotecte régional.

Les gisements étudiés se retrouvent dans des contextes géologiques complexes où les zones minéralisées sont associées à des contrastes de compétence et à l'anisotropie de roches hôtes fortement réactives aux fluides hydrothermaux. L'influence des diverses phases de plissement et des zones de failles doit aussi être prise en compte pour la mise en place ou la remobilisation de la minéralisation aurifère.

SÉANCE 9

Minéralisations aurifères orogéniques dans les roches sédimentaires – exemple des gisements du district d'Otago en Nouvelle-Zélande et implications génétiques

Damien Gaboury (UQAC-LAMEQ)

À l'exception des ceintures archéennes, les districts aurifères majeurs sont communément associés aux roches sédimentaires. Au Québec, les Appalaches offrent un territoire d'exploration immense pour les minéralisations orogéniques. Néanmoins, les succès ont été mitigés, peut-être en raison du manque de guides précis. La ceinture de schistes d'Otago en Nouvelle-Zélande est composée de trois nappes sédimentaires mésozoïques formées dans des prismes d'accrétion. Le district aurifère d'Otago a fait l'objet de nombreux travaux scientifiques en raison 1) de l'âge récent des gisements (100 à 140 Ma), 2) des différents faciès métamorphiques (prehnite-pumpellyite aux schistes verts supérieurs) imprimés sur des assemblages similaires de roches sédimentaires et 3) de l'absence de magmatisme. Plus de 200 veines de quartz aurifères, dispersées dans un district d'environ 65 000 km^2, ont généré historiquement 240 tonnes d'or, à partir principalement d'exploitations alluviales. Outre les veines, la mine Macraes exploite un cisaillement aurifère à faible pendage (15°), épais (<50 m) et connu sur plus de 30 km. Ce gisement de classe mondiale renferme >300 tonnes d'or, soit plus que la production historique du district. Cette distribution spatiale, où le gisement géant est noyé dans un bruit de fond d'indices et de gîtes, n'est pas unique et démontre la nécessité de mieux comprendre les processus minéralisateurs pour guider l'exploration. À cette fin, quarante-cinq échantillons couvrant l'entièreté du district ont été étudiés pour caractériser les fluides minéralisateurs. Les inclusions fluides sont essentiellement aqueuses (82-100 %) sur l'ensemble du district avec peu de CO_2 (< 13 %) et des proportions plus faibles de H_2 (<7,9 %), de N_2 (< 1,4 %), de CH_4 (< 1,12 %), de C_2H_6 (< 0,44 %) et de H_2S (< 0,03 %). Génétiquement, des études ont démontré que la source de l'or pour le district d'Otago provient des pyrites primaires qui libèrent de l'Au et du HS^- lors de leur conversion métamorphique en pyrrhotite. Ces pyrites sont associées aux shales, des roches riches en matière organique. L'éthane (C_2H_6) est l'ultime traceur de la contribution des shales en profondeur pour générer les fluides métamorphiques et leur enrichissement en or. Le C_2H_6 est surtout présent dans les inclusions fluides des veines situées dans le nord du district, correspondant au terrane de Torlesse, hôte du gisement Macraes. Ces résultats démontrent l'importance d'une source fertile en or en profondeur, notamment des shales pyriteux, dans la formation des gisements orogéniques de classe mondiale.

SÉANCE 9

Nouveaux développements dans la métallogénie des Appalaches

Georges Beaudoin (UL) et Michel Malo (INRS-ETE)

Du point de vue de la métallogénie, les Appalaches de l'est du Québec et du Nouveau-Brunswick sont surtout connues pour leurs minéralisations de sulfures massifs volcanogènes de type felsique-silicoclastique d'âge ordovicien et celles associées aux porphyres et aux skarns (Cu-Au) d'âge dévonien. Une plus grande variété de types de gîtes est maintenant documentée dans cette région. En voici un aperçu.

À l'Ordovicien précoce à moyen, dans le Groupe de Fournier au Nouveau-Brunswick, un environnement de bassin arrière-arc juvénile engendre des sulfures massifs volcanogènes cuprifères de type mafique (gîte Turgeon). Les sédiments pélitiques en milieu profond et sub-oxique du bassin arrière-arc sont accompagnés par la formation de sulfures massifs à Pb-Zn-Ag dans des lentilles de pyrrhotite massive (gîte Nicolas-Denys). Ces gîtes sont ensuite déformés durant l'orogenèse taconique. Au Silurien, les minéralisations en cuivre du gîte de Transfiguration sont associées à des lits rouges continentaux dans la Formation de Robitaille. Ces minéralisations sont associées à des périodes de surrection dans des conditions arides, où des fluides oxydés dérivés des lits rouges sus-jacents forment la minéralisation par mélange avec des fluides réducteurs issus de la réaction avec les roches riches en matière organique dans le socle cambro-ordovicien. Dans les volcanites mafiques du Mont-Alexandre, la minéralisation à cuivre natif argentifère résulte de l'infiltration d'eau de mer chaude et oxydante en contexte de spilitisation de la croûte océanique. Au Dévonien, des roches basaltiques et dacitiques formées dans un environnement d'arc volcanique d'affinité calco-alcaline encaissent des minéralisations aurifères de type épithermal à séricite-adulaire à épithermal neutre au Dôme de Lemieux. Les veines épithermales du Dôme de Lemieux sont recoupées par une minéralisation en Cu-Fe(±Au) plus jeune, qui est apparentée aux gîtes de type cuivre-or-oxydes de fer (IOCG) du Mont-de-l'Aigle. Durant la déformation acadienne, les grandes failles de décrochement sont spatialement associées à des minéralisations aurifères de style orogénique épizonal, comme à Sainte-Marguerite, le long de la faille de Sainte-Florence. À Saint-André-de-Restigouche, une minéralisation disséminée à Au-As-Sb-Hg de type Carlin se trouve à proximité de la faille du Grand Pabos.

SÉANCE 10

Innovation dans le financement minier : l'approche de Redevances Aurifères Osisko

Bryan A. Coates (Redevances Aurifères Osisko)

Actuellement, le financement de toutes les phases de développement des sociétés minières présente des défis importants.

Cette présentation discutera du financement des sociétés minières dans le contexte actuel et de l'approche de Redevances Aurifères Osisko qui favorise le développement minier au Québec.

SÉANCE 10

Mise en valeur de la prochaine grande mine de métaux usuels au Canada

Mark Selby (Royal Nickel Corporation)

Il est impératif de maintenir une conjoncture favorable et d'explorer des structures de financement non traditionnelles pour réussir à faire avancer un projet de métaux usuels de grande envergure dans le contexte actuel du marché des métaux. Le projet nickélifère Dumont de Royal Nickel Corporation continue de faire des progrès au niveau du montage financier qui réunira plusieurs composantes, y compris des sources de financement traditionnelles et non traditionnelles. Trois principaux facteurs sont responsables de la progression continue de Dumont : 1) les paramètres fondamentaux du marché du nickel sont très positifs à moyen et à long terme; 2) Dumont est un projet de longue durée à faible coût, où tous les principaux permis sont déjà en place; et 3) Dumont est situé dans la région de l'Abitibi au Québec, l'une des meilleures juridictions minières au monde.

Les partenaires financiers potentiels du projet Dumont comprennent que le marché du nickel est confronté à une pénurie structurelle à long terme. Cette pénurie prévisible est largement attribuable au déclin de la production de nickel primaire en Chine et au fait que les investissements pour de nouveaux projets de nickel ont chuté après que le marché ait atteint un sommet en 2007. Actuellement, Dumont est l'un des très rares projets de nickel de grande envergure dont la production pourrait démarrer au cours des prochaines années. Cet état de fait, jumelé à l'emplacement du projet dans une juridiction politiquement stable où l'énergie est accessible à faible coût et les infrastructures critiques sont déjà en place, fait de Dumont une opportunité de développement hautement prioritaire.

SÉANCE 10

Comment bien appuyer nos fleurons miniers d'aujourd'hui et de demain

Dany Pelletier (Caisse de dépôt et placement du Québec)

Après une décennie de forte croissance, le secteur minier québécois connait des moments plus difficiles depuis 2010. Dans ce contexte, plusieurs questions méritent qu'on s'y attarde :

- Comment assurer l'émergence et la croissance des fleurons miniers québécois d'aujourd'hui et de 2030?
- Sur quoi doit-on miser pour garantir la réussite des sociétés minières en phase d'exploration?
- Quelles sont les conditions essentielles requises pour assurer la réalisation des projets?

Cette présentation portera sur les éléments clés pour garantir la pérennité et le succès du secteur, tout en mettant l'accent sur les jeunes minières qui seront à la barre des projets phares de 2030.

La présentation permettra de dresser un portrait actuel, notamment lié au financement, et d'en connaitre plus, à travers des exemples concrets, sur la vision de la Caisse en matière d'appui aux sociétés.

En tant qu'investisseur de long terme, la Caisse de dépôt et placement du Québec couvre toutes les phases de financement du secteur minier, de l'exploration à la production, en passant par le développement et la construction.

SÉANCE 10

Étude de cas du financement du projet Renard en 2014 : 1 G$ CA pour la première mine de diamants au Québec

Matt Manson (Stornoway Diamonds)

Cette présentation portera sur la façon dont le projet de financement de 946 M$ CA[1] de Stornoway Diamonds Corporation a été structuré et exécuté pour le projet diamantifère Renard, en voie de devenir la première mine de diamants au Québec. Le financement était unique en son genre, en ce fait qu'il impliquait la négociation et la clôture, en simultané, de plusieurs éléments interreliés, notamment 347 M$ CA en placements publics et privés de titres de participation, un prêt de premier rang de 120 M$ CA, 81 M$ US en débentures convertibles, une facilité de financement pour l'équipement de 35 M$ US, 250 M$ US pour le premier accord d'écoulement de diamants au monde et 48 M$ CA en facilités en cas de dépassements de coûts. Conçu de façon à couvrir l'ensemble des coûts du projet, des éventualités, des provisions pour l'inflation, des coûts d'exploitation capitalisés et des besoins en fonds de roulement, le financement a été soigneusement structuré afin d'offrir des taux de rendement équilibrés pour toutes les différentes composantes du montage financier. Le financement du projet Renard constitue un modèle pour les cas où le financement requis pour développer un projet minier représente un multiple de la capitalisation boursière du promoteur du projet. Toutefois, l'exécution d'une telle opération nécessite également d'aligner très étroitement les intérêts et les objectifs de chacune des parties impliquées dans le financement et, dans la mesure du possible, de réduire les risques associés au projet. Le financement a été grandement facilité par les efforts consentis en amont par l'équipe d'exploitation de Stornoway pour obtenir toutes les autorisations règlementaires requises, pour terminer les infrastructures d'accès critiques, pour pleinement optimiser toutes les études sur la construction et l'exploitation minière et pour bâtir un fort consensus social et un solide partenariat de travail avec les Cris d'Eeyou Istchee. Tout cela, à son tour, a été rendu possible grâce au soutien constant des principales parties prenantes de Stornoway, spécifiquement son plus grand actionnaire Investissement Québec, et au lancement en temps opportun du Plan Nord. La réalisation du financement en juillet 2014 et la qualité des travaux préparatoires ont permis au projet Renard d'avancer de façon efficiente jusqu'à l'étape de la construction et d'aller de l'avant, l'objectif étant d'atteindre la production commerciale d'ici le deuxième trimestre de 2017 en respectant le coût de réalisation prévu de 811 M$ CA et l'échéancier planifié.

(1) : selon un taux de change de 1,10 $ CA : 1,00 $ US.

SÉANCE 11

Comportement mécanique du remblai minier après sa mise en place dans le chantier : étude des interactions remblai-roche

Tikou Belem, Nabassé Jean-Frédéric Koupouli, Khadija El Mahboub (UQAT) et Patrice Rivard (Université de Sherbrooke)

Malgré les retombées importantes que l'industrie minière québécoise génère, elle engendre également un potentiel de pollution vis-à-vis de l'environnement, surtout lorsqu'il s'agit des rejets solides entreposés en surface (génération d'acidité ou de drainage neutre contaminé). L'utilisation d'une partie des rejets de concentrateur (jusqu'à 50 %) sous terre sous forme de remblai en pâte cimenté (RPC) permet de réduire cet impact environnemental potentiel, tout en participant au support secondaire des terrains. La conception d'un système de remblayage souterrain repose sur le respect de certains critères afin d'éviter toute rupture du RPC pouvant entraîner des dégâts matériels ou des dommages corporels. Le grand défi est d'assurer à la fois une bonne stabilité des chantiers remblayés exposés verticalement ou longitudinalement et une réduction du coût des opérations de remblayage. Grâce aux travaux de recherche déjà réalisés dans ce sens, il est possible de formuler la bonne recette de mélange de RPC permettant d'atteindre la résistance mécanique requise pour la stabilité. Toutefois, pour un rejet de concentrateur d'une mine donnée, cette formulation repose exclusivement sur les valeurs théoriques de résistances requises du RPC en compression et en flexion, valeurs calculées à partir de l'analyse de stabilité par équilibre limite (Mitchell *et al.*, 1982).

Le RPC est un matériau très complexe en continuelle évolution, depuis sa préparation à l'usine de remblai, lors de son transport et après sa mise en place dans les chantiers souterrains ouverts. En effet, il est souvent observé que pour une même recette de RPC coulé en chantier souterrain et dans des moules au laboratoire, la résistance du RPC *in situ* était de trois à six fois supérieure à celle du RPC en moules. Malgré les incertitudes, on peut affirmer que cette différence de performance est due aux contributions de la température de cure sous terre, à la consolidation gravitaire du RPC, aux interactions à l'interface remblai/roche de même qu'au champ de contraintes dans les chantiers remblayés qui dépend de la géométrie et de la fracturation du massif rocheux encaissant. La présentation passera en revue tous les aspects mécaniques évoqués, en mettant l'emphase sur l'état des connaissances existantes et des connaissances nouvellement acquises à la suite d'essais exhaustifs de laboratoire réalisés à l'UQAT ces dernières années.

Référence

MITCHELL, R.J. – OLSEN, R.S. – SMITH, J.D., 1982 – Model studies on cemented tailings used in mine backfill. Canadian geotechnical journal, 1982, volume 19, No. 1, pages 14-28.

SÉANCE 11

Études de l'interaction entre le remblai et les structures encaissantes pour une conception plus fiable des barricades

Li Li (École Polytechnique de Montréal)

L'industrie minière est un secteur important pour le développement économique du Québec. De nos jours, le secteur minier est de plus en plus sécuritaire pour les travailleurs québécois. Toutefois, le taux d'accidents y reste encore plus élevé que dans d'autres industries.

Le remblayage sous terre est une pratique courante dans l'industrie minière pour fournir une plateforme ou un espace de travail plus sécuritaire aux travailleurs. Le remblayage des vides après l'extraction des roches minéralisées permet de réduire la dilution et la perte de minerai et d'assurer une stabilité globale du terrain. L'utilisation des résidus miniers comme un matériau de base pour la fabrication des remblais permet de diminuer la quantité des résidus miniers déposés en surface, menant à une réduction de l'impact environnemental des activités minières. Par conséquent, le remblayage souterrain est reconnu comme une pratique favorisant un développement durable de l'industrie minière.

L'application de cette technique requiert la construction de barricades dans les galeries d'entrée pour retenir les remblais en place. Des cas récents de rupture de barricades indiquent que la conception de ces dernières reste encore problématique. Cela présente un danger imminent pour la santé et la sécurité de l'ensemble des travailleurs dans les mines où se pratique le remblayage souterrain.

Pour fournir à l'industrie minière un outil de conception de barricades plus sécuritaire et plus fiable, il est nécessaire d'approfondir nos connaissances sur l'interaction entre le remblai et les structures encaissantes (parois rocheuses et barricades).

Dans cette présentation, l'état des connaissances sur la conception des barricades sera brièvement exposé, avant d'aborder l'avancement de nos études sur l'estimation des pressions dans les chantiers remblayés et dans la galerie d'accès, une composante déterminante pour la conception des barricades.

SÉANCE 11

La mesure des contraintes *in situ* – 35 ans de recherche à Polytechnique Montréal

Robert Corthésy et Maria Helena Leite (École Polytechnique de Montréal)

La conception sécuritaire et optimale des excavations souterraines requises pour l'exploitation minière nécessite une bonne connaissance de la distribution des contraintes naturelles dans les massifs rocheux. De nos jours, la modélisation numérique est devenue le principal outil de conception des excavations souterraines, lequel permet l'évaluation du facteur de sécurité qui les caractérise. Ces modèles requièrent une connaissance du champ de contraintes naturelles, qui est tout aussi important que les paramètres caractérisant la résistance du massif rocheux. À ce jour, la seule façon de connaître ces contraintes avec une justesse acceptable consiste à réaliser des mesures *in situ* afin d'évaluer le champ de contrainte moyen présent dans un volume où il est toujours variable.

Cette présentation aborde les principales avancées dans le domaine des mesures de contraintes effectuées au Laboratoire de mécanique des roches de Polytechnique Montréal depuis 35 ans, plus particulièrement les équipements et procédures de terrain ainsi que les méthodes d'interprétation des mesures.

En ce qui concerne les équipements et procédures de terrain, la technique du *Doorstopper* modifié résulte de l'évolution de la cellule originalement proposée par Leeman en 1967 et repose aujourd'hui sur un module d'acquisition programmable de deuxième génération basé, entre autres, sur la communication sans fil qui permet l'acquisition d'un très grand nombre de données sur le terrain.

Parallèlement à ces avancées dans les procédures et équipements de terrain, des progrès importants ont été faits dans le traitement des données recueillies. Au fil des ans, des modèles de calcul permettant de tenir compte de l'anisotropie de déformabilité de la roche, de son comportement non linéaire, du fluage et de son hétérogénéité ont été développés. Récemment, une approche basée sur la méthode inverse qui permet l'utilisation de l'ensemble des données recueillies sur le terrain afin d'augmenter la fiabilité des résultats a été mise au point et est en phase de validation.

Le fil conducteur des recherches menées dans le domaine de la mesure des contraintes *in situ* à Polytechnique Montréal a toujours été de proposer des solutions qui puissent s'appliquer de façon concrète. Ceci nous a permis de mesurer des contraintes dans des contextes géomécaniques diversifiées, et ce, dans de nombreuses mines au Québec. Citons en exemple les premières mesures dans le pergélisol en Amérique, des mesures dans des massifs de très mauvaise qualité présentant des RQD quasi nuls et des mesures à grande profondeur, là où les contraintes peuvent causer le discage des carottes de forage.

SÉANCE 11

Optimisation de la caractérisation des propriétés du roc intact de projets miniers à l'aide d'analyses statistiques

Catherine Boudreau, Martin Grenon et Geneviève Bruneau (UL)

La conception des ouvrages miniers souterrains repose sur une caractérisation géotechnique du massif rocheux. Les propriétés du roc intact sont évaluées au laboratoire selon les recommandations prescrites par la Société internationale de mécanique des roches. Lors d'essais en laboratoire, il est suggéré de tester un nombre minimal de spécimens par type de roche. Néanmoins, la variabilité, l'hétérogénéité et l'anisotropie du massif rocheux rendent parfois difficile l'établissement de valeurs représentatives de ces paramètres. Une campagne d'essais géomécaniques doit également répondre à des contraintes pratiques et financières. À l'aide d'une étude de cas réalisée sur un site minier au Québec, cet exposé présente une méthodologie permettant de lier directement les résultats d'analyses statistiques des données de laboratoire à des niveaux de connaissance cible pour les données géotechniques, et ce, à toutes les étapes d'un projet minier.

SÉANCE 11

Évaluation du potentiel de glissement le long des failles dans les mines à activité sismique

Hani Mitri et Atsushi Sainoki (Université McGill)

Les événements sismiques reliés au glissement le long des failles qui se produisent dans les mines souterraines peuvent infliger d'importants dommages aux ouvertures souterraines. Ainsi, une évaluation adéquate du potentiel de glissement le long des failles dans les secteurs en exploitation est d'importance capitale pour assurer la sécurité dans les mines et pour éviter les délais de production. Les grands événements sismiques prennent souvent naissance loin des chantiers en cours d'abattage, pourtant ils y causent d'importants dommages. Cette présentation se penche sur les événements sismiques reliés aux glissements se produisant dans l'éponte inférieure de la mine Garson à Sudbury au Canada. Il est postulé que des variations dans la résistance au cisaillement à l'intérieur de la zone de cisaillement contribuent à la génération d'un fort potentiel de glissement, entraînant des événements sismiques. La méthodologie peut être utilisée de concert avec une rétro-analyse des microséismes enregistrés afin de déterminer les propriétés mécaniques de la zone de cisaillement ciblée, de façon à mieux évaluer le futur potentiel de glissement le long des failles.

SÉANCE 11

Stratégies de contrôle des terrains pour les mines souterraines avec activités sismiques

Denis Thibodeau (Stantec)

La demande de minerai combiné à l'épuisement des gisements de surface donne lieu à l'exploitation de gisement de plus en plus profond, ce qui entraîne un tenseur de contraintes élevé. La présentation révisera les phénomènes et les hasards causés par les variations de contrainte dues à l'extraction du minerai. Nous verrons également comment atténuer les risques associés aux variations de contrainte d'une manière stratégique et tactique.

SÉANCE 12

La formation des gîtes de sulfures magmatiques : n'avons-nous rien appris de nouveau ces 25 dernières années?

Nicholas T. Arndt (Université Joseph Fourier, Grenoble)

La formation des gîtes de sulfures magmatiques de Ni-Cu est directement liée à l'interaction entre les magmas mafiques-ultramafiques et les roches de la croûte continentale. Cette interaction diminue la solubilité des sulfures dans le magma et/ou augmente la quantité de soufre pour générer un liquide sulfuré immiscible. Les éléments fortement chalcophiles, comme le Ni, le Cu et les EGP, sont concentrés dans la phase sulfurée. Si celle-ci s'accumule en quantité suffisante et à des teneurs suffisamment élevées, il y a formation d'un gisement. La plupart des modèles proposent que les gouttelettes de sulfures se séparent et s'accumulent à partir d'un magma qui circule rapidement dans des conduits. Toutefois, ces modèles « à flux élevé » sont en contradiction avec les observations suivantes. Plusieurs zones de minerai semblent s'être mises en place sous forme de brèches magmatiques (Norilsk-Talnakh en Russie; Aguablanca en Espagne) ou de bouillies de cristaux (Jinchuan en Chine) contenant une forte proportion de sulfures. De telles mixtures sont très denses et ne pourraient pas avoir migré en ascension à travers la croûte à partir d'une chambre de formation plus profonde. Dans les gisements d'Uitkomst et de Platreef en Afrique du Sud, des écrans de roches sédimentaires ayant conservé la même orientation que les strates sédimentaires adjacentes séparent les couches de cumulats ultramafiques, dont certaines renferment des quantités abondantes de minerai sulfuré. Cette géométrie suggère que la bouillie ultramafique et les sulfures se sont infiltrés dans la séquence sédimentaire, remplaçant des strates moins résistantes. Ces caractéristiques peuvent être expliquées si les masses de magma enrichies en sulfures se sont accumulées à des niveaux supérieurs dans le système de conduits magmatiques, puis se sont affaissées. La plupart des intrusions mafiques-ultramafiques ne se différencient pas sur place, mais prennent de l'expansion par le biais de l'injection de magmas de compositions et de cristallinités différentes. Les magmas très mafiques, particulièrement ceux chargés de cristaux ferromagnésiens et de sulfures, ont des densités très

élevées et s'injectent dans les parties inférieures des intrusions en croissance tandis que les magmas moins denses, plus évolués et/ou enrichis en plagioclases, sont injectés à des niveaux supérieurs. Plusieurs intrusions associées à des gîtes sont encaissées dans des conduits en pente (bordures inclinées). Pour un magma en ascension le long de ce conduit, la bouillie plus dense enrichie en sulfures-inclusions-cristaux s'accumule près de la bordure inférieure, tandis qu'un liquide silicaté pauvre en sulfures-cristaux s'élève dans la partie supérieure. Ce processus différencie le magma, produisant des liquides décantés évolués qui remontent et font éruption, tandis qu'un coulis riche en sulfures devient périodiquement instable et s'affaisse le long du conduit. Le magma interagit avec les sulfures glissant dans la partie inférieure du conduit, enrichissant ainsi les sulfures en métaux chalcophiles. Cette interprétation, si elle s'avère juste, nécessite une réévaluation des critères géologiques employés pour localiser les gisements dans les systèmes magmatiques. Les flux élevés sont associés au magma décanté circulant en ascension dans le système, tandis que la formation de zones minéralisées est le résultat de l'écoulement intermittent vers le bas de bouillies de sulfures. Pour comprendre ces processus, une cartographie détaillée en 3D des conduits magmatiques s'avère nécessaire.

SÉANCE 12

Le complexe lité mafique-ultramafique de Yacouba (2,09 Ga) – hôte du prochain camp minier en métaux de base de classe mondiale en Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire)?

Marc-Antoine Audet (Sama Nickel), Christian Picard (Université de Franche-Comté, Besançon-Université Joseph Fourier, Grenoble) et Gnamba Gouedji (Sama Nickel)

Le complexe lité mafique-ultramafique de Yacouba a été récemment découvert grâce aux travaux d'exploration réalisés par Sama Resources depuis 2009 dans le district de Bounta-Yorodougou, dans l'ouest de la Côte d'Ivoire. Le complexe de Yacouba se compose de couches de dunite, de webstérite, de gabbro, de gabbronorite, de diorite, d'anorthosite et d'unités de gabbro-anorthosite riches en magnétite. Ces roches intrusives se sont mises en place dans l'assemblage gneissique et granulitique de la Dorsale archéenne de Man (3,5–2,7 Ga). Le complexe peut être suivi de façon discontinue le long d'un corridor orienté NE-SO, sur une distance d'au moins 30 km de long par au moins 10 km de large, et semble ouvert dans toutes les directions.

Le complexe de Yacouba est caractérisé par son système nourricier ultramafique à mafique (péridotites, pyroxénites, chromitites et quelques gabbros ou gabbronorites) qui recoupe verticalement l'assemblage de roches archéennes. Il comprend aussi une succession subhorizontale d'assemblages noritiques à anorthositiques dans les secteurs de Yepleu et de Guezonpleu, près du village de Bounta, couvrant une superficie d'au moins 25 km^2.

Toutes les successions litées, qu'elles soient subverticales ou subhorizontales, contiennent également des couches de chromite massive, reconnues en surface à plus de six endroits différents à l'intérieur du secteur à l'étude.

Il semble que les roches ultramafiques et mafiques du complexe encaissent des sulfures de Ni-Cu (principalement de la pyrrhotite-pentlandite et de la chalcopyrite) et des disséminations de minéraux de Pt et de Pd (tellurures de bismuth, sulfarséniures, etc.).

Les datations U-Pb sur des zircons et des rutiles ont attribué un âge paléoprotérozoïque (2,09 Ga) au complexe de Yacouba (Gouedji *et al.*, 2014), un âge soutenu par de récents travaux sur des

grains de monazite recristallisée recueillis dans des charnockites résiduelles interlitées dans le secteur de Bounta, qui ont livré des âges de 2,8 à 2,1 Ga, l'âge plus tardif étant relié à l'intrusion de la séquence du complexe de Yacouba (Picard, en prép.). Des analyses isotopiques du soufre suggèrent une origine mantellique pour la pyroxénite minéralisée. Des études sur les minéraux métamorphiques (principalement la saphirine) observés dans la zone de contact entre le gneiss et le gîte Samapleu Extension 1 suggèrent que le complexe s'est mis en place en profondeur, dans la croûte archéenne inférieure à des conditions granulitiques à amphibolitiques (P = 7,5 kbars et T = 850 °C). Ainsi, il est proposé que la fusion partielle de segments de croûte continentale archéenne, incluant des jotunites enrichies en sulfures, lors de l'intrusion pourrait être responsable des processus essentiels d'immiscibilité des liquides sulfurés à l'origine des corps minéralisés en Ni-Cu-EGP découverts.

Une analyse comparative avec des gisements de Ni-Cu de classe mondiale bien documentés, dont ceux de Voisey's Bay et de Jinchuan, montre d'importantes similitudes avec la minéralisation en Ni-Cu-EGP à Samapleu. Le secteur de Bounta-Yorodougou pourrait devenir le prochain camp minier en métaux de base de classe mondiale en Afrique de l'Ouest.

Référence

GOUEDJI, F. – PICARD, C. – COULIBALY, Y. – AUDET, M.-A. – AUGÉ, T. – GONCALVES, P. – PAQUETTE, J.-L. – OUATTARA, N., 2014 – The Samapleu mafic-ultamafic intrusion and its NI-CU-PGE mineralization: an Eburnean (2.09 Ga) feeder dyke to the Yacouba Layered Complex (Man Archean craton, Western Ivory Coast) ; Bull. Soc. Geol. Ft., t. 185, No. 6, pages 373-392.

SÉANCE 12

Le gisement de Ni-Cu-Cr-EGP de la mine Nkomati du Complexe de Uitkomst en Afrique du Sud : effondrement de boues magmatiques chargées de silicates-sulfures-chromites sur une éponte dolomitique en voie de dévolatilisation

Wolfgang D. Maier (Cardiff University, Royaume-Uni), Steve Prevec (Rhodes University, Afrique du Sud), Sarah-Jane Barnes (UQAC) et Tafadzwa Gomwe (Val-d'Or)

Le Complexe d'Uitkomst en Afrique du Sud est une intrusion litée mafique-ultramafique de forme tubulaire, d'une largeur et d'une hauteur d'environ 1 km par plus de 12 km de longueur. Il est l'hôte de l'un des plus grands gisements de Ni-Cu en Afrique du Sud, soit celui de Nkomati. Le magma s'est mis en place dans la partie basale du Supergroupe du Transvaal; les roches encaissant l'intrusion sont des dolomies, des schistes argileux et des quartzites. Plusieurs lentilles de sulfures massifs sont présentes dans le mur de quartzite immédiat, alors que les gabbros et les péridotites dans la partie inférieure de l'intrusion renferment d'importantes quantités de sulfures disséminés d'intérêt économique. En raison principalement de sa forme et de sa composition chimique, l'intrusion avait d'abord été interprétée comme un conduit magmatique. Les nouvelles données en éléments traces et les ratios isotopiques pour le Nd montrent de fortes similitudes avec les zones Inférieure et Critique du Complexe du Bushveld, suggérant une filiation magmatique commune pour les intrusions. Étant donné la similitude avec le Complexe du Bushveld quant aux compositions, il est proposé que le magma parent d'Uitkomst est issu du manteau lithosphérique sous-continental (SCLM). Par ailleurs, le magma d'Uitkomst a été contaminé *in situ* par des roches encaissantes dolomitiques et possiblement pélitiques, tel que suggéré par les valeurs fortement négatives en $\delta^{34}S$ et les valeurs localement élevées en $\delta^{18}O$ obtenues dans la partie inférieure de l'intrusion riche en xénolites. La contamination a aussi ajouté du Pd (et du Cu) au magma, de telle sorte que les sulfures présentent des ratios Pt/Pd plus faibles et des ratios Cu/Ni plus élevés que dans les reefs du Bushveld. La libération substantielle de matières volatiles et l'élimination des roches dolomitiques du plancher qui en a suivi ont joué un rôle déterminant dans la formation du gisement, en provoquant une concentration hydrodynamique des boues de cristaux riches en sulfures et en chromites.

SÉANCE 12

La ceinture de roches vertes mésoarchéennes de Vénus, au Nunavik : une succession komatiitique fertile en Ni-Cu-EGP dans le nord-est de la Province du Supérieur

François Huot (UL), Michel Houlé (CGC-Q), Vital Pearson et Paul Archer (Redevances Aurifères Osisko)

La ceinture de roches vertes mésoarchéennes de Vénus (*Venus Greenstone Belt* : VGB), située dans la partie nord de la Sous-province de La Grande (Province du Supérieur), comprend une succession de roches volcano-sédimentaires métamorphisées au faciès des amphibolites inférieures. Son extension latérale est connue sur une distance d'au moins 15 km et son épaisseur apparente maximale est d'environ 5 km. La ceinture, considérée comme une entité du Complexe de Gayot, comprend deux assemblages lithologiques principaux. L'assemblage inférieur, daté à environ 2880 Ma et structuralement juxtaposé à la Suite tonalitique de Favard, est composé de roches volcaniques et sédimentaires intermédiaires à felsiques d'affinité calco-alcaline injectées par des sills et des dykes komatiitiques différenciés (*Lower Komatiite Unit* : LKU). L'assemblage supérieur consiste en une épaisse séquence de basaltes tholéitiques interdigités avec de minces coulées de basaltes komatiitiques à texture de spinifex (*Upper Komatiite Unit* : UKU). La limite entre les deux assemblages lithologiques est marquée par des niveaux exhalatifs riches en sulfures et en quartz.

L'unité LKU est composée de péridotites (<43 % MgO), localement à texture de cumulats à olivines serpentinisées et harrisite, de pyroxénites et de gabbros considérés comme étant des intrusions. Cette interprétation est basée sur l'absence de texture volcanique, la présence de bordures de refroidissement au contact et la nature par endroits discordante avec les roches encaissantes qui ont subi un métamorphisme de contact et un métasomatisme. D'autre part, la présence de basaltes magnésiens et de basaltes komatiitiques localement coussinés et de brèches volcaniques appuie une origine extrusive pour les roches ultramafiques très finement grenues de l'unité UKU. La ceinture VGB est un excellent exemple où des magmas komatiitiques se sont mis en place aussi bien sous forme d'intrusions que de laves dans une succession volcano-sédimentaire à caractère bimodal felsique-mafique similaire à d'autres ceintures de roches vertes archéennes (p. ex., Abitibi, Agnew-Wiluna).

Au moins treize indices minéralisés en Ni-Cu-EGP sont associés au dyke Nancy et à des sills subconcordants de l'unité LKU. La minéralisation, observée dans les roches ultramafiques et les autres lithologies adjacentes, se présente sous forme de sulfures disséminés et semi-massifs et, plus rarement, de lentilles massives discontinues. Les teneurs élevées en métaux (>20 % Ni et 20 g/t EGP; recalculées à 100 % sulfures) combinées aux intrusions komatiitiques riches en MgO qui montrent des évidences d'interaction et de contamination avec les roches encaissantes contenant du soufre témoignent du potentiel de la ceinture VGB pour les minéralisations de Ni-Cu-EGP.

SÉANCE 12

La diversité de la minéralisation en Ni-Cu-EGP de la suite intrusive du « Ring of Fire » en Ontario : évolution d'un système nourricier komatiitique

Michel Houlé (CGC-Q), C. Michael Lesher, Naghmeh Farhangi, Heather Carson (Université Laurentienne), Riku Metsaranta (OGS), Vicki McNicoll (CGC-O) et Anne-Aurélie Sappin (CGC-Q/UL)

Située dans la ceinture de roches vertes de McFaulds Lake, dans le nord de l'Ontario, la suite intrusive mafique-ultramafique du Ring of Fire (SIRoF), dont l'âge est d'environ 2734 Ma, est reconnue pour ses ressources exceptionnelles en chromite, qui s'établissent présentement à plus de 285,8 Mt à 31,5 % Cr_2O_3. Elle renferme néanmoins d'autres métaux, notamment des minéralisations en Ni-Cu-EGP et en Fe-Ti-V. La SIRoF a été subdivisée en deux sous-suites : une sous-suite à prédominance ultramafique (incluant les complexes intrusifs de Black Thor [CIBT] et de Double Eagle [CIDE]) qui renferme des minéralisations en Cr-(EGP) et en Ni-Cu-(EGP) et une sous-suite à prédominance mafique (incluant les intrusions de Butler et de Thunderbird) qui renferme des minéralisations en Fe-Ti-V.

Les complexes intrusifs de Black Thor et de Double Eagle sont des intrusions assez grandes et de forme allongée, qui sont exposées en surface sur une distance latérale d'environ 15 km par une largeur maximale d'environ 3 km. Les intrusions ont une affinité komatiitique, avec d'épaisses séquences inférieures ultramafiques et de minces portions supérieures de composition mafique. Elles renferment plusieurs différents types de minéralisation en Ni-Cu-EGP, principalement dans la séquence ultramafique. Les types de minéralisation en Ni-Cu-EGP comprennent : (1) une minéralisation riche en sulfures de type conduit dans les systèmes nourriciers (Eagle's Nest, AT-12); (2) une minéralisation riche en sulfures de type contact le long du contact basal de l'intrusion (contact basal du CIBT, AT-12 Extension); (3) une minéralisation disséminée de type stratiforme, pauvre en sulfures, dans les horizons de chromitite (Black Label, Black Thor); (4) une minéralisation disséminée de type stratiforme, riche en sulfures mais pauvre en EGP dans les gabbros fractionnés de la portion mafique (dans le CIBT); (5) une minéralisation de type bréchique riche en sulfures associée à l'intrusion, dans le CIBT, d'une webstérite contemporaine ou plus

jeune (zones de brèches au SO, au centre et au NE du CIBT); et (6) une minéralisation riche en sulfures de type remobilisation tectonique et hydrothermale le long des zones de cisaillement (dans la zone de transition entre les portions ultramafiques et mafiques du CIBT).

Le CIBT et le CIDE représentent des filons-couches d'écoulements nourriciers à prédominance ultramafique, où les sections inférieures ultramafiques ont été produites par des influx répétés de magmas komatiitiques accompagnés par la cristallisation de cumulats riches en Ol±Opx±Chr et le fractionnement d'un liquide résiduel, ce qui a produit une séquence litée comportant, de la base au sommet, des couches interlitées de dunite-harzburgite, d'harzburgite-webstérite-chromitite et de webstérite-gabbro. Après la mise en place initiale, mais avant la cristallisation complète, une intrusion de webstérite cogénétique a réactivé le conduit nourricier et traversé la partie basale du CIBT. Le CIBT a par la suite été recoupé par des dykes tardifs de composition gabbroïque et tonalitique à biotite. La grande diversité des types de minéralisation en sulfures de Ni-Cu-EGP au sein de ces complexes témoigne de la nature dynamique et de la génération de minéralisation sulfurée sur toute la durée de vie du système magmatique : minéralisation magmatique précoce riche en sulfures; minéralisation sulfurée à l'intérieur du conduit et le long du contact basal; minéralisation magmatique intermédiaire dans les horizons de chromitite et le gabbro supérieur; minéralisation sulfurée tardi-magmatique associée aux brèches magmatiques; et finalement, minéralisation sulfurée post-magmatique associée à la remobilisation tectonique et hydrothermale le long des zones de cisaillement.

SÉANCE 13

Agnico Eagle dans l'Arctique canadien

Guy Gosselin (Mines Agnico Eagle)

Mines Agnico Eagle est une société aurifère canadienne d'envergure internationale qui exerce ses activités d'exploitation au Canada, au Mexique et en Finlande. Elle mène également des activités d'exploration au Canada, en Europe, en Amérique latine et aux États-Unis. Depuis sa fondation en 1957, dans la ville minière de Cobalt en Ontario, la société a connu une croissance considérable. Elle emploie aujourd'hui 6 600 personnes et a produit 1,4 million d'onces d'or en 2014.

La stratégie de la société est de se concentrer sur des actifs de haute qualité dans des régions à faible risque. Au cours des dix dernières années, grâce à son programme de développement, Agnico Eagle est passée d'un producteur exploitant une seule mine, à un producteur aurifère international exploitant plusieurs mines. Elle possède aujourd'hui huit mines au Canada, en Finlande et au Mexique ainsi qu'un vaste portefeuille de projets d'exploration.

Depuis son ouverture en 1988, la mine LaRonde, située en Abitibi, au Québec (Canada), a été le moteur de développement de l'entreprise, produisant environ 4,9 millions d'onces d'or, en plus d'une quantité importante de sous-produits, incluant l'argent, le cuivre, le zinc et le plomb. Le succès de la mine LaRonde a permis à l'entreprise de relever de nouveaux défis, de développer les mines Goldex et Lapa et d'acquérir un intérêt de 50 % dans la mine Canadian Malartic.

Parallèlement à son expansion dans la région de l'Abitibi, Agnico Eagle a commencé son développement à l'international avec la mise en production de la mine Kittila dans le nord de la Finlande et de la mine Pinos Altos au Mexique en 2009. Par la suite, se sont ajoutées les mines Creston Mascota (en production depuis mars 2011) et La India (en production commerciale depuis 2014).

En quête d'une quatrième plate-forme d'exploitation, Agnico Eagle a fait un pas important dans le territoire du Nunavut, dans l'Arctique canadien, en se portant acquéreur du projet Meadowbank en 2007, puis du projet Meliadine en 2010. L'acquisition en 2013 de nouveaux droits miniers sur un territoire vierge à 50 kilomètres au nord-ouest de la mine Meadowbank a mené à la découverte des gisements d'Amaruq. Moins de deux ans après le jalonnement, ces derniers contiennent maintenant 2,0 millions d'onces d'or en ressources présumées.

Ces trois propriétés – Meadowbank, Meliadine et Amaruq – représentent l'engagement d'Agnico Eagle envers la région faiblement peuplée de Kivalliq au Nunavut, dans l'Arctique canadien, où elle ne fait pas que simplement produire de l'or, mais y développe des compétences uniques en exploration, en processus de demande de permis, en développement, en construction et en exploitation minière, en formation ainsi qu'en relations auprès des communautés.

SÉANCE 13

Les défis du projet Renard

Patrick Godin (Stornoway Diamonds)

Les défis du développement d'un projet minier, notamment en matière d'infrastructure, d'ingénierie et de construction, sont aujourd'hui très nombreux, qu'ils soient d'ordre technique, social, environnemental ou financier, et ce, à toutes les étapes que doit franchir ce projet. Cela est d'autant plus vrai lorsque ce dernier se situe dans une région isolée, et cette tâche devient colossale lorsque la société qui le développe n'est pas déjà un producteur minier. Le financement devient alors un enjeu clé, particulièrement dans le contexte minier actuel.

La présentation portera donc sur les nombreux défis auxquels a fait face Stornoway Diamonds au cours du développement de son projet diamantifère Renard. Nous nous pencherons également sur les étapes en cours de même que sur les étapes à franchir pour devenir le premier producteur de diamant du Québec et un important producteur de diamant à l'échelle mondiale.

SÉANCE 13

L'exploration à la Baie-James : quelques ingrédients du succès

Mathieu Savard (Redevances Aurifères Osisko)

Les projets d'exploration en milieu nordique comportent souvent des défis supplémentaires en matière de logistique et de coûts par rapport aux projets dans des camps miniers établis, d'où une augmentation des risques inhérents à l'exploration. En contrepartie, les connaissances géologiques y sont incomplètes et le potentiel minéral y demeure énorme.

Pour une société d'exploration œuvrant à la Baie-James, dans le Nord québécois, la découverte de gisements comme Éléonore ou Coulon constitue un succès du point de vue de l'exploration. Au-delà des caractéristiques géologiques, d'autres éléments tels que la conjoncture favorable, les financements opportuns, l'objectif, la persévérance, l'innovation ainsi que les partenariats ont joué un rôle, parfois insoupçonné, dans la découverte d'Éléonore et de Coulon. La présentation dressera un historique détaillé des succès en matière d'exploration pour le gisement Coulon. Une attention particulière sera portée aux divers contextes économiques, corporatifs, stratégiques et, bien sûr, géoscientifiques qui étaient présents avant, pendant et après la découverte des différentes lentilles de métaux de base formant ce gisement.

SÉANCE 13

Éléonore : d'hier à aujourd'hui

Martin Duclos (Goldcorp, Éléonore)

Pour Goldcorp, le Québec se positionne parmi les meilleures juridictions minières au monde, avec un environnement politique et fiscal stable, un grand choix de professionnels talentueux et un éventail complet de services techniques et miniers.

La mine Éléonore est issue d'un partenariat d'affaires solide avec la nation crie de Wemindji et la communauté jamésienne. La signature de l'entente Opinagow constitue un précédent important qui respecte le territoire, la culture, les traditions et les préoccupations environnementales de la nation crie et assure que celle-ci tire un maximum de bénéfices de l'exploitation d'Éléonore. Goldcorp a maintenant des ententes de collaboration en place avec les Premières Nations du Canada pour l'ensemble des territoires où elle détient des installations minières.

Entre 2011 et 2014, Goldcorp a investi environ 2 G$ pour construire la mine Éléonore, faisant de ce projet une pierre angulaire dans le développement de la filière aurifère. Éléonore fait donc partie intégrante de la stratégie de croissance de l'entreprise. Selon les réserves actuelles estimées, le potentiel exceptionnel de ce gisement offre une durée de vie d'au minimum 15 ans. Il est prévu qu'il produise de 500 000 à 600 000 onces d'or par année lors de l'atteinte de la pleine capacité de production et que le site emploie entre 900 et 1 000 personnes.

Éléonore, c'est un site moderne et hautement sécuritaire, à la fine pointe de la technologie et où les plus hauts standards seront exigés pour préserver la santé et la sécurité des travailleurs et assurer le plus grand respect des règles environnementales. Goldcorp entend non seulement maintenir son statut de leader en environnement minier au Québec, mais aussi protéger sa ressource la plus précieuse : les gens.

SÉANCE 14

Les minéralisations magmatiques de Ni-Cu-EGP au Canada : un éventail d'âges et d'environnements magmatiques, volcaniques et tectoniques

C. Michael Lesher (Université Laurentienne) et Michel Houlé (CGC-Q)

Les minéralisations de Ni-Cu-EGP au Canada se retrouvent associées à une grande diversité d'âge (du Néoarchéen au Crétacé), de composition du magma parental (des komatiites magnésiennes aux diorites quartzifères), de contexte (volcanique, subvolcanique ou plutonique) et de géométrie des unités encaissantes (conduits de lave, coulées en nappes canalisées, filons-couches, dykes et plutons). On compte des gîtes associés à des komatiites magnésiennes volcaniques (Alexo, Langmuir) et subvolcaniques (Dumont, Sothman) mis en place à l'Archéen; des gîtes associés à des komatiites subvolcaniques pauvres en magnésium (Thompson, McFauld's Lake), des basaltes komatiitiques volcaniques (Raglan) et subvolcaniques (Expo Ungava), des roches plutoniques picritiques (Voisey'sBay) et des diorites quartzifères concentrées sur un site d'impact (Sudbury) mis en place au Protérozoïque; des intrusions subvolcaniques associées à des basaltes d'épanchement datant du Trias (Wellgreen); et des complexes plutoniques zonés et composites datant du Jurassique et du Crétacé (Turnagain, Giant Mascot). Les gîtes sont présents dans une variété de systèmes dynamiques : conduits de lave (Raglan), coulées en nappes canalisées (Alexo), filons-couches canalisés (Sothman, Thompson) et dykes nourriciers (Eagle'sNest, Mequillon, Voisey'sBay). Les contextes tectoniques couvrent la gamme des rifts continentaux aux marges convergentes, en passant par les marges continentales. Le degré de préservation varie de pratiquement non métamorphisé et non déformé (Voisey'sBay, partie nord du camp de Sudbury) à faiblement métamorphisé avec une déformation très localisée (Alexo, Raglan), puis à un métamorphisme de degré moyen avec une déformation localement importante (partie sud du camp de Sudbury, Redstone) et finalement à un métamorphisme de forte intensité avec de rares domaines non déformés (Thompson).

Les gîtes archéens montrent des ratios Ni/Cu/EGP élevés et sont souvent à haute teneur, mais typiquement à faible tonnage. Par contre, les

gîtes protérozoïques présentent des ratios Ni/Cu/EGPP et des teneurs intermédiaires, mais forment des gîtes à fort tonnage. Les gîtes phanérozoïques sont très variables. De façon générale, ils ont des ratios Ni/Cu/EGPP intermédiaires et des teneurs basses, mais peuvent avoir des tonnages relativement importants. Ces différences sont attribuables aux variations dans le mode de mise en place et le contexte géologique. Les magmas komatiitiques magnésiens à l'Archéen avaient une viscosité beaucoup plus faible. Ils se sont mis en place dans des conditions plus dynamiques qui ont permis aux liquides sulfurés d'origine crustale de s'équilibrer avec de plus grandes quantités de magma, mais ont eu accès à de plus petites quantités de S crustal, résultant en des teneurs élevées et des tonnages faibles. Les magmas picritiques et de basaltes komatiitiques au Protérozoïque avaient notamment accès à de plus grandes quantités de S crustal, mais leur viscosité étant plus élevée, ils se sont mis en place dans des conditions moins dynamiques, de telle sorte que les liquides sulfurés d'origine crustale ont pu s'équilibrer avec de plus petites quantités de magma, résultant en des tonnages plus élevés, mais des teneurs plus basses. Les gîtes phanérozoïques étaient moins dynamiques et/ou avaient accès à de plus petites quantités de S crustal, résultant plus souvent en une quantité moindre de sulfures et des teneurs plus basses. La majorité des sulfures montrent des compositions de S isotopique et/ou des ratios S/Se variables et non magmatiques et semblent être issus de l'incorporation de sulfures crustaux par la fusion plutôt que par l'assimilation. Le mode de mise en place des liquides sulfurés d'origine crustale fait toujours l'objet de débats dans certains endroits. Dans la plupart des cas, ils semblent avoir été générés au même niveau stratigraphique et, moins couramment, avoir été transportés vers le haut (moins probable) ou vers le bas (plus probable).

La majeure partie de la production de Ni-Cu-EGP au Canada provient de gîtes situés dans des contextes protérozoïques en extension au sein de systèmes hautement dynamiques, où les magmas ont eu la possibilité d'interagir avec des roches encaissantes riches en S, et ce, peu importe la composition du magma et le contexte tectonique et volcanique.

SÉANCE 14

Utilisation de la géochimie comme vecteur de la minéralisation en Ni-Cu-EGP dans la Fosse du Labrador au Nunavik (Québec) : étude de cas de la propriété Idéfix

Christine Vaillancourt et Ian Bliss
(Northern Shield Resources)

Les filons-couches de Montagnais – Fosse du Labrador, région du Nunavik, Québec – sont très favorables pour les minéralisations en Ni-Cu-EGP. L'étendue des systèmes magmatiques mafiques-ultramafiques (500 x 50 km) pose des défis pour l'exploration. De plus, malgré la présence de nombreux indices de Ni-Cu-EGP, la région n'a pas véritablement fait l'objet d'exploration systématique.

La méthode d'exploration basée sur la géochimie élaborée par Northern Shield permet de séparer les filons-couches de Montagnais en phases distinctes, dont une seule semble être systématiquement fertile en Ni-Cu-EGP. Cette phase possède également des caractéristiques propres aux grands gisements. Grâce à cette discrimination, Northern Shield a pu concentrer ses travaux d'exploration sur des secteurs plus restreints, y compris sa propriété Idéfix située dans le nord de la Fosse du Labrador.

En utilisant les résultats d'analyse géochimique de plus de 3 000 échantillons de roches prélevés dans les filons-couches de Montagnais, Northern Shield a reconnu au moins deux phases distinctes d'intrusion gabbroïque. Les meilleurs résultats en Ni-Cu-EGP sont systématiquement obtenus dans le gabbro de type Idéfix, qui présente des textures cumulus et de fortes évidences de fractionnement à l'intérieur du filon-couche. Selon les travaux de cartographie, la majorité des filons-couches de Montagnais sont décrits comme des « gabbros régionaux », qui ne sont pas fractionnés et qui présentent une texture subophitique. Ces filons-couches sont probablement des intrusions de haut niveau, certaines portions pouvant même être extrusives. Ces gabbros ne renferment pas de minéralisation importante en Ni-Cu-EGP. De plus, les ratios Cu/EGP démontrent systématiquement que les gabbros de haut niveau et les coulées mafiques sont appauvris en EGP relativement aux valeurs mantelliques, tandis que les gabbros de type Idéfix sont pour la plupart enrichis.

Après la découverte d'une importante minéralisation avec des teneurs atteignant 16 g/t Pt+Pd, la cible principale à Idéfix était les minéralisations en EGP de type stratiforme. Les travaux de forage et l'échantillonnage en surface ont permis de définir une véritable minéralisation de type stratiforme, avec des teneurs moyennes de 0,2 à 0,4 g/t EGP sur des épaisseurs de 16 à 34 mètres, pouvant être suivie sur une distance de 7 km. Toutefois, la présence de gros globules de sulfures enrichis en Ni-Cu-EGP dans chaque trou de forage réalisé le long de l'escarpement sur la propriété Idéfix suggère l'existence possible de sulfures massifs magmatiques à proximité, selon un modèle de type Noril'sk. Les globules peuvent atteindre jusqu'à 3 cm de diamètre et leur morphologie est remarquablement similaire à celle des globules observés à proximité des sulfures massifs à Noril'sk. Une analyse préliminaire des globules donne des teneurs de l'ordre de 2 % Ni, 4 % Cu et 20 g/t EGP.

Cette méthode d'exploration démontre comment de simples ratios géochimiques peuvent être utilisés : 1) pour faire la différence entre les phases gabbroïques; 2) pour déterminer les corps gabbroïques fertiles en EGP (et en Ni-Cu); 3) comme vecteur d'exploration pour les minéralisations en EGP de type stratiforme; et 4) pour distinguer les différents types de minéralisation en Ni-Cu-EGP dans les roches magmatiques mafiques.

SÉANCE 14

Le contenu en éléments traces des sulfures et des oxydes dans les gisements magmatiques de Ni-Cu-EGP et leurs implications pour la pétrogenèse et l'exploration

Sarah-Jane Barnes (CRCMM-UQAC)

Au cours des 15 dernières années, le perfectionnement des techniques d'analyse par ablation au laser et ICP-MS fait en sorte qu'il est maintenant possible de déterminer les concentrations en éléments traces des minéraux jusqu'au niveau des parties par milliard (ppb). Ces données ont été utilisées par la communauté scientifique pour résoudre des problèmes pétrogénétiques. Toutefois, le contenu en éléments traces peut aussi être utilisé pour l'exploration et l'exploitation de gîtes minéraux. Au LabMaTer à l'Université du Québec à Chicoutimi, nous sommes spécialisés dans la détermination du contenu en éléments traces des sulfures et des oxydes magmatiques. Notre approche consiste à étudier des exemples bien définis de chaque type de minéralisation, en considérant la texture des minéraux et en déterminant la composition de la roche totale et le contenu en éléments traces des minéraux. En combinant toutes ces données, il est possible de calculer le bilan massique et de déduire quel minéral contrôle quel élément, pour ensuite tenter de comprendre quel processus a joué un rôle au niveau du contrôle de chaque élément.

Les résultats de nos études pourraient s'appliquer autant à des échantillons moins connus qu'à des fractions de minéraux lourds tirées d'échantillons de till ou de sédiments de ruisseaux. Ils pourraient aussi évaluer l'efficience des procédés d'extraction. Le contenu en éléments traces des sulfures est particulièrement important pour l'exploitation minière de gisements de Ni et d'EGP, puisque les EGP peuvent se retrouver soit dans les sulfures, soit dans les minéraux du groupe du platine (MGP). Pour extraire ces métaux de façon efficiente, il est nécessaire de bien comprendre quel minéral contient quel EGP. Nous avons observé que dans la plupart des gîtes, 20 à 40 % du Pd est présent dans la pentlandite, le reste se retrouvant dans des MGP. La quasi-totalité du Pt se retrouve dans des MGP, bien que la pyrite puisse en contenir une petite quantité. Le Rh est principalement présent dans la pyrrhotite, la pentlandite et la pyrite alors que l'Os, l'Ir et le Ru se retrouvent dans la pentlandite

et la pyrrhotite. La chalcopyrite ne comprend que très peu d'EGP. Les sulfures peuvent être préservés dans les échantillons de till. Si la pyrite est présente dans une fraction de minéraux lourds et que cette pyrite contient du Rh ou du Pt, il pourrait s'agir d'un bon indicateur de la présence d'un gîte de Ni ou d'EGP à proximité. Par ailleurs, la pyrite associée aux gîtes magmatiques se distingue de celles issues d'autres sources au moyen du graphique Co/Sb versus Se/As. Il est aussi possible de différencier la pentlandite issue de gîtes d'EGP de type stratiforme de celle des gîtes de sulfures de Ni-Cu à partir du graphique Rh versus Pd.

Le contenu en éléments traces des oxydes s'avère aussi utile. Pour les oxydes de fer, il est possible de distinguer la magnétite issue d'intrusions litées, d'anorthosites, de granites, de gîtes de sulfures magmatiques et de gîtes hydrothermaux. Dans chaque cas, la stratégie d'exploration peut être adaptée à la cible. Par exemple, la magnétite provenant d'intrusions litées est une source de V, tandis que les oxydes associés aux anorthosites sont des sources de Ti et de P. Le contenu en éléments traces des chromites diffère en fonction de leur origine : manteau, boninites, komatiites, basalte de dorsale médio-océanique, intrusions litées et basaltes d'île océanique. En effet, les concentrations en éléments incompatibles augmentent des chromites du manteau jusqu'aux chromites des basaltes d'île océanique. Il est intéressant de noter que les chromites des roches volcaniques contiennent du Ru et du Rh, alors que les chromites des intrusions litées n'en contiennent pas, une information qui pourrait être utile en exploration.

SÉANCE 14

Le nickel en évolution : génération de sulfures riches en nickel et d'alliages nickélifères durant la serpentinisation dans le filon-couche de Dumont au Québec

Michelle Sciortino (Royal Nickel Corporation), Jim Mungall (Université deToronto) et Johnna Muinonen (Royal Nickel Corporation)

Le projet Dumont, situé dans la région de l'Abitibi, plus précisément à 25 km à l'ouest d'Amos (Québec), est l'hôte d'un gisement de sulfures de nickel de grande envergure (réserves de 1 179 Mt) et à basse teneur (0,27 % Ni), encaissé dans un filon-couche komatiitique zoné qui, par différenciation, comprend une zone ultramafique inférieure, composée de péridotite et de dunite, surmontée d'une zone mafique comportant des sous-zones de clinopyroxénite, de gabbro et de gabbro quartzifère. Depuis l'acquisition du projet en 2007, Royal Nickel Corporation (RNC) a fait avancer le projet au-delà de l'étape de la faisabilité. La minéralisation de sulfures et d'alliages de nickel disséminés est encaissée dans la sous-zone de dunite fortement serpentinisée du filon-couche de Dumont. Bien que la dunite renferme plusieurs niveaux enrichis en sulfures nickélifères primaires, qui ajoutent une valeur considérable au gisement, près de 47 % des ressources se composent de dunites serpentinisées contenant de l'awaruite et de la heazlewoodite, où le Ni était au départ contenu uniquement dans les minéraux silicatés. Dans les couches contenant des accumulations primaires de sulfures magmatiques, la serpentinisation s'est soldée par la remobilisation du nickel dans les grains d'olivine pour enrichir les cumulats de sulfures. Dans les couches ne contenant pas d'accumulations de sulfures primaires, la serpentinisation a été accompagnée par la formation d'awaruite, suivant la réduction du Ni initialement contenu dans l'olivine. La pentlandite ($[Ni,Fe]_9S_8$), la heazlewoodite (Ni_3S_2) et l'awaruite ($Ni_{2,5}Fe$) sont les principaux minéraux métalliques nickélifères et ceux-ci peuvent être récupérés par des méthodes conventionnelles (flottation, séparation magnétique). Du nickel non récupérable est aussi présent dans la serpentine et l'olivine de la gangue silicatée.

Un programme minéralogique détaillé comportant 1 420 analyses d'échantillons par QEMSCAN® et 4 400 analyses ponctuelles par microsonde

électronique a été entrepris afin de mieux comprendre la répartition du nickel dans les différentes phases récupérables et non récupérables ainsi que dans l'espace, à travers le gisement. Les assemblages qui sont complètement serpentinisés contiennent moins de nickel dans les silicates, des sulfures à plus haute teneur en nickel et plus d'awaruite modale, de telle sorte que la récupération est supérieure à celle des roches qui sont faiblement ou partiellement serpentinisées, ces dernières étant caractérisées par une plus grande quantité de nickel dans les silicates et des sulfures à plus basse teneur en Ni. Une bonne compréhension de la variabilité spatiale de la répartition du Ni dans les phases récupérables et non récupérables, au moyen de la minéralogie, s'est avérée déterminante pour comprendre le rendement métallurgique et ainsi réussir à aller chercher la valeur du gisement Dumont. L'exploration pour des gisements de nickel similaires, à fort tonnage et à faible teneur dans des roches ultramafiques, devrait cibler les adcumulats dunitiques formés par des magmas komatiitiques non fractionnés, qui ont subi une serpentinisation complète à des conditions de faible ratio eau-roche contrôlées par la diffusion.

SÉANCE 14

Les indices de Ni-Cu ± EGP du Domaine de Portneuf-Mauricie dans la Province de Grenville (Québec) : un exemple de minéralisation magmatique atypique mise en place dans un arc insulaire protérozoïque

Anne-Aurélie Sappin, Marc Constantin (UL) et Thomas Clark (URSTM-UQAT)

Le Domaine de Portneuf-Mauricie, situé dans la partie centre-sud de la Province de Grenville, est principalement composé de roches métasédimentaires et métavolcaniques appartenant au Groupe de Montauban (1,45 Ga), lesquelles sont recoupées par les plutons du Complexe de La Bostonnais (1,40–1,37 Ga). Cet assemblage se serait formé dans un environnement d'arc magmatique. La séquence a été injecté par des intrusions mafiques et ultramafiques, qui recèlent des indices de Ni-Cu ± EGP (éléments du groupe du platine) ainsi qu'une ancienne mine de Ni-Cu. Les intrusions minéralisées se sont mises en place dans un milieu d'arc insulaire mature entre 1,40 et 1,39 Ga, au niveau du front volcanique de l'arc. L'intrusion du Lac à la Vase fait cependant exception, puisqu'elle s'est formée dans un bassin d'arrière-arc. Les travaux de géochronologie et l'étude de l'environnement géodynamique associé à leur formation indiquent que ces intrusions appartiennent au Complexe de La Bostonnais.

La formation des intrusions hôtes des indices de Ni-Cu ± EGP a débuté avec l'injection de magmas primitifs tholéiitiques, hydratés et sous-saturés en sulfures dans une chambre magmatique inférieure. Ces magmas provenaient principalement de la fusion partielle d'une source mantellique métasomatisée qui était composée de lherzolite à spinelle, comme en témoignent les signatures d'éléments traces. Durant leur remontée, les magmas ont connu un épisode de cristallisation fractionnée et ont été saturés en sulfures à la suite d'interaction avec les roches encaissantes contenant, localement, du soufre. Deux principaux épisodes de saturation et de ségrégation des sulfures ont eu lieu. Le premier pourrait s'être produit dans des conduits en profondeur. Cette perte précoce d'une petite quantité de sulfures (moins de 0,1 % poids) a causé l'appauvrissement des magmas en métaux de base et, surtout, en métaux précieux. Le deuxième épisode de séparation des sulfures a probablement eu lieu dans la chambre magmatique inférieure. La formation de liquide sulfuré dans cette chambre a été suivie par des interactions entre magmas et sulfures qui ont causé l'enrichissement des sulfures en Ni, en Cu et en EGP. Par après, des injections de magmas primitifs dans la chambre inférieure ont partiellement remobilisé et transporté le liquide sulfuré vers des chambres magmatiques supérieures, formant ainsi les intrusions minéralisées du Domaine de Portneuf-Mauricie.

La présence d'autres indices minéralisés en Ni-Cu ± EGP (comme le gîte Renzy) mis en place dans des contextes d'arc magmatique semble indiquer que ces environnements inhabituels ont un potentiel pour l'exploration de minéralisations en Ni-Cu ± EGP dans la Province de Grenville.

RÉSUMÉS DES PHOTOPRÉSENTATIONS

G13 Le lexique stratigraphique du Québec – Un outil essentiel pour la communauté géoscientifique 47

G14 Compilation géologique de la région de la rivière Patapédia, Bas-Saint-Laurent 47

G15 Géologie des Appalaches du Québec : feuillet sud-ouest – régions de la Montérégie, des Cantons-de-l'Est, du Centre-du-Québec et de Chaudière-Appalaches 48

G16 Évolution tectonométamorphique des sous-provinces d'Opinaca et de La Grande, Province du Supérieur, Québec : avancées en thermobarométrie et géochronologie 48

G17 Minéralisation aurifère du gîte d'or orogénique Orfée, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) 49

G18 Typologie des minéralisations aurifères à proximité du contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca au sud du réservoir La Grande 3, Eeyou Istchee Baie-James 49

G19 Étude du contexte tectonométamorphique du Complexe de Laguiche, Sous-province d'Opinaca, Eeyou Istchee Baie-James 50

G20 Déformation polyphasée progressive entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca, secteur nord-est du craton du Supérieur : résultats préliminaires dans la région du lac Joubert 50

G21 Étude structurale et métamorphique du Complexe d'Attic (phase 2) : la région du lac Parent – Pluton de Josselin, Québec ... 51

G22 Minéralisation aurifère et déformation sur l'indice Malartic Lake Shore, Sous-province de l'Abitibi, Québec 51

G23 Caractérisation structurale, géochimique et pétrographique du contact entre les formations de Caste et de La Motte-Vassan : la Faille « Lac Malartic-Manneville Sud » Abitibi, Québec 52

G24 Caractéristiques lithologiques du Groupe de Piché et implications sur son origine, Abitibi, Québec 53

G25 Géologie du Groupe de Malartic et des groupes volcano-sédimentaires adjacents : bilan et perspectives 53

G26 Géologie des dépôts de surface au sud du lac Mistassini, Québec : résultats préliminaires 54

G27 Prospection glaciosédimentaire dans la région du lac Evans, Baie-James : échantillonnage de till et cartographie des dépôts quaternaires (SNRC 32K10, 32K11, 32K14, 32K15, 32N02 et 32N03) – Résultats préliminaires 54

G28 Géologie et potentiel économique du sud-ouest de la région du lac Nemiscau, secteur du lac Rodayer (SNRC 32K13, 32K14, 32N03 et 32N04-SE) 55

G29 Contexte géologique et structural de la région du lac Joubert, Eeyou Istchee Baie-James 55

G30 Géologie de la région du lac Villaret, Eeyou Istchee Baie-James : l'Opinaca sous un jour nouveau 56

G31 Présentation des données géophysiques publiées en 2015 56

G32 Géologie de la région du lac à l'Eau Jaune (SNRC 32G10) 57

Et

La recherche de SMV dans la région de Chibougamau : travaux récents et cibles d'exploration 57

G33 Inventaire des ressources en granulats des régions de Puvirnituq et d'Akulivik 58

G34 État des nouvelles compilations géoscientifiques au Québec 58

G35 Symboles et abréviations de la carte géoscientifique 59

G36 Les principales subdivisions géologiques du Québec 59

G37 Caractérisation des filons-couches mafiques et ultramafiques de la Zone de Gerido dans la région des lacs Qamaniik, Fosse du Labrador, Nunavik, Québec 60

G38 Observations pétrologiques et minéralogiques du corps minéralisé Ovoïde – gisement de sulfures de Ni-Cu de Voisey's Bay, Canada : implications pour la formation du corps minéralisé 60

G39 Signature isotopique Re-Os des laurites en inclusion dans les chromites du Stillwater (Montana, États-Unis) et identification des phases interstitielles enrichies en EGP 61

G40 Les éléments traces dans les sulfures magmatiques comme indicateur pétro génétique et outil d'exploration : qu'avons-nous appris des sulfures massifs des gisements de Pd du Lac des Iles (Ontario, Canada)? 61

G41 Effet de la cristallisation de la chromite sur le fractionnement de l'Os, de l'Ir, du Ru et du Rh dans les magmas picritiques sous-saturés en sulfures : exemple de la Grande province ignée d'Emeishan, sud-ouest de la Chine 62

G42 Caractérisation minéralogique d'indices platinifères dans la région des lacs Lacasse et Thévenet, partie nord de la Fosse du Labrador, Nunavik, Québec 62

G43 La Suite intrusive de Soisson : un prolongement potentiel de la Suite plutonique de Nain dans la partie ouest de la Zone noyau 63

G44 Les dépôts de Samapleu et de Yepleu – Complexe lité mafique-ultramafique de Yacouba (Côte d'Ivoire) : un nouveau type de dépôt à sulfures de Ni-Cu et à MGP? 63

G45 Le corridor de la route 167 : synthèse géologique et évaluation du potentiel minéral 64

G46 Quantifier l'altération hydrothermale : méthodes et données 65

G47 Caractérisation géochimique des minéraux indicateurs des gisements aurifères orogéniques et des sédiments glaciaires de la région de Val-d'Or, Québec 65

G48 Résultats préliminaires : les minéraux indicateurs des gîtes d'or orogéniques 66

G50 Caractérisation des terres rares dans les apatites du gisement de P-Ti du Lac à Paul, Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean 66

G51 L'or à travers le temps dans le district de Val-d'Or : du Mésoarchéen au Néoprotérozoïque! 67

G52 Les assemblages tourmaline-pyrite dans les minéralisations aurifères de la mine Lamaque, secteur de Val-d'Or, Québec 67

G53 Un modèle n'impliquant pas la tectonique des plaques pour le craton du Yilgarn en Australie occidentale – implications pour l'exploration et comparaisons avec le craton du Supérieur au Canada 68

G54 Hypercube® : nouvel outil pour l'étude du potentiel minéral 68

G55 Caractérisation d'une unité intrusive mafique-ultramafique litée et métamorphisée, Zone noyau, Province de Churchill Sud-Est, Nunavik 69

G56 Étude de la provenance des sédiments détritiques dans le nord de la Fosse du Labrador, Québec, Canada : contributions à partir de la géochimie des roches métasédimentaires, de la datation U-Pb des zircons détritiques et des analyses Sm-Nd 69

G57 Chronique d'un gabbro orbiculaire de la Fosse du Labrador 70

G58 Transect du Churchill SE : évolution tectonométamorphique et implications géodynamiques 70

G59 Historique de croissance crustale dans la Zone noyau : nouvelles contraintes liées aux datations U-Pb de zircons dans le cadre du projet GEM-II Hudson-Ungava 71

G60 Interprétation des nouvelles données aéromagnétiques et implications pour la géothermie dans le prolongement des unités radiogéniques sous la couverture de roches sédimentaires des Appalaches 71

G61 Nouvelles données sur la géologie de la ceinture volcano-sédimentaire des Escoumins et de son environnement (SNRC 22C05, 22C06 et 22C11) 72

G62 Ressources métalliques stratégiques du 21e siècle : le cycle naturel et anthropologique des métaux 72

G63 Le transfert des REE du Manteau au Bouleau : Exemple de la province protérozoïque de Grenville (Québec) 73

G64 Minéralisations en terres rares liées aux pegmatites peralumineuses tardi-orogéniques, Province de Grenville, Québec 73

G65 Impact d'un pluton anorthositique sur la structuration d'un chenal orogénique dans le Parautochtone au sud-ouest du réservoir Manicouagan, centre de la Province de Grenville, Québec 74

G66 Origine des roches quartzofeldspathiques à sillimanite du lac Manouane (Province de Grenville, La Tuque, Québec) 74

G67 Géologie de la région de Clova, Grenville ouest, Québec (SNRC 31O11, 31O12, 31O13, 31O14, 32B03 et 32B04) 75

G68 Géologie et potentiel économique de la région du lac Jeannin, Churchill Sud-Est (SNRC 24B) 76

G69 Le potentiel géologique du calcaire, de la dolomie et du marbre au Québec 76

G70 Géologie et potentiel économique de la partie nord de la Fosse du Labrador et de la Zone de Rachel-Laporte, région de Kuujjuaq (SNRC 24K) 77

G71 Géologie des dépôts de surface de la Province de Churchill Sud-Est : résultats préliminaires des campagnes d'échantillonnage et de cartographie de 2012 à 2015 78

G72 Prospection glaciosédimentaire dans la région de Clova, Province de Grenville ouest (SNRC 31O13, 31O14, 32B03 et 32B04) 78

G73 La pierre architecturale dans les régions de l'Estrie (Saint-Sébastien), de la Mauricie (Saint-Alexis-des-Monts), du Saguenay – Lac-Saint-Jean, de la Capitale-Nationale (Réserve faunique des Laurentides) et de la Gaspésie 79

G74 Applications technologiques du quartz de haute pureté 79

G75 Caractérisation de la minéralisation en Ni-Cu des indices de la Suite de Soisson, Province de Churchill Sud-Est, Québec 80

G76 Caractérisation pétrographique et géochimique des roches alcalines de la Suite de Fayot, Province de Churchill 80

G77 Nature et origine des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk, Province de Churchill SE, Québec : caractérisation pétrologique et géo chimique et implications sur la géologie régionale 81

G78 Étude thermobarométrique de la Zone de Rachel-Laporte : y a-t-il une distinction métamorphique avec la Zone noyau? 81

G79 D'une fénitisation aurifère à une minéralisation orogénique au sein d'un pluton synvolcanique : exemple du Stock de Boyvinet dans la région du lac Shortt 82

G80 Interprétations vectorielles de données multiparamétriques au gisement de SMV Bracemac-McLeod, district minier de Matagami, Québec 82

G81 Évaluation des propriétés thermiques du bassin sédimentaire des Basses-Terres du Saint-Laurent : mesures en laboratoire et méthode de diagraphie des puits 83

G82 Géochimie des basaltes encaissants des SMV aurifères de Lalor, Snow Lake, Manitoba 83

G83 Quelques faits saillants de l'exploration avancée et du développement minier en Abitibi-Témiscamingue en 2015 84

G84 Les coups de foudre : un nouvel outil d'exploration? 84

G87 Identification automatisée des types de textures en carottes de forage pour applications géométallurgiques 85

G88 Étude comparative des techniques de préparation des échantillons et des méthodes d'analyse des éléments de terres rares dans différentes matrices environnementales et minérales 85

G89 Extraction d'éléments de terres rares (ETR) à partir de minerais silicatés 86

G90 L'extraction par solvant appliquée à la séparation des éléments de terres rares 86

G92 Caractérisation et modélisation géo-environnementale à l'étape de mise en valeur d'un projet minier : application à un gisement Cu-Au 87

G93 Développement d'une méthode de prédiction cinétique du drainage neutre contaminé avec agent complexant : mise en place du projet et résultats préliminaires 87

G94 Évaluation des couvertures avec effet de barrière capillaire faites de résidus désulfurés afin de contrôler le drainage minier acide en conditions nordiques 88

G95 Qualités physico-chimiques des eaux souterraines autour du site Marban : état des lieux avant l'exploitation de la mine de NioGold 88

G97 Géochimie environnementale du Ga 89

G99 L'Université de Sherbrooke, partenaire pour la revégétalisation minière sans préparation du site 89

G100 Caractérisation préliminaire de la résistivité électrique de l'argile sensible à Brownsburg, Québec 90

G101 Mieux comprendre l'acceptabilité sociale des projets miniers 90

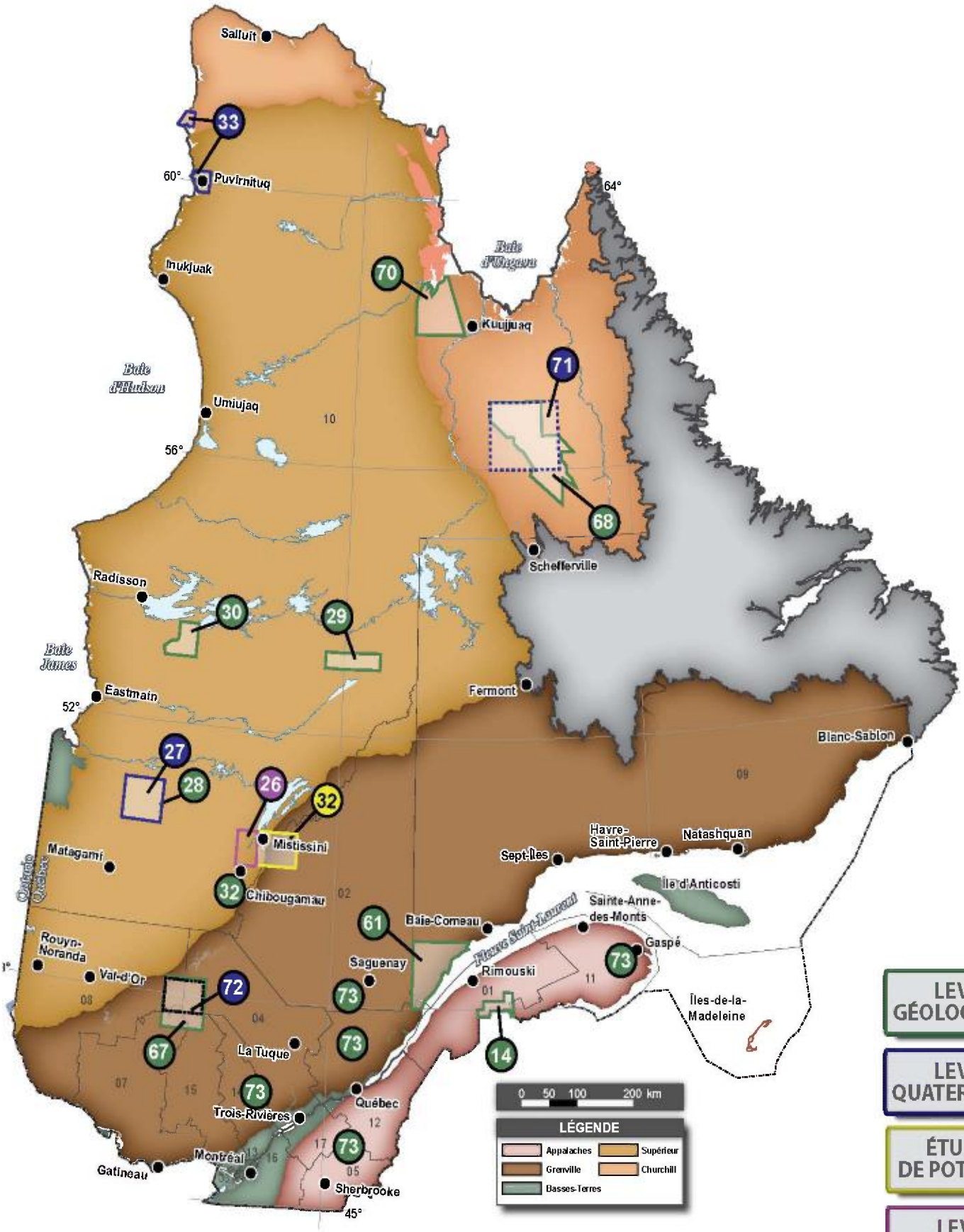
G102 Méthodologie collaborative de construction de scénarios favorisant l'acceptabilité sociale des projets miniers 91

G103 Impacts des changements climatiques sur le régime des tempêtes et les surcotes dans la région de la baie d'Hudson et de la baie James 91

G104 Vers l'adaptation : synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec 92

G105 Évaluation préliminaire du potentiel de génération d'électricité géothermique de la vallée de la Matapédia et de la région de Gaspé 93

LOCALISATION DES PROJETS DE GÉOLOGIE QUÉBEC



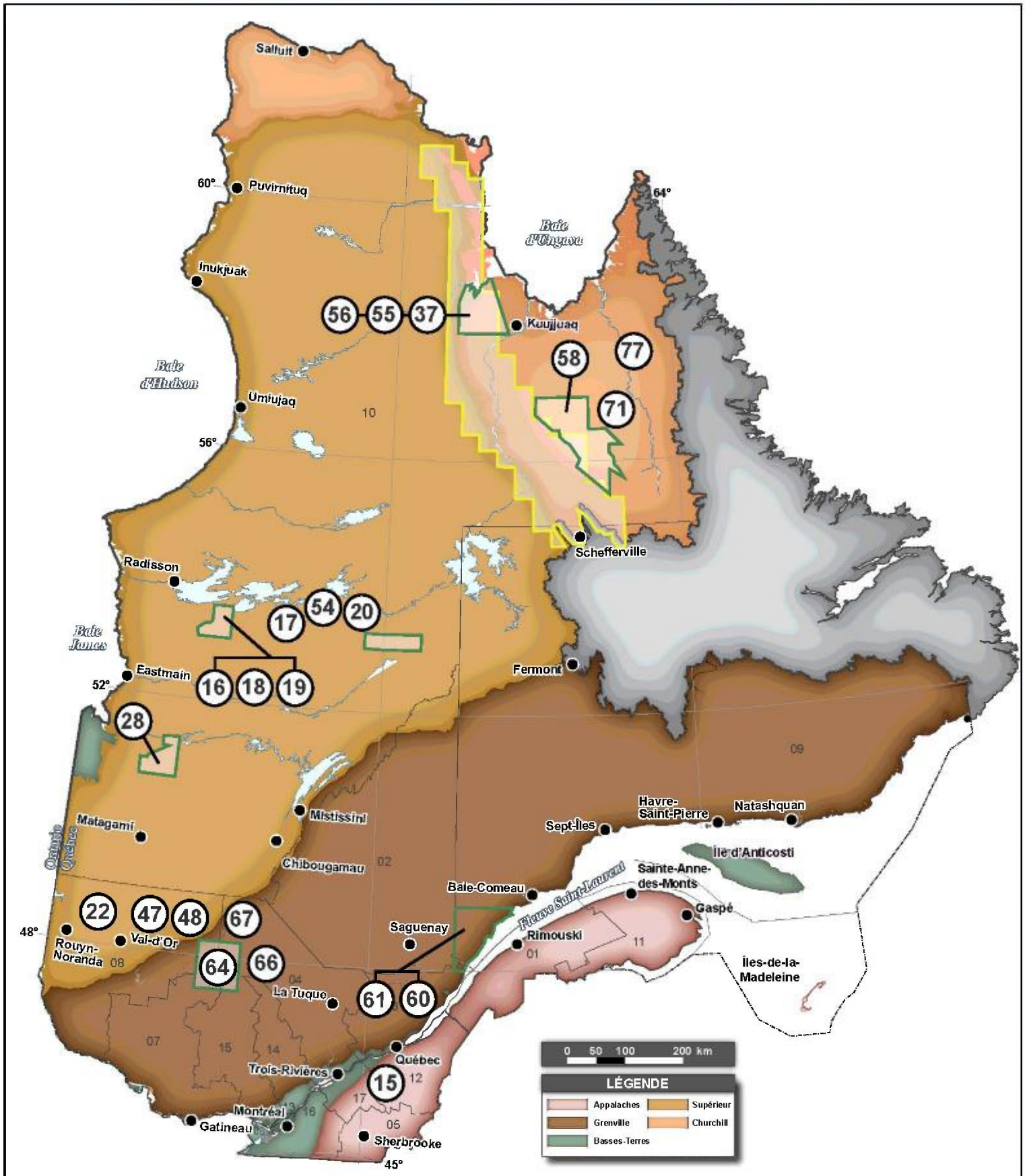
LEVÉS GÉOLOGIQUES

LEVÉS QUATERNAIRES

ÉTUDES DE POTENTIEL

LEVÉS DE SÉDIMENTS

LOCALISATION DES PROJETS UNIVERSITAIRES



G13

Le lexique stratigraphique du Québec – Un outil essentiel pour la communauté géoscientifique

Ghyslain Roy et Mona Baker (MERN)

Le projet du lexique stratigraphique est la première étape dans le développement du futur rapport géologique électronique à Géologie Québec. L'objectif est d'offrir aux utilisateurs un recueil de l'ensemble des unités stratigraphiques utilisées au Québec. Facilement accessible sur Internet sous forme de fiches descriptives, le lexique sera en évolution constante avec l'ajout de nouvelles unités à la suite des levés géologiques et de la compilation des données historiques. Un des atouts majeurs du lexique sera son lien direct avec la carte interactive du système d'information géominière du Québec (SIGÉOM). L'utilisateur pourra ainsi localiser facilement une unité stratigraphique sur le territoire et consulter toutes les informations disponibles.

G14

Compilation géologique de la région de la rivière Patapédia, Bas-Saint-Laurent

RobertThériault, Claude Dion et Charles St-Hilaire (MERN)

Des travaux de cartographie géologique couvrant l'équivalent de cinq feuillets à l'échelle du 1/20 000 (21N16-NO et NE, 22B04-SO, SE et NE et 22C01-SE) ont été réalisés en juin 2015 dans la région de la rivière Patapédia, à environ 60 km au sud-est de Rimouski, au Bas-Saint-Laurent. Un meilleur accès routier a permis de couvrir un territoire où les données géologiques étaient jusqu'à maintenant très limitées.

La région cartographiée fait partie du Synclinorium de Connecticut Valley-Gaspé de la Ceinture de Gaspé et est constituée principalement de roches sédimentaires siluro-dévoniennes déposées dans un bassin intracratonique formé après l'orogenèse taconique. Les unités sédimentaires cartographiées appartiennent aux groupes de Cabano, de Chaleurs et de Fortin, à la Formation de Témiscouata, aux Calcaires supérieurs de Gaspé ainsi qu'aux Grès de Gaspé. Les séquences sont caractérisées par une succession de plis ouverts orientés NE-SO, avec la présence de plusieurs failles normales ou en décrochement de même orientation.

Le Groupe de Cabano se trouve dans la partie nord-ouest de la région. Il est constitué de mudstones gris foncé interlités avec des wackes lithiques gris. Le Groupe de Chaleurs repose en discordance d'érosion sur le Groupe de Cabano. Il est constitué dans la région d'étude des formations d'Awantjish, de Val-Brillant et de Saint-Léon. La Formation d' Awantjish se compose de mudstones rouges et verts, parfois gris très foncé dans sa partie sommitale. Elle est surmontée par la Formation de Val-Brillant, qui se compose de bancs épais de grès quartzitique blanchâtre à gris jaunâtre, parfois gris foncé dans sa partie basale, avec la présence locale de niveaux conglomératiques assignés au Membre du Lac Castor. La Formation de Saint-Léon est constituée d'une séquence de siltstones et de grès fins laminaires associés localement à des niveaux de calcisiltite. Le Groupe de Fortin est formé d'une alternance de lits de siltstone et de grès fin, alors que la Formation de Témiscouata, son équivalent latéral, est formée principalement de siltstones et de clayshales. Des niveaux de calcisiltite de la Formation de Forillon (Calcaires supérieurs de Gaspé) affleurent de façon sporadique. Enfin, la Formation de York River (Grès de Gaspé) est constituée de bancs de grès verdâtre à l'est de la région et de siltstones gris foncé à l'ouest.

Bien qu'aucun indice minéralisé n'ait été observé durant les travaux de cartographie, il existe tout de même un certain potentiel pour la silice (grès quartzitique de la Formation de Val-Brillant) et la pierre architecturale (conglomérat du Membre du Lac Castor).

G15

Géologie des Appalaches du Québec : feuillet sud-ouest – régions de la Montérégie, des Cantons-de-l'Est, du Centre-du-Québec et de Chaudière-Appalaches

Alain Tremblay, Stéphane de Souza, Morgann Perrot (UQAM) et Robert Thériault (MERN)

Dans les Appalaches canadiennes, les zones de Humber et de Dunnage, amalgamées durant l'orogénie du Taconique, représentent les vestiges du Laurentia et de terrains océaniques adjacents qui, au Québec, sont recouverts par une série sédimentaire siluro-dévonienne, la Ceinture de Gaspé. Au cours des vingt dernières années, l'analyse structurale détaillée et l'acquisition d'âges U-Pb et $^{40}Ar/^{39}Ar$ ont été des éléments essentiels pour une meilleure compréhension de l'évolution tectonique des Appalaches du Québec. Ces données ont permis de contraindre des épisodes structuraux et métamorphiques à l'Ordovicien (D1), du Silurien tardif au Dévonien précoce (D2) et au Dévonien moyen (D3). Les âges ordoviciens sont associés à des chevauchements dirigés vers le NO dans la zone de Humber, des structures résultant de l'obduction des ophiolites et de la collision subséquente avec le Laurentia. Les âges siluro-dévoniens sont issus d'une série de plis et de failles à vergence SE et fournissent des contraintes compatibles avec l'exhumation du Laurentia et la formation de la Ceinture de Gaspé. Le métamorphisme et les structures associées à l'orogénie acadienne du Dévonien sont d'intensité variable, mais sont souvent associés à la superposition de plis.

Depuis 2010, un programme de compilation à l'échelle du 1/50 000 de la géologie des Appalaches du Québec a été entrepris par l'UQAM en collaboration avec le MERN. Cette carte géologique, à l'échelle du 1/300 000 et couvrant une superficie de 36 000 km^2, représente la synthèse des travaux de compilation pour le sud du Québec. La zone de Dunnage affleure dans le toit de la ligne Baie Verte-Brompton qui est réinterprétée comme une importante faille normale au contact avec la zone de Humber. Le Dunnage est constitué d'ophiolites, du Mélange de Saint-Daniel, du Groupe de Magog et du Complexe d'Ascot. Les âges isotopiques U-Pb et $^{40}Ar/^{39}Ar$ disponibles suggèrent que la mise en place des ophiolites sur Laurentia s'est déroulée sur environ 15 Ma et que les nappes du Humber sont contemporaines de l'exhumation « précoce » du prisme orogénique taconique. Le Saint-Daniel et le Magog forment un bassin discordant sur un « socle » de roches continentales, ophiolitiques ou volcaniques. Les lithologies « exotiques » du Mélange de Saint-Daniel sont des fenêtres structurales exposant sa base ou son socle, ou représentent des séries volcaniques stratiformes et/ou des variations latérales de faciès. Le Groupe de Magog est un bassin sédimentaire de 300 km reposant sur le Saint-Daniel au NO et le Complexe d'Ascot au SE. La Ceinture de Gaspé repose en discordance sur la zone de Dunnage ou est en contact tectonique avec celle-ci, le long de la faille de La Guadeloupe.

G16

Évolution tectonométamorphique des sous-provinces d'Opinaca et de La Grande, Province du Supérieur, Québec : avancées en thermobarométrie et géochronologie

Antoine Rhéaume Ouellet, Carl Guilmette (UL), Jean Goutier (MERN), François Huot (UL) et Matthijs Smit (UBC)

La Sous-province de La Grande est un ensemble volcano-plutonique archéen en contact majoritairement tectonique avec la Sous-province d'Opinaca au sud, une sous-province métasédimentaire néoarchéenne plus fortement métamorphisée. De nombreux indices aurifères sont associés au contact entre les deux sous-provinces. L'existence même d'un gradient métamorphique et son association génétique aux minéralisations en or reposent sur l'hypothèse que le métamorphisme des deux sous-provinces est contemporain. Or, les âges des protolites des deux sous-provinces suggèrent que celle de La Grande représente le socle du bassin de l'Opinaca; un métamorphisme plus intense dans une unité stratigraphiquement plus jeune est difficilement réconciliable avec les modèles tectoniques proposés pour la région.

Les avancées modernes en géochronologie et en thermobarométrie permettent de reconsidérer le problème du contexte géodynamique d'accolement des deux sous-provinces et de la nature du contact. Deux régions à cheval sur le contact sont à l'étude : celle du poste Le Moyne (SNRC 33G06) et celle des lacs Dalmas et Joubert (SNRC 33H08 et 33H01). L'étude pétrographique dans la région du poste Le Moyne a permis d'établir un événement prograde syntectonique au faciès des amphibolites dans la Sous-province de La Grande et, au sud, un passage brusque aux roches métasédimentaires anatectiques de l'Opinaca, ayant subi deux épisodes de fusion partielle dont au moins un atteint les conditions des granulites. Dans la région des lacs Dalmas et Joubert, la Sous-province de La Grande au nord a localement atteint le faciès des granulites et le gradient métamorphique vers l'Opinaca y est moins prononcé. Nous disposons actuellement des résultats partiels en thermobarométrie, par modélisation directe sous forme de pseudosections et modélisation inverse par multi-équilibre. Ces résultats serviront à caractériser le parcours pression-température et à quantifier l'intensité du gradient métamorphique apparent. L'étude en cours comporte également un volet géochronologique dans le système radiogénique Lu-Hf sur grenat (quatre datations dans la Sous-province d'Opinaca et trois dans la Sous-province de La Grande) et U-Pb sur zircon et monazite. Réparties dans les deux régions pour chacune des sous-provinces, ces datations directes du métamorphisme prograde et rétrograde permettront de déterminer la chronologie de celui-ci par rapport à l'accolement des sous-provinces. Ces nouvelles informations sur le parcours métamorphique des deux sous-provinces dans deux régions distinctes seront confrontées aux modèles géodynamiques existants de cette partie de la Province du Supérieur (complexe d'accrétion vs complexe métamorphique central).

G17

Minéralisation aurifère du gîte d'or orogénique Orfée, Eeyou Istchee Baie-James (Québec)

Adina Bogatu, François Huot (UL), Jean Goutier (MERN), Carl Guilmette, Antoine Rhéaume Ouellet, Georges Beaudoin (UL) et Don Davis (UToronto)

Le gîte Orfée (~0,2 Mt à 14,5 g/t Au), découvert par Mines d'Or Virginia en 1998, est situé dans la Sous-province de La Grande (SNRC 33G06), à 300 m du contact avec la Sous-province d'Opinaca. De nombreux autres gîtes aurifères ont été découverts le long de ce contact, mais les données abondantes et détaillées disponibles sur le gîte Orfée et son accessibilité en font un exemple de choix pour étudier les processus tectoniques et métallogéniques responsables de ces minéralisations.

Deux zones aurifères, soit Orfée et Orfée-Est, sont associées à une formation de fer comprenant des faciès oxydé et silicaté et à des mudrocks graphiteux contenant jusqu'à 20 % de pyrrhotite et de pyrite disséminées ou en amas. Ces zones sont bordées au nord par des amphibolites basaltiques et au sud par des wackes. Une foliation précoce orientée NNO-SSE (S1) s'est développée dans les amphibolites basaltiques, tandis que la foliation principale (S2) est orientée E-O. La présence de zones irrégulières d'amphibolite à grenat et à pyrrhotite est expliquée par la recristallisation d'une altération envahissante antérieure au métamorphisme régional. Des dykes dioritiques faiblement porphyriques en plagioclases se sont injectés dans les amphibolites et recoupent la foliation précoce. Un de ces dykes, daté à 2703 Ma, est boudiné dans un corridor de cisaillement aurifère d'orientation E-O et riche en pyrrhotite. L'unité de mudrock graphiteux est aussi traversée par un de ces corridors de cisaillement d'orientation E-O. La géométrie de la zone minéralisée suit cette unité de mudrock graphiteux, avec pendage abrupt vers le nord, et se continue dans la formation de fer et dans des brèches à pyrrhotite semi-massive à massive, à fragments de magnétite, de grunérite, d'hédenbergite et de hornblende. Les wackes sont constitués d'une population de composition intermédiaire avec < 5 % de hornblende et d'une population mafique contenant > 30 % de hornblende ayant des teneurs élevées en MgO, en Cr et en Ni. Ces deux populations sont interstratifiées et sont plus mafiques que les wackes et paragneiss que l'on retrouve dans l'Opinaca. Les amphibolites, la formation de fer et les wackes sont injectés par une grande variété de veines de quartz déformées, avec une teneur en or maximale de 2 g/t. Un dyke de granite pegmatitique, daté à 2614 Ma, coupe les wackes et les amphibolites et est boudiné et cisaillé, suggérant un événement de déformation post- à syn-intrusion. Ce type d'intrusion pegmatitique est similaire en âge et en composition aux intrusions observées dans le secteur de la mine Éléonore.

L'indice Orfée est un bon exemple de gîte d'or orogénique, métamorphisé au faciès des amphibolites, contrôlé par la remobilisation de la minéralisation dans des couloirs de cisaillement encaissés dans des mudrocks graphiteux et des formations de fer.

G18

Typologie des minéralisations aurifères à proximité du contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca au sud du réservoir La Grande 3, Eeyou Istchee Baie-James

Roman Hanes, François Huot (UL), Jean Goutier (MERN), Philippe Drouin, Georges Beaudoin et Carl Guilmette (UL)

La zone de contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca (LGO) dans la région d'Eeyou Istchee Baie-James possède des caractéristiques similaires à la Faille de Cadillac de la Sous-province de l'Abitibi. La portion nord de la discontinuité régionale LGO, qui peut être suivie sur environ 600 km, semble fortement prometteuse; plusieurs minéralisations aurifères telles que la Zone 32, Orfée et Marco y sont connues. Cependant, une meilleure compréhension de ce linéament régional est nécessaire. Nous résumons ici les connaissances actuelles sur le plan de la géologie, des paramètres structuraux et des styles de minéralisation d'un secteur qui s'étend sur 80 km dans la portion nord-ouest du contact LGO, plus précisément au sud du réservoir La Grande 3.

Dans le secteur étudié, la Sous-province de La Grande comprend des roches intrusives d'âges mésoarchéen et néoarchéen et des séquences volcano-sédimentaires (2,8-2,7 Ga) reposant sur un socle tonalitique plus âgé (3,45-2,79 Ga). D'autre part, la Sous-province d'Opinaca, plus jeune (2,7-2,6 Ga), est majoritairement dominée par des roches sédimentaires et une plus grande proportion d'intrusions felsiques. Le degré de métamorphisme du secteur varie du faciès des schistes verts au faciès des amphibolites dans les deux sous-provinces. Les résultats préliminaires montrent deux évènements majeurs de déformation le long de la portion nord-ouest du contact LGO. La déformation précoce D1, caractérisée par une intense schistosité orientée NNE, n'est préservée que localement, à cause d'une forte surimpression de la déformation D2. Le second évènement est principalement représenté par une foliation NE-SO à E-O, avec des zones d'intense déformation à l'échelle locale. Les trois types majeurs de minéralisation aurifère observés dans le secteur sont : (1) des sulfures disséminés et des veines de sulfures le long des zones de cisaillement dans différentes lithologies, y compris une minéralisation précoce dans la tonalite de La Grande-Sud; (2) des sulfures ou des formations de fer rubanées riches en silicates; et (3) des veines d'extension et des veines de remplissage à quartz-tourmaline et à quartz-carbonates. En plus du gîte d'Au-Cu de la Zone 32 et d'autres prospects mineurs où une partie de la minéralisation a été interprétée comme pré- à syn-D1, la majorité des minéralisations semble être spatialement et génétiquement liée à l'évènement majeur D2 le long du contact LGO. Les principaux objectifs du projet sont de caractériser les différents types de minéralisation aurifère le long de la portion nord du contact LGO et d'intégrer leur genèse dans l'histoire tectono-métamorphique de cette discontinuité régionale. Des modèles métallogéniques complets seront proposés pour guider les futurs programmes d'exploration aurifère dans la région.

G19

Étude du contexte tectonométamorphique du Complexe de Laguiche, Sous-province de l'Opinaca, Eeyou Istchee Baie-James

Myriam Côté-Roberge, Carl Guilmette, (UL), Jean Goutier (MERN) et Nathan Cleven (UL)

Le Complexe de Laguiche est un ensemble métasédimentaire appartenant à la Sous-province d'Opinaca. Cette sous-province néoarchéenne du Supérieur est caractérisée par une grande quantité d'intrusions granitiques ainsi que par quelques petites injections ultramafiques ponctuelles, recoupant une épaisse séquence sédimentaire. Elle est principalement bordée par la Sous-province volcano-sédimentaire de La Grande, d'âge paléo- à mésoarchéen.

Malgré l'engouement porté à cette région éloignée depuis la découverte de gisements d'or, comme celui de Roberto (mine Éléonore), certains secteurs n'ont jamais fait l'objet de cartographie géologique détaillée alors que des sections du contact entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande sont encore mal documentées. Plusieurs hypothèses circulent quant au contexte géodynamique envisagé : présence d'un complexe à noyau métamorphique, système de dômes et de bassins, ou encore vastes décollements du socle sur les roches métasédimentaires du Laguiche.

Ce projet d'étude a pour objectif de préciser le contexte géodynamique de mise en place de la séquence sédimentaire du Laguiche ainsi que celui des épisodes subséquents de déformation et de métamorphisme ayant touché la région.

Les travaux de cartographie de terrain réalisés à l'été 2015 (feuillets SNRC 33F01, 33F08 et 33F09) ont couvert une section méconnue mais importante du Complexe de Laguiche. Près de 80 échantillons représentatifs ou contenant des minéraux métamorphiques intéressants ont été prélevés en vue des études pétrographiques, géochimiques et géochronologiques. Ceci permettra de définir des isogrades métamorphiques à travers cette région et aussi de déterminer de nouvelles zones de cisaillement. Une analyse des données structurales, à l'aide de levés aéromagnétiques de haute qualité et des datations des séquences sédimentaires et du métamorphisme, permettra de mieux contraindre les épisodes de métamorphisme et de déformation qu'ont subis les roches métasédimentaires du Laguiche, et ce, dès leur mise en place.

Les observations préliminaires révèlent un patron complexe d'indicateurs métamorphiques (comme le grenat, la staurotide, la cordiérite, la sillimanite et le diopside) ne montrant pas de gradient simple N-S ou E-O. Certaines bandes orientées E-O présentent une migmatisation et une déformation plus importantes que celles des secteurs adjacents, suggérant la présence de corridors de déformation à l'intérieur du Complexe de Laguiche. Certains de ces corridors semblent se rattacher au cisaillement principal entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca, suggérant ainsi la possibilité de prolongement des corridors aurifères à l'intérieur même de l'Opinaca.

G20

Déformation polyphasée progressive entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca, secteur nord-est du craton du Supérieur : résultats préliminaires dans la région du lac Joubert

Nathan Cleven (UL), Pénélope Burniaux, Hanafi Hammouche (MERN), Antoine Rhéaume-Ouellet (UL), Lyal Harris (INRS-ETE), Jean Goutier (MERN) et Carl Guilmette (UL)

La région du lac Joubert (SNRC 33H01, 23E04 et 23E05) couvre le contact entre la Sous-province volcano-plutonique de La Grande (SPLG) et la Sous-province métasédimentaire anatectique d'Opinaca (SPO), dans le nord-est du craton archéen du Supérieur. La nature et l'évolution du contact entre les deux sous-provinces, auquel sont associées de nombreuses minéralisations en or, sont encore aujourd'hui énigmatiques. Localement, le problème est que les lithologies métasédimentaires dominantes dans les deux sous-provinces partagent des caractéristiques similaires : le faciès métamorphique (subgranulite) et une surimpression syntectonique de la migmatisation. Cette étude vise à mieux contraindre la nature du contact avec une analyse préliminaire de l'évolution structurale.

L'analyse structurale de la SPO à proximité du contact suggère qu'un événement unique a créé le plissement cylindrique, droit, ouvert à isoclinal et asymétrique, orienté est-ouest. Les plis sont bien en évidence dans les injections leucocrates. L'axe des plis plonge faiblement vers l'ouest. Le corps principal de la SPLG expose une seconde phase de plissement qui se superpose à une première phase, semblable à celle observée dans la SPO; les charnières se concentrent selon une orientation est-ouest, tout en étant réparties dans un plan subvertical. Cette association suggère un événement de compression secondaire ayant créé des formes d'interférence en dômes et bassins allongés. La corrélation entre la mylonitisation de couches métapélitiques et les linéations parallèles au pendage indique que le glissement ductile intercouche a permis la déformation. Les deux sous-provinces sont séparées par une région de chevauchements ductiles à vergence sud et de plissements intenses. Cette région, d'environ 12-15 kilomètres de large, s'apparente lithologiquement à la SPLG. Les structures bordant la région sont caractérisées par des zones de chevauchement ductiles avec une déformation submylonitique répandue et des concentrations élevées de leucosomes stromatiques. La zone au sud a enregistré un événement décrochant dextre. Le plissement dans cette région diffère de la région environnante, tous ses plis étant déversés à vergence vers le sud. Les charnières plongent faiblement à l'est et il n'y a aucune indication ni d'effets d'une seconde phase de plissement. Nous concluons que cette zone de transition entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande a préservé la déformation associée à la convergence, demeurant tectoniquement détachée du corps principal de la Sous-province de La Grande.

G21

Étude structurale et métamorphique du Complexe d'Attic (phase 2) : la région du lac Parent – Pluton de Josselin, Québec

Nicolas Revelli, Sacha Lafrance et Alain Tremblay (UQAM)

La Province du Supérieur regroupe plusieurs sous-provinces amalgamées aux environs de 2,72 Ga et de 2,68 Ga qui sont principalement composées de roches intrusives felsiques de type TTG et de ceintures de roches vertes. Bien que la géologie de ces terrains soit relativement bien comprise, la nature de leurs contacts est encore débattue. Par exemple, sur la base de données sismiques, le contact entre les sous-provinces de l'Abitibi et de l'Opatica a été interprété comme la trace d'une zone de subduction. Des travaux en cours montrent toutefois que ce contact n'est pas marqué par une déformation particulièrement intense et/ou un contraste métamorphique considérable, suggérant ainsi que ces deux sous-provinces représentent en réalité qu'une seule et même portion de croûte archéenne exposant des domaines crustaux différents. De même, de nombreux secteurs de l'Abitibi exposent des roches intrusives de type TTG au cœur de vastes antiformes ceinturés de roches vertes. C'est le cas du Complexe d'Attic, délimité par le Front du Grenville à l'est et par une ligne subméridienne passant par Lebel-sur-Quévillon et Senneterre à l'ouest. Le Complexe d'Attic, qui présente des caractéristiques géologiques comparables à l'Opatica, pourrait constituer une fenêtre structurale exposant une série crustale représentant le « socle » des séries abitibiennes. L'objectif de ce doctorat, entamé au début de l'été 2014, est d'examiner cette hypothèse.

Au cours de l'été 2015, la partie sud du Complexe d'Attic – le Batholite de Josselin et sa séquence supracrustale – a été étudiée. Dans cette région, l'assemblage granodiorite-tonalite du batholite de Josselin recoupe les séries volcaniques et plutoniques mafiques encaissantes. Le batholite de Josselin et les roches encaissantes sont touchés par une foliation régionale S_n, se moulant sur les contours de l'intrusion. Dans les zones où la déformation se fait plus intense, S_n est recoupée par des fabriques S_{n+1} et S_{n+2}. Au cœur du batholite, un faciès migmatitique à amphiboles et à grenats centimétriques formant des niveaux métriques semble constituer la relique d'un faciès métamorphique profond qui est remonté lors de la mise en place de l'intrusion. L'acquisition de données géochronologiques (datations U-Pb en cours) et l'analyse détaillée des conditions métamorphiques régionales devraient permettre de contraindre l'évolution tectonique et métamorphique du Complexe d'Attic et de bonifier la compréhension de l'architecture crustale, non seulement de la région entre Lebel-sur-Quévillon et Senneterre, mais aussi de la croûte archéenne de l'Abitibi en général.

G22

Minéralisation aurifère et déformation sur l'indice Malartic Lakeshore, Sous-province de l'Abitibi, Québec

Francis Guay (UQAC), Pierre Pilote (MERN) et Réal Daigneault (CERM-UQAC)

Réalisé à l'UQAC, en collaboration avec le MERN, ce projet de maîtrise vise à établir les relations entre les intrusions, la déformation et la minéralisation aurifère filonienne sur la propriété aurifère Malartic Lakeshore, détenue à 100 % par la Corporation minière Golden Share. Le secteur à l'étude, situé à environ 5 km à l'est du village de Rivière-Héva, comprend deux vastes affleurements décapés nommés Ouest et Est, sur lesquels on peut observer plusieurs veines de quartz-calcite minéralisées en or, en pyrite, en chalcopyrite et en galène.

Stratigraphiquement dans la zone volcanique sud de la Sous-province archéenne de l'Abitibi, les roches de la propriété s'insèrent dans les groupes de Louvicourt (Fm. de Héva) au nord et de Malartic (Fm. de Dubuisson) au sud. On y reconnait un assemblage de roches volcaniques intermédiaires à mafiques (basaltes et basaltes andésitiques) et ultramafiques (basaltes komatiitiques) d'affinité tholéitique, en contact avec une unité volcanoclastique felsique (tuf à lapilli) d'affinité calco-alcaline située plus au nord. Les volcanites mafiques présentent communément le faciès coussiné. Le métamorphisme régional est au faciès des schistes verts supérieur.

L'affleurement Ouest présente une densité exceptionnelle de dykes centimétriques à pluridécimétriques. L'étude pétrographique a permis de distinguer quatre types de dykes, soit des tonalites à biotite, des lamprophyres à actinote-trémolite et à chlorite, des porphyres quartzo-feldspathiques (PQF) et des dykes gabbroïques considérés synvolcaniques. Les trois premiers types de dykes présentent une affinité calco-alcaline, les gabbros montrent plutôt une affinité transitionnelle.

Les roches de la propriété montrent un degré élevé de déformation ductile. La schistosité de flux très pénétrative est orientée en moyenne 132°/79°. L'ensemble de la déformation du secteur fait partie du couloir de déformation de la Faille de la rivière Héva, qui culmine au contact entre les volcanites mafiques et les volcanoclastites felsiques. Les linéations d'étirement montrent une attitude

variable, passant d'une composante pendage à une composante direction dans les zones plus déformées. Ces variations de linéations et la présence des nombreux clivages de crénulation supportent une déformation polyphasée qui passe d'un raccourcissement à un décrochement dextre tardif. Les dykes présentent systématiquement des linéations obliques et à composante direction, suggérant une mise en place pendant le décrochement dextre.

Les veines minéralisées d'épaisseur submétrique se suivent sur quelques dizaines de mètres. Localement, leurs teneurs atteignent jusqu'à 188 g/t Au (avec quelques grains d'or visibles) et 1 400 g/t Ag. Les veines sont fortement déformées (plissées, boudinées et démembrées) et subparallèles à la schistosité principale. Elles sont systématiquement recoupées par les dykes de tonalite, de PQF et de lamprophyre. Les épontes des veines ont subi une intense altération hydrothermale en biotite sur quelques cm. Cette biotite est touchée par la schistosité principale et est partiellement déstabilisée par la chlorite, résultat d'un métamorphisme rétrograde interprétée tardi-déformation. Une zone de stockwerk de biotite hydrothermale présentant des caractéristiques similaires est également reconnue au sein de l'unité ultramafique, près du contact avec l'unité volcanoclastique felsique. L'ensemble des observations suggère une minéralisation aurifère filonienne précoce, prédéformation régionale.

G23

Caractérisation structurale, géochimique et pétrographique du contact entre les formations de Caste et de La Motte-Vassan : la Faille « Lac Malartic-Manneville Sud », Abitibi, Québec

Florence Bédard (UQAM), Pierre Pilote et Pierre Lacoste (MERN)

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet de cartographie à l'échelle du 1/20 000 de la région de Val-d'Or–Malartic entrepris par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). Elle présente la géologie détaillée d'un affleurement clé cartographié durant l'été 2014, lequel est situé à environ 15 km au nord-ouest de Val-d'Or (feuillet SNRC 32C04).

Le secteur étudié est intéressant en raison du contexte stratigraphique et structural, soit la présence de la Faille Lac Malartic (correspondant à la continuité vers l'est de la Faille Manneville Sud) qui marque la zone de contact entre les formations de Caste et de La Motte-Vassan. Au nord, les roches du Batholite de La Corne coincent les unités sédimentaires de la Formation de Caste avec les volcanites de la Formation de La Motte-Vassan, ce qui constitue une discontinuité majeure pour la région.

La Faille « Lac Malartic-Manneville Sud » passe directement sur l'affleurement étudié. Cette zone de faille matérialise un important couloir de cisaillement à composante directionnelle, pouvant se suivre sur plusieurs dizaines de kilomètres. L'affleurement présente un plissement touchant l'ensemble du terrain d'étudié. La schistosité principale est ondulante et suit en partie les lithologies orientées ONO-ESE. Stratigraphiquement, le sud de l'affleurement se situe à la base du Groupe de Malartic, dans la Formation de La Motte-Vassan, et se caractérise par des roches volcaniques mafiques et ultramafiques recoupées par plusieurs familles de dykes. La partie nord correspond à la Formation de Caste. D'origine sédimentaire, ces roches sont très déformées, ne laissant apparaître aucune texture primaire, et contiennent plusieurs filons et amas de pyrite disséminée. Ces unités sédimentaires sont recoupées par des dykes tonalitiques tardifs peu ou non touchés par le plissement. Les assemblages minéralogiques de l'ensemble de ces roches suggèrent un métamorphisme variant du faciès des schistes verts à celui des amphibolites inférieur.

Les travaux de terrain effectués durant l'été 2014 sur cet affleurement se résument à une cartographie détaillée, en utilisant une grille, à la prise de mesures structurales et à l'échantillonnage des différentes lithologies. Dans un premier temps, toutes les données structurales ont été mises en carte, suivies par leur interprétation. Les travaux à venir consisteront en la description pétrographique des différentes unités observées (en lame mince) ainsi que l'interprétation des données géochimiques.

G24

Caractéristiques lithologiques du Groupe de Piché et implications sur son origine, Abitibi, Québec

Pierre Bedeaux (UQAC), Pierre Pilote (MERN), Silvain Rafini (CONSOREM) et Réal Daigneault (UQAC)

Le Groupe de Piché est un assemblage de roches volcaniques historiquement associé à la Faille de Cadillac, un métallotecte majeur dans la mise en place des gisements aurifères orogéniques en Abitibi. Même si le rôle du Groupe de Piché comme piège structural pour ce type de minéralisation est bien documenté et que plusieurs modèles existent pour expliquer la relation particulière entre ce groupe et la Faille de Cadillac, il demeure une entité mal comprise. Ses caractéristiques lithologiques et géométriques sont mal définies, ses relations stratigraphiques avec les roches attenantes sont méconnues, tandis que sa place dans l'histoire géologique de l'Abitibi reste sujette à discussion.

Avec l'appui du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, une compilation des données de forage a permis d'établir des coupes perpendiculaires à la Faille de Cadillac, dans le but de documenter l'épaisseur du Groupe de Piché, les lithologies le constituant, leur abondance relative ainsi que la variation latérale et l'hétérogénéité de ces caractéristiques. Des relevés réalisés sur le terrain pendant les étés 2013 et 2014, incluant la cartographie détaillée de plusieurs secteurs, nous ont renseignés sur les relations stratigraphiques entre ces roches. Enfin, l'analyse géochimique de 135 échantillons prélevés en surface et en forage a permis de préciser la signature géochimique des roches du Groupe de Piché.

Le Groupe de Piché présente une épaisseur extrêmement variable à l'échelle régionale, allant de moins de dix mètres à plusieurs centaines de mètres. Les roches volcaniques, les lithologies les plus abondantes, présentent une composition essentiellement mafique-ultramafique avec une composante mineure andésitique. Cependant, l'abondance relative des différentes lithologies est très variable localement; l'une d'entre elles peut ponctuellement constituer la totalité du Groupe de Piché ou, au contraire, être totalement absente. Elles sont recoupées par de nombreux dykes synvolcaniques intermédiaires à mafiques ainsi que par des intrusions syntectoniques felsiques. Les unités volcaniques analysées définissent des suites tholéitiques et calco-alcalines. Les signatures géochimiques présentent communément des anomalies négatives en Nb et en Ta, suggérant une contamination crustale des magmas originels.

Les indicateurs de polarité observés à la fois en forage et en surface pointent tous vers le nord. Bien qu'aucun contact non faillé n'ait été observé, les relations observées sur le terrain suggèrent que le Groupe de Piché est communément en relation dos à dos avec le Groupe de Pontiac et qu'il apparait chevauché par le Groupe de Cadillac. Les différentes lithologies, leur distribution, leur abondance et leurs âges sont similaires à certaines formations du Groupe de Malartic, suggérant un lien entre ces deux groupes.

G25

Géologie du Groupe de Malartic et des groupes volcano-sédimentaires adjacents : bilan et perspectives

Pierre Pilote, Pierre Lacoste, Jean David (MERN), Réal Daigneault (UQAC) et Vicki McNicoll (CGC-O)

La région de Val-d'Or–Malartic est constituée de roches volcaniques (groupes de Malartic et de Louvicourt) et sédimentaires (groupes de Mont-Brun, de Cadillac, de Caste, de Pontiac, tous âgés autour de 2685 Ma, et de Timiskaming, <2678 Ma et <2676 Ma). Ces groupes sont réputés pour leur fertilité en gîtes de sulfures massifs volcanogènes et aurifères. Le Groupe de Malartic (2714 à 2706 Ma) contient les formations de La Motte-Vassan, de Dubuisson et de Jacola, tandis que celui de Louvicourt (2706 à 2700 Ma) contient les formations de Val-d'Or et de Héva. Le prolongement et l'épaisseur de ces unités sont très variables. L'orientation générale des surfaces stratigraphiques fluctue également, passant de ONO-ESE dans les secteurs de Preissac et de Malartic, à E-O dans le secteur Val-d'Or.

La schistosité régionale S1, modérément à intensément développée, est communément subparallèle à la stratification S0. Un clivage S2 orienté E-O recoupe la fabrique S1, particulièrement aux endroits où S0 et S1 sont d'orientation ONO-ESE. Les linéations d'étirement sont communément contenues dans la fabrique S1 et plongent de façon modérée à abrupte vers l'est. L'Anticlinal de La Motte-Vassan, un pli P1 d'orientation NO-SE, traverse l'ensemble de la région.

La région de Val-d'Or–Malartic se démarque par des cisaillements et des failles longitudinales d'envergure kilométrique, orientés ONO à E-O et à pendage abrupt vers le nord : La Pause, Parfouru, Rivière Héva, Manneville Sud, Norbenite, Marbenite. Ces failles, subparallèles à la surface S0, tronquent ou dupliquent la stratification. Elles s'emboitent avec un angle faible avec la Zone tectonique de Cadillac. Dans plusieurs cas, ces failles constituent des enveloppes contenant une densité importante de dykes et/ou de stocks de composition monzonitique ou tonalitique d'âges très variés, allant de pré-, à tardi- et à post-tectoniques.

Plusieurs mines et indices aurifères – Norlartic, Kiena, Snow Shoe, Sullivan, Goldex (diorite : âge U-Pb de 2687,0 ±1,2 Ma), Siscoe, Joubi, Sigma et Lamaque – sont spatialement associés à ces failles. Les diversités observées dans les âges et les styles de minéralisations aurifères illustrent bien l'existence de plusieurs épisodes distincts de minéralisation et indiquent leur télescopage dans le temps. Ce point particulier est une des caractéristiques des camps miniers de classe mondiale.

La Zone tectonique de Cadillac est historiquement associée à des schistes à talc-chlorite-serpentine (volcanites ultramafiques et mafiques variablement déformées), nommés Groupe de Piché. Ce groupe s'étend de façon quasi continue de Louvicourt jusqu'à Rouyn-Noranda (>150 km), mais varie en épaisseur de moins de 100 m à plus de 1 500 m. Son origine demeure incertaine, il pourrait s'agir d'une seule et même unité stratigraphique ou, encore, d'un assemblage composite. Deux récentes datations U-Pb sur zircons réalisées dans ce groupe, 1) à la fosse Buckshot au NE du gisement Canadian Malartic (dyke felsique, 2710 Ma); et 2) au gîte Pan Canadian (tuf à lapilli, 2705,9 ±0,9 Ma), font du Groupe de Piché une unité corrélative avec différentes parties ou éléments du Groupe de Malartic.

G26

Géologie des dépôts de surface au sud du lac Mistassini, Québec : résultats préliminaires

Mohamed El Amrani (MERN)
et Antoine Archambault (UL)

Un levé de terrain réalisé à l'été 2015 a permis de cartographier les formations du Quaternaire et leur morphologie dans les secteurs au sud et au sud-est du village de Mistissini. Le territoire étudié s'étend sur 3 965 km^2 et couvre les feuillets 32I03, 32I04, 32I05 et 32I06 (1/50 000).

L'analyse des formes du relief et des marques d'érosion révèle une suite complexe de quatre écoulements glaciaires : un écoulement vers le SE (125-145°), ancien et peu enregistré; un écoulement vers le sud, majeur et bien marqué; un écoulement vers le SSE (160-175°) dans l'est de la zone étudiée; et un écoulement vers le SSO (185-215°) dans l'ouest. La chronologie relative des trois derniers mouvements est inconnue, mais ils peuvent être tous rattachés à l'évolution du dernier Inlandsis wisconsinien. La séquence des écoulements traduirait soit un déplacement des centres de dispersion glaciaire, soit des lignes de partage des glaces vers l'est et un contrôle topographique sur l'écoulement de la glace.

Le retrait du dernier glacier wisconsinien de la région a laissé derrière lui une variété de dépôts qui marquent le paysage actuel. Le till de fond est le plus répandu et forme une seule nappe surmontée par un till d'ablation mince. L'ensemble forme de vastes terrains fuselés (NNE-SSO) au sud de Mistissini. Le till de fusion est associé à une topographie en buttes et en dépressions et occupe les fonds de certaines vallées. Les dépôts fluvioglaciaires forment essentiellement des eskers orientés N-S ou SSO à SO et des plaines d'épandage au fond des grandes vallées. Un faciès glaciolacustre, probablement associé au lac Ojibway, a été identifié au SO de la région. Les sédiments postglaciaires sont représentés par des dépôts de versants et des alluvions actuelles qui sont entourées localement par quelques rares terrasses d'alluvions anciennes. Des dunes paraboliques éoliennes ont été observées à proximité de certains dépôts fluvioglaciaires, indiquant des vents dominants provenant de l'ONO à NO. Les dépôts organiques occupent de larges surfaces dans les zones à drainage difficile.

La distribution des blocs erratiques issus des roches sédimentaires protérozoïques du secteur Chibougamau-Mistassini montre une dispersion régionale vers le sud et le SSO. Ces éléments semblent être d'excellents indicateurs lithologiques pour tracer le transport de la matière au cours de la dernière glaciation.

G27

Prospection glaciosédimentaire dans la région du lac Evans, Baie-James : échantillonnage de till et cartographie des dépôts quaternaires (SNRC 32K10, 32K11, 32K14, 32K15, 32N02 et 32N03) – Résultats préliminaires

Olivier Lamarche (MERN) et Éric Leduc (UQAM)

Le socle rocheux des basses terres de la baie James est recouvert d'une épaisse couche de sédiments déposés pendant le Wisconsinien supérieur, au Quaternaire, ce qui complique l'application des techniques de prospection géologique classiques pour l'exploration minérale. Cependant, l'utilisation de la prospection glaciosédimentaire, mettant à profit la couverture des sédiments d'origine glaciaire (comme le till), permet d'obtenir de l'information sur le potentiel minéral régional.

Le Bureau de la connaissance géoscientifique du Québec (BCGQ) a entrepris des travaux de cartographie du Quaternaire et d'échantillonnage de till dans la région du Lac Evans (SNRC 32K10, 32K11, 32K14, 32K15, 32N02 sud et 32N03 sud). Les objectifs de ce projet sont d'évaluer le potentiel minéral de la région étudiée et de mettre à jour les connaissances sur les formations de surface.

Environ 150 échantillons de till ont été prélevés lors des travaux sur le terrain en 2015, afin de caractériser la géochimie de la matrice pour les éléments majeurs, traces et platinoïdes. Une analyse des concentrés de minéraux lourds permettra également de détecter d'éventuels gîtes potentiels (or, diamants, sulfures, etc.) à l'aide de l'étude de minéraux indicateurs. Le recensement des marques glaciaires d'érosion (stries, cannelures, broutures) et de déposition (formes fuselées, traînées morainiques) s'ajoutera aux nouvelles données géochimiques et permettra de les mettre en contexte avec la géologie régionale. Les résultats de ces analyses seront disponibles au congrès Québec Mines 2016.

La cartographie des dépôts meubles a permis de reconnaître les différents types de sédiments associés à la dernière déglaciation. La région est dominée par une plaine glaciolacustre mise en place par le lac Ojibway, qui, à partir de l'Holocène, a donné naissance à de nombreuses tourbières et milieux humides caractéristiques des basses terres de la baie James. Les reliefs qui percent cette plaine sont le plus souvent des affleurements rocheux accompagnés de traînées morainiques orientées dans le sens de l'écoulement glaciaire et se sont formés lors de la déglaciation du dôme du Nouveau-Québec. Ces collines ont été choisies comme cibles d'échantillonnage pour le projet. La région est également marquée par une succession de moraines frontales mineures qui permettent de positionner la marge glaciaire à différents stades de la déglaciation. Ces moraines sont quelquefois accompagnées de sédiments fluvioglaciaires d'épandage subaquatique constitués majoritairement de sables et de graviers. Un remaniement littoral plutôt bref et sporadique fut observé sur les flancs de la plupart des reliefs observés dans la région.

G28

Géologie et potentiel économique du sud-ouest de la région du lac Nemiscau, secteur du lac Rodayer (SNRC 32K13, 32K14, 32N03 et 32N04-SE)

Daniel Bandyayera (MERN), Yannick Daoudene (UQAT) et Simon Bourassa (MERN)

Ce levé géologique au 1/50 000 a été réalisé à l'été 2015 dans le secteur du lac Rodayer, situé à 110 km au nord de Matagami. Le terrain cartographié couvre la zone de contact entre la Sous-province sédimentaire de Nemiscau, au nord, et la Sous-province d'Opatica, au sud. Dans la zone de transition entre ces deux sous-provinces géologiques, la bande volcano-sédimentaire du Groupe de Colomb-Chaboullié, injectée d'intrusions mafiques-ultramafiques d'extension kilométrique, délimite les paragneiss du Groupe de Rupert au nord et les roches plutoniques de l'Opatica au sud. Les unités volcano-sédimentaires du Groupe de Colomb-Chaboullié forment une ceinture continue NE-SO à E-O, qui s'étend sur une longueur de plus de 70 km et une largeur maximale de 5 km. Elles se composent de basalte massif à coussiné, d'andésite massive à porphyrique, de tuf felsique, de wacke et, localement, de conglomérat. L'Opatica est formé d'un ensemble de diorite, de diorite quartzifère et, par endroit, de tonalite ou de gneiss tonalitique, recoupé par des intrusions tardi-tectoniques de granodiorite ou de granite. Une nouvelle intrusion plurikilométrique de syénite (18 km sur 3 km) a été découverte dans le coin sud-ouest de la région. Associée à une forte anomalie magnétique, nettement circulaire au niveau du lac Rodayer, elle longe la bordure nord de la zone de cisaillement de la rivière Nottaway (ZCRN).

Au sein du Groupe de Colomb-Chaboullié, le grain structural est NE-SO et les fabriques tectoniques sont fortement abruptes. Dans l'Opatica, la foliation montre une attitude plus variable, suggérant une géométrie en « dômes et bassins ». Au sud-ouest, les roches plutoniques de l'Opatica et les roches volcaniques et sédimentaires adjacentes subissent l'effet de la ZCRN (NO-SE), caractérisé par la présence de mylonites et de tectonites L/S.

Les sites d'intérêt économique se regroupent dans six principaux contextes géologiques : 1) sulfures massifs volcanogènes aurifères dans les unités volcaniques du Groupe de Colomb-Chaboullié (indice du lac Marcaut : plusieurs intersections de sulfures massifs bréchiques titrant de 1,5 à 8 g/t Au); 2) minéralisations en Ni-Cu-EGP associées aux intrusions mafiques-ultramafiques (gîte Horden : réserves probables estimées à 1 238 333 tonnes à 1,9 % Cu et 0,4 % Ni); 3) minéralisations en Au-Cu associées à des veines de quartz contenant des sulfures disséminés et recoupant les roches volcaniques (indice du lac Colomb-SO; 2,5 g/t Au et 0,95 % Cu dans un échantillon choisi); 4) formations de fer rubanées (indices Lepallier, Gruet, Audru et Trémolite); 5) pegmatite contenant 1 % Be (indices Lac des Pointes et Lac Marcaut); et 6) potentiel en ETR de l'intrusion de syénite.

G29

Contexte géologique et structural de la région du lac Joubert, Eeyou Istchee Baie-James

Pénélope Burniaux, Hanafi Hammouche (MERN) et Nathan Cleven (UL)

La région du lac Joubert (feuillets SNRC 33H01, 23E04 et 23E03) a été l'objet d'un levé géologique au 1/50 000 durant l'été 2015. Cette région est située dans la portion NE de la Province du Supérieur, plus précisément dans les sous-provinces de La Grande et de l'Opinaca. Le terrain est composé de roches néoarchéennes recoupées par des essaims de dykes mafiques néoarchéens (N-S à NNO) et paléoprotérozoïques (NE-SO et NO-SE).

Dans la partie nord du terrain, le bassin sédimentaire archéen de la Formation de la Rivière Salomon ceinture de grandes intrusions de composition felsique. Il subsiste quelques reliques de ceintures volcaniques démembrées de la Formation de Trieste, lesquelles sont composées de métavolcanites de composition mafique à felsique. À l'est, une grande intrusion granitique post-tectonique de la Suite de Lataignant recoupe la Sous-province de La Grande. Dans la partie sud-ouest du terrain, la Sous-province de l'Opinaca est formé d'un ensemble de roches métasédimentaires constitué de paragneiss à biotite ± grenat ± orthopyroxène migmatitisés appartenant au Complexe de Laguiche.

L'agencement structural est de style dômes et bassins. L'interprétation préliminaire indique une fabrique régionale de plis serrés à isoclinaux, déversés vers le sud. Ces structures résultent d'un premier évènement de déformation N-S, suivi par un deuxième épisode de déformation orienté E-O qui a généré de grands plis ouverts à ondulants d'axe N-S. Un important cisaillement E-O marqué par un chapelet de filon-couches ultramafiques d'épaisseur métrique à décamétrique sépare la Sous-province de La Grande du domaine central, lequel est caractérisé par des roches intrusives syn-tectoniques exhibant un fort étirement des quartzs. Le domaine central est limité au sud par un autre cisaillement, au contact de la Sous-province de l'Opinaca. Ces deux cisaillements majeurs soulignent un chevauchement de la Sous-province de La Grande sur celle de l'Opinaca.

Le métamorphisme de la région varie du faciès des schistes verts à celui des granulites. Les métasédiments sont caractérisés au nord par la présence de grenat, de cordiérite, de sillimanite et de staurotide et au sud par la présence de grenat et d'orthopyroxène. Nous avons également identifié de nouvelles zones d'altération et de métasomatisme, caractérisées par des assemblages de quartz-amphibole-diopside-grenat et de biotite/phlogopite-calcite-amphibole-pyrrhotine. Des études spécifiques sur le métamorphisme sont en cours afin de mieux le caractériser.

Les indices déjà connus et les cibles régionales découvertes durant nos travaux montrent que la région possède un potentiel intéressant pour la découverte de minéralisations d'or orogénique.

G30

Géologie de la région du lac Villaret, Eeyou Istchee Baie-James : l'Opinaca sous un jour nouveau

Jean Goutier (MERN), Joséphine Gigon (URSTM) et Myriam Côté-Roberge (UL)

La région du lac Villaret est située à une cinquantaine de kilomètres au sud du réservoir La Grande 3. Les feuillets SNRC couverts par ce levé géologique (1/50 000) sont le 33F01 et le 33F08. Les travaux géologiques antérieurs se limitent à une cartographie de reconnaissance géologique (1/506 880) par la Commission géologique du Canada (1957); à de la prospection pour l'uranium et à une cartographie partielle du feuillet 33F08 dans les années 1970; et à un peu de prospection pour l'or dans les années 2000.

La région étudiée est située presque entièrement dans la Sous-province d'Opinaca, dans la portion NE de la Province du Supérieur. Cette sous-province est dominée par des paragneiss dérivés de wackes plus ou moins migmatisés, dans lesquels des intrusions néoarchéennes de nature généralement felsique se sont injectées. Des intrusions ultramafiques de faible dimension se sont mises en place le long de grandes structures dont l'étendue n'est pas encore connue. Ces intrusions sont beaucoup moins déformées que les roches encaissantes, mais elles sont métamorphisées au même faciès. La Sous-province de La Grande n'affleure que dans le coin nord-est de la région. Un pluton des Intrusions de Duncan et un de la Suite de Bezier en sont les seuls représentants. Quelques dykes mafiques néoarchéens (Mistassini) et paléoprotérozoïques (Lac Esprit) recoupent les unités précédentes. Le métamorphisme archéen varie globalement du nord (faciès des schistes verts) au sud (faciès supérieur des amphibolites), avec des wackes peu métamorphisés au nord et des paragneiss très migmatisés dans certaines zones au sud de la région. Un seul affleurement de paragneiss contenant de l'orthopyroxène a été observé au cours de l'été. Le métamorphisme régional fait l'objet d'un nouveau projet de maîtrise.

La Sous-Province d'Opinaca était auparavant considérée un dôme métamorphique. Cependant, les nouvelles données indiquent un patron structural complexe mettant en jeu de grands cisaillements découplant les roches du Laguiche. Certains de ces cisaillements se connectent sur le corridor de déformation La Grande-Opinaca à l'ouest, indiquant la possibilité de l'extension des structures aurifères le long du contact La Grande-Opinaca, à l'intérieur de la Sous-province d'Opinaca. Ceci est appuyé par la présence de zones d'altération métamorphisées (PG-AM-DP-QZ-PO-PY-CP).

Le potentiel minéral de la région se limitait avant nos travaux à quelques indices d'uranium et de thorium, mais la découverte de plusieurs zones rouillées (ex. : schiste graphiteux à sulfures; zones métasomatiques à PO-CP-PY) laisse supposer un potentiel et de nouveaux contextes d'exploration pour cette partie de l'Opinaca très peu prospectée.

G31

Présentation des données géophysiques publiées en 2015

Rachid Intissar et Siham Benahmed (MERN)

Géologie Québec a poursuivi ses levés géophysiques aéroportés à grande échelle dans différentes provinces géologiques durant l'année 2014-2015, notamment dans le Grenville et le Churchill. Le nombre de kilomètres linéaires parcouru au cours de la dernière année est de l'ordre de 312 010 km. Le but ultime de ces levés de haute résolution est de fournir un outil de soutien à la cartographie géologique autant pour les projets de Géologie Québec que pour ceux des sociétés privées. Ces données permettent également de favoriser l'exploration minière et de stimuler l'investissement privé avec la génération de cibles d'intérêt.

Les résultats des récents levés sont publiés par Géologie Québec dans les rapports suivants :

- **DP 2015-03 :** Levé magnétique aéroporté couvrant, en partie ou en totalité, 4 feuillets SNRC au 1/50 000 dans le secteur de la rivière Matapédia au Bas-Saint-Laurent, Province des Appalaches, levé réalisé par Géophysique GPR International;
- **DP 2015-04 :** Levé magnétique aéroporté couvrant, en partie ou en totalité, 31 feuillets SNRC au 1/50 000 dans le secteur des Escoumins, Province de Grenville, levé réalisé par EON Géosciences;
- **DP 2015-05 :** Levé magnétique aéroporté couvrant, en partie ou en totalité, 18 feuillets au 1/50 000 dans le secteur à l'est du réservoir Gouin, Province de Grenville, levé réalisé par Géo Data Solutions;
- **DP 2015-06 :** Levé magnétique aéroporté couvrant, en partie ou en totalité, 18 feuillets au 1/50 000 dans le secteur ouest du Lac-Saint-Jean, Province de Grenville, levé réalisé par Goldak Airborne Surveys;
- **DP 2015-07 :** Compilation des nouveaux levés géophysiques couvrant le territoire québécois;
- **DP 2015-08** : Levé magnétique et spectrométrique aéroporté couvrant, en partie ou en totalité, 18 feuillets au 1/50 000 dans le secteur de la rivière Arnaud, Province de Churchill, levé réalisé par Géo Data Solutions.

G32

Géologie de la région du lac à l'Eau Jaune (SNRC 32G10)

François Leclerc, Francis Talla Takam et Mehdi A. Guemache (MERN)

La révision cartographique de la région du lac à l'Eau Jaune (feuillet SNRC 32G10) s'inscrit dans le cadre d'un levé couvrant la région de Chapais-Chibougamau. Les objectifs de ce projet sont : a) de cartographier l'extension de la Formation de Chrissie au sud du Pluton de Presqu'Île, b) de définir le contexte stratigraphique du secteur des lacs Winchester et des Trois Îles, c) de cartographier le Complexe d'Eau Jaune et de vérifier l'extension de la minéralisation à molybdène, d) de définir l'extension du couloir aurifère de Palmer-Tippecanoe à l'ouest du couloir de déformation de Fancamp, e) de caractériser l'évolution structurale entourant les indices aurifères de la Zone de cisaillement de Monster Lake, f) de raffiner la cartographie à l'aide du levé aéromagnétique récent et de l'ajout de nouvelles données géochimiques et géochronologiques. Le secteur étudié comprend les plus vieilles roches volcaniques de la Sous-province de l'Abitibi, avec les basaltes, andésites, roches volcanoclastiques et exhalites à PY-PO ± SP ± CP de la Formation des Vents (2799 Ma) et de la Formation de Chrissie (2791 Ma). Notre cartographie a permis de suivre les exhalites caractérisant le sommet du Chrissie, depuis le sud du Pluton de Presqu'Île jusqu'à l'est du Complexe d'Eau Jaune. Le secteur des lacs Winchester et des Trois Îles comprend une bande de tufs à lapilli grossiers, des exhalites à PY-PO ± SP ± CP et des basaltes dont l'altération à CL-MG-EP est typique des environnements de SMV. L'analyse géochronologique d'un échantillon de tuf à lapilli permettra de confirmer l'âge de l'unité. Le Complexe d'Eau Jaune est constitué de diorite successivement recoupée par des unités de tonalite et de trondhjémite. Ces unités intrusives développent une structure gneissique et migmatitique au contact des enclaves centimétriques à plurikilométriques de roches volcaniques et sédimentaires amphibolitisées. À l'ouest du couloir de déformation de Fancamp, l'extension vers l'ouest du couloir de déformation de Palmer-Tippecanoe est orientée N310 et comprend plusieurs indices filoniens aurifères. La Zone de cisaillement de Monster Lake, parallèle au couloir de déformation de Fancamp (N040), recoupe des veines aurifères associées à des zones de cisaillement N-S à NNE-SSO. Toutes ces structures sont recoupées par la schistosité et les zones de cisaillement E-O. Une étude plus approfondie est requise afin de connaître l'ampleur de la remobilisation de l'or au cours des différents incréments de la déformation. Le projet a permis de livrer 753 géofiches d'affleurement à la base de données du SIGÉOM et de soumettre 212 échantillons pour analyses géochimiques globales et 92 échantillons pour analyses du contenu en éléments économiques.

G32

La recherche de SMV dans la région de Chibougamau : travaux récents et cibles d'exploration

François Leclerc, Patrick Houle (MERN), Pierre-Simon Ross (INRS-ETE), Jean Laforest (Les Ressources Tectonic) et Claude Larouche (Ovalbay Geological Services)

Le potentiel en SMV de la région de Chibougamau est connu depuis la découverte de l'amas sulfuré de la mine Lemoine (758 070 t à 4,2 % Cu, 83,38 g/t Ag, 4,20 g/t Au et 9,56 % Zn) et du gisement Scott (5,4 Mt à 1,2 % Cu, 34 g/t Ag, 0,2 g/t Au et 4,6 % Zn), tous deux associés aux rhyolites d'affinité tholéiitique de la Formation de Waconichi, au sommet du premier cycle volcanique du Groupe de Roy.

Les récents travaux d'exploration pour les minéralisations de type SMV (prospection, décapage, cartographie, analyses multiparamétriques, levés géophysiques aériens et au sol) ont été réalisés par des prospecteurs (supportés par le fonds de prospection de la Table jamésienne de concertation minière), des sociétés minières, l'INRS-ETE, la Commission géologique du Canada et le MERN.

Ces travaux démontrent que les minéralisations de type SMV témoignent d'une pause dans le volcanisme mafique au cours de laquelle se développent :

- des réseaux de veines et de veinules à CL-EP-SI-PY dans les basaltes coussinés altérés en chlorite noire et en amas d'épidote;
- une altération en SR-PY dans les roches volcaniques felsiques;
- des exhalites et des formations de fer sulfurées (PY ± PO ± CP) et carbonatées (AK-SD-CR-CL);
- des unités litées de chert et d'arénite, granoclassées avec des laminations entrecroisées;
- une altération en grenat manganésifère (spessartite)

Ces éléments caractérisant une pause dans le volcanisme ont été reconnus non seulement dans les roches de la Formation de Waconichi, mais à plusieurs niveaux dans la stratigraphie, ce qui représente autant de cibles pour la prospection de SMV :

- les exhalites à PY-PO et les basaltes métasomatisés (altération en carbonates et grenat spessartite) du membre supérieur de la Formation de Chrissie (2791 Ma);
- les exhalites à PY et les formations de fer au sommet des basaltes du Membre de David (env. 2729 Ma), au nord du lac aux Dorés (Orofino-Kill Bill, indices du lac Taché, Sulphur Converting, indice David);
- les formations de fer et les chapeaux de fer (MG-PY) dans le Membre d'Andy (secteur du km 6 et indice Indian Lake);
- les exhalites à PY-PO et les sulfures massifs surmontant les basaltes variolaires et les roches volcanoclastiques à la base de la Formation de Blondeau (env. 2718 Ma; indices UMA, Lac France-Est, Lac France-Ouest, PAMAC, Lac Lucie-Nord, UMEX-2).

G33

Inventaire des ressources en granulats des régions de Puvirnituq et d'Akulivik

André Brazeau (MERN)

Durant l'été 2015, des travaux d'inventaire des ressources en granulats ont été effectués dans les villages nordiques de Puvirnituq et d'Akulivik, situés sur la côte est de la baie d'Hudson.

Le village de Puvirnituq, situé sur la rive nord de la baie du même nom (60° 2' 8" N et 77° 16' 30" O), est la plus importante communauté inuite sur la baie d'Hudson, avec une population de 1 808 habitants (Répertoire des municipalités, MAMOT, 2015). On y retrouve un hôpital et un aéroport, lequel est une plate-forme aéroportuaire pour la côte est de la baie d'Hudson.

Le village d'Akulivik est situé à environ 100 kilomètres au nord de Puvirnituq, sur une péninsule de la baie d'Hudson (60° 48' 37" N et 78° 11' 14" O). La population de ce village est de 676 habitants (Répertoire des municipalités, MAMOT, 2015).

Puisque la population des villages nordiques est généralement 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, d'où un besoin accru en granulats pour les radiers (fondations pour bâtiments et routes).

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 principalement consisté en de nombreux sondages à la pelle ainsi qu'en visites de coupes naturelles et de quelques sablières. Sur l'ensemble des villages, 18 échantillons de sable ou de gravier ont été prélevés et expédiés en laboratoire pour déterminer leurs propriétés physico-mécaniques.

Les principales sources de granulats disponibles dans les secteurs d'étude sont des dépôts glaciomarins (sédiments littoraux), lesquels se sont déposés au cours de la dernière déglaciation, il y a environ 7 900 ans. Les dépôts glaciomarins se sont mis en place sur les rivages de la mer de Tyrell, généralement sous forme de terrasses surmontées de nombreux graviers et cailloux arrondis.

G34

État des nouvelles compilations géoscientifiques au Québec

Pierre Lacoste, Ghyslain Roy, Simon Auclair, Mona Baker, Charles St-Hilaire, Julie Vallières, N'golo Togola, Nathalie Bouchard, Ricardo Escobar et Jean Marie Nzengue (MERN)

Le traitement et la diffusion de la connaissance géoscientifique sont une partie importante du mandat de Géologie Québec. Cette année encore, Géologie Québec présente les nouvelles compilations qui ont été intégrées à la base de données du SIGÉOM. Pour chacune des entités géoscientifiques concernées, le portrait offert montre les secteurs dans lesquels de nouvelles données ont été intégrées au SIGÉOM ou qui ont fait l'objet de mises à jour. L'état des compilations renseigne sur les nouvelles connaissances acquises pour les entités géoscientifiques suivantes :

- géologie du socle (ou substratum rocheux);
- géologie du Quaternaire;
- gîtes et indices – substances métalliques;
- gîtes et indices – substances non métalliques;
- gîtes et indices – pierres architecturales, industrielles et concassées;
- forage.

G35

Symboles et abréviations de la carte géoscientifique

Ghyslain Roy (MERN)

Document traitant de la symbologie utilisée pour illustrer les différents éléments géométriques de nature géoscientifique dans le système d'information géominière du Québec (SIGÉOM). Il offre aux utilisateurs du SIGÉOM une vue d'ensemble des règles en usage à Géologie Québec en ce qui concerne la représentation cartographique des symboles de points, de lignes, de polygones et des nombreuses abréviations utilisées dans les bases de données.

G36

Les principales subdivisions géologiques du Québec

Ghyslain Roy (MERN)

Cette carte présente les limites des provinces, sous-provinces et autres principaux sous-ensembles géologiques du Québec. Les limites ont été établies sur la base des caractéristiques lithologiques, stratigraphiques, métamorphiques, structurales, géophysiques et géochronologiques provenant des connaissances les plus récentes compilées dans le système d'information géominière du Québec (SIGÉOM).

G37

Caractérisation des filons-couches mafiques et ultramafiques de la Zone de Gerido dans la région des lacs Qamaniik, Fosse du Labrador, Nunavik, Québec

Marie-Pier Bédard (UL), Michel Houlé (CGC-Q) et François Huot (UL)

Les filons-couches de Montagnais de la Fosse du Labrador, de composition mafique et ultramafique, recoupent la presque totalité de la séquence supracrustale sur un intervalle de plus de 280 millions d'années. À l'été 2015, des travaux de cartographie et d'échantillonnage ont été effectués afin de caractériser les différents types d'intrusions mafiques et ultramafiques situés au nord-ouest de Kuujjuaq (SNRC 24K05, 24K06 et 24K12), où les intrusions sont injectées principalement dans les formations sédimentaires de Baby et volcaniques d'Hellancourt du Groupe de Koksoak, toutes deux associées au deuxième cycle volcano-sédimentaire.

Trois types d'intrusions ont pu être définis à partir des observations de terrain, soit des intrusions mafiques (IM), ultramafiques (IUM) et mafiques à ultramafiques (IMUM). La polarité stratigraphique du secteur à l'étude est généralement interprétée vers l'est, en se basant principalement sur les observations faites dans les IMUM – structures sédimentaires et volcaniques ainsi que différenciation magmatique. Aucune évidence de plissement majeur n'a été répertoriée; par contre, certaines répétitions structurales ne peuvent être exclues. Les IM sont continues sur ~20 km variant en épaisseur entre 400 et 1 500 m. Elles sont majoritairement composées de gabbro aphyrique massif, parfois lité, de granulométrie fine à moyenne. Des faciès à textures variées et pegmatiques ainsi que l'apparition de quartz bleuté sont plus communs vers la partie sommitale de celles-ci. Des petits amas de sulfures disséminés (≤ 5 %) enrichis en EGP sont localement observés dans les IM. Les IUM sont composées de péridotite, à texture pœcilitique à pyroxènes par endroits, qui présente localement des bordures pyroxénitiques. Discontinues et de faible épaisseur (≤100 m), elles se retrouvent essentiellement au centre des IM. Elles contiennent des enclaves gabbroïques de dimensions variables. Les IMUM consistent en une séquence mafique-ultramafique différenciée montrant une continuité d'au moins 20 km et une épaisseur ~130 m. La partie ultramafique des IMUM se compose, de la base au sommet (d'ouest vers l'est), d'une unité gabbroïque surmontée d'une pyroxénite et d'une unité de péridotite localement pœcilitique. La partie supérieure de celle-ci se caractérise par une alternance de niveaux (centimétriques à décimétriques) de péridotite et de péridotite riche en pyroxène évoluant progressivement vers une pyroxénite. En contrepartie, la partie mafique se compose majoritairement d'unité gabbroïque de granulométrie variable avec l'apparition du quartz bleuté vers le sommet.

La caractérisation pétrographique et géochimique des intrusions de Montagnais dans ce secteur permettra de mieux les différencier, puis d'en évaluer leur potentiel respectif pour les minéralisations de Ni-Cu-EGP.

G38

Observations pétrologiques et minéralogiques du corps minéralisé Ovoïde – gisement de sulfures de Ni-Cu de Voisey's Bay, Canada : implications pour la formation du corps minéralisé

Luiz Felipe Salim Amaral, Sarah-Jane Barnes et Philippe Pagé (UQAC)

Les gisements de sulfures de Ni-Cu-EGP (éléments du groupe du platine) magmatiques sont communément encaissés dans des roches mafiques-ultramafiques, lesquelles se sont formées à partir de magmas silicatés issus du manteau.

Pour permettre la formation de gisements en Ni-Cu-EGP, le magma doit rapidement atteindre un niveau de saturation en sulfures pour qu'il s'y développe un liquide sulfuré immiscible, capable de concentrer les EGP et autres éléments chalcophiles. Au début de la cristallisation du liquide sulfuré, une solution solide monosulfurée (*ssm*) riche en fer cristallise et concentre les éléments Re, Os, Ir, Rh et Ru. Par la suite, le système se refroidit et une solution solide intermédiaire (*ssi*) riche en cuivre cristallise et concentre les éléments Ag, Cd et Zn. Les éléments Pt, Pd, Au, Bi, As, Te et Sb qui sont incompatibles avec les *ssm* et *ssi* se concentrent dans le liquide résiduel. De ce liquide résiduel cristallisent les minéraux du groupe du platine (MGP), parmi les *ssm* et *ssi*. Finalement, lorsque la température chute à <650 °C, il y a exsolution de pyrrhotite et de pentlandite à partir de la *ssm* et exsolution de chalcopyrite ± pentlandite à partir de la *ssi*.

Le gisement de Voisey's Bay (1,33 Ga) est associé à une suite plutonique de troctolite-anorthosite ± granite située à proximité des limites de provinces tectoniques. Ce gisement s'est formé en profondeur (~14 km), de telle sorte qu'il s'est refroidi lentement, avec suffisamment de temps pour qu'il y ait exsolution de grains grossiers de sulfures riches en métaux usuels ainsi qu'exsolution de MGP. Jusqu'à présent, Voisey's Bay est le seul gisement important connu dans ce type de contexte géologique. Le principal objectif de ce projet est d'étudier les sulfures massifs du corps minéralisé Ovoïde du gisement de Voisey's Bay, afin de documenter et de décrire la distribution des EGP et des autres éléments chalcophiles au sein des sulfures de métaux usuels. Les travaux réalisés à ce jour comprennent de la pétrographie, des analyses de roches totales et des analyses par microsonde électronique. La prochaine étape du projet consistera à faire des analyses par LA-ICP-MS et des calculs de bilan massique afin d'élaborer un modèle de la répartition des éléments traces dans le corps minéralisé Ovoïde.

Les résultats préliminaires font état de deux assemblages de sulfures distincts : un assemblage *riche en fer* avec pyrrhotite, troïlite, pentlandite ± chalcopyrite; et un assemblage *riche en cuivre* incluant cubanite ± chalcopyrite ± pentlandite. De la magnétite ainsi qu'un peu de galène et de sphalérite sont présentes dans les deux assemblages. L'exsolution de troïlite et de cubanite se produit à des températures <200 °C, ce qui signifie que le magma est enrichi en Fe. Par ailleurs, les analyses de roches totales indiquent que le magma était pauvre en EGP. L'Ovoïde s'est refroidi lentement, sur une période de temps suffisamment longue pour permettre l'exsolution de MGP et de minéraux de Bi-As-Te, tels qu'observés dans les sulfures massifs lors des analyses à la microsonde électronique.

G39

Signature isotopique Re-Os des laurites en inclusion dans les chromites du Stillwater (Montana, États-Unis) et identification des phases interstitielles enrichies en EGP

Laurène-Marie Wavrant, Sarah-Jane Barnes, Philippe Pagé (UQAC), Norman Pearson et William L. Griffin (ARC National Key Centre for Geochemical Evolution and Metallogeny of Continents - GEMOC)

L'origine des chromitites des intrusions litées et leurs rôles dans la concentration des éléments du groupe du platine (EGP : Os, Ir, Ru, Rh, Pt et Pd) demeurent mal compris. Diverses études basées sur la géochimie des éléments majeurs et traces et sur les signatures isotopiques sur roches totales ont conclu que la contamination d'un magma primitif par une composante crustale jouait un rôle important dans la formation des chromitites.

Le système isotopique Re-Os est particulièrement bien adapté à l'étude de l'origine des enrichissements en EGP, puisque l'Os est enrichi dans les chromitites. L'Os est généralement présent dans les laurites ([Ru, Os]S_2) observées en inclusion dans les chromites. Dans une nouvelle approche à ce problème, les compositions isotopiques du couple Re-Os ont été déterminées par LA-MC-ICP-MS dans les laurites en inclusions dans les chromites des chromitites du Complexe du Stillwater (intrusion litée de 2,7 Ga, Montana, États-Unis). Les compositions isotopiques obtenues fluctuent de subchondritiques à suprachondritiques et sont même extrêmement variables à l'échelle de la lame mince (γOs = -2 à 7), remettant en question la représentativité des compositions isotopiques obtenues sur roches totales. Ces résultats nécessitent un mélange d'au moins deux composantes. La première est chondritique à subchondritique et requiert une source mantellique. La seconde est suprachondritique et met en évidence l'implication d'une composante crustale.

Trois modèles peuvent expliquer ces résultats; les laurites représentent i) des xénocristaux résiduels dérivés du manteau, ii) des phénocristaux dérivant de magmas ayant subi divers degrés de contamination crustale, iii) le produit de la diffusion du Ru et de l'Os initialement dans la chromite vers les sulfures. Les deux premiers modèles ne peuvent expliquer à eux seuls les variations de compositions isotopiques observées. En revanche, le troisième modèle demande que les compositions (sub)chondritiques soient dominées par la signature des chromites et les compositions suprachondritiques, par la signature des sulfures.

Afin de valider le modèle de diffusion de l'Os et du Ru de la chromite vers les sulfures, un projet de caractérisation des sulfures interstitiels dans les chromitites du Complexe du Stillwater ainsi que la localisation des EGP associés à ces sulfures a été réalisé. Les résultats préliminaires montrent que les EGP sont présents sous forme de MGP (minéraux du groupe du platine) et sont généralement associés aux pentlandites ([Fe, Ni]$_8S_9$), altérées ou non.

G40

Les éléments traces dans les sulfures magmatiques comme indicateur pétrogénétique et outil d'exploration : qu'avons-nous appris des sulfures massifs des gisements de Pd du Lac des Iles (Ontario, Canada)?

Charley J. Duran, Sarah-Jane Barnes (UQAC) et John T. Corkery (NAP)

Nous avons analysé les pyrrhotites, les pentlandites et les pyrites des lentilles de sulfures des gisements de Pd du Lac des Iles (Ontario, Canada) en utilisant la spectrométrie de masse à plasma induit couplée à l'ablation laser (LA-ICP-MS). En comparant nos données avec celles de la littérature, nous avons remarqué que les signatures en éléments traces des pyrrhotites et des pentlandites dérivées de magmas primitifs (intrusions et coulées ultramafiques, intrusions litées et basaltes en plateaux) sont différentes de celles dérivées de magmas plus évolués (andésites). Les gisements de Ni-Cu-EGP (éléments du groupe du platine) associés à des magmas primitifs sont essentiellement situés à l'intérieur de cratons stables ou aux marges intraplaques en extension, alors que les gisements de Ni-Cu-EGP associés à des magmas plus évolués (excepté Sudbury) sont situés dans des contextes convergents ou transpressifs. Ainsi, dans des cas peu documentés ou mal compris, la signature géochimique de la pyrrhotite et de la pentlandite peut être utilisée pour déduire la nature de leur magma parent. Nous avons également observé que la composition et la distribution en éléments traces des pyrites de divers gisements de Ni-Cu-EGP sont similaires, suggérant un processus commun de modification de la minéralisation.

Par ailleurs, nous avons constaté que les pentlandites des gisements dominés par les EGP sont grandement enrichies en Pd et en Rh par rapport aux pentlandites des gisements de sulfures de Ni-Cu et que les pyrites des gisements de Ni-Cu-EGP magmatiques sont enrichies en Co et en Se, et appauvries en Sb et en As, par rapport aux pyrites de gisements hydrothermaux de basses températures (gisements de type or orogénique et sulfures massifs volcanogènes). Par conséquent, un diagramme Pd vs Rh dans la pentlandite sera efficace pour distinguer les pentlandites des gisements dominés par les EGP de celles des gisements de sulfures de Ni-Cu, alors qu'un diagramme Co/Sb vs Se/As dans la pyrite permettra de discriminer les pyrites des gisements de Ni-Cu-EGP de celles des gisements hydrothermaux. Dans les dépôts glaciaires (tills) qui recouvrent de vastes zones arctiques et subarctiques, la pentlandite et la pyrite peuvent être récupérées de la fraction minérale lourde. Les deux diagrammes que nous avons développés peuvent être utilisés en exploration pour identifier des cibles potentielles et adapter les stratégies d'exploration.

G41

Effet de la cristallisation de la chromite sur le fractionnement de l'Os, de l'Ir, du Ru et du Rh dans les magmas picritiques sous-saturés en sulfures : exemple de la Grande province ignée d'Emeishan, sud-ouest de la Chine

Jean-Philippe Arguin, Philippe Pagé, Sarah-Jane Barnes (UQAC), Song-Yue Yu et Xie-Yan Song (SKLODG)

Il est maintenant accepté que la chromite joue un rôle sur le fractionnement de l'Os, de l'Ir, du Ru (collectivement nommés IEGP) et du Rh lors de la cristallisation fractionnée des magmas mafiques-ultramafiques sous-saturés en sulfures. Afin d'étudier l'effet de la cristallisation de la chromite sur le fractionnement de ces éléments, nous avons analysé *in situ* par ablation laser couplée à un spectromètre de masse (LA-ICP-MS) des chromites provenant des picrites de la Grande province ignée d'Emeishan (ELIP), située dans le sud-ouest de la Chine. Bien que la présence de quelques micro-inclusions de minéraux du groupe du platine (MGP) ait été décelée, les signaux d'analyse obtenus pour les IEGP et le Rh sont généralement constants, indiquant que ces éléments sont distribués de manière homogène dans la structure de la chromite.

Basés sur des calculs empiriques, les coefficients de partage obtenus suggèrent que l'ordre de compatibilité des IEGP et du Rh dans les chromites d'Emeishan est : Ru ($D_{Ru}^{Chr/Pic} D_{Ru}^{Chr/Pic} = 127$) > Rh ($D_{Rh}^{Chr/Pic} D_{Rh}^{Chr/Pic} = 32$) ≥ Ir ($D_{Ir}^{Chr/Pic} D_{Ir}^{Chr/Pic} = 27$) ≥ Os ($D_{Os}^{Chr/Pic} D_{Os}^{Chr/Pic} = 23$). Malgré leur forte compatibilité, les calculs de bilan de masse révèlent que la chromite ne contrôle pas la totalité du budget roche totale en IEGP et en Rh, avec un maximum de ~85 % du Ru, ~50 % du Rh et moins de 25 % de l'Os et de l'Ir. La présence de micro-inclusions de MGP (laurite et alliages d'Os-Ir±Ru) pourrait expliquer la portion manquante du budget roche totale. Toutefois, en supposant que les IEGP et le Rh peuvent être compatibles avec l'olivine, celle-ci pourrait également jouer un rôle sur le contrôle et le fractionnement de ces éléments, puisqu'elle est très abondante dans les picrites d'Emeishan.

En nous basant sur une modélisation numérique, nous concluons que la chromite, les MGP et l'olivine ont tous un effet potentiel sur le fractionnement des IEGP et du Rh durant les premiers stades de la cristallisation fractionnée des magmas picritiques sous-saturés en sulfures. Nous avons établi que l'incorporation préférentielle du Ru dans la structure de la chromite est à l'origine des anomalies en Ru observées à partir des profils en Ni-Cu-EGP normalisés des basaltes de la ELIP. Toutefois, bien que nous suspectons fortement que les MGP exercent un rôle majeur sur la différentiation de l'Os et de l'Ir, l'importance relative des MGP et de l'olivine sur le fractionnement des IEGP et du Rh demeure incertaine.

G42

Caractérisation minéralogique d'indices platinifères dans la région des lacs Lacasse et Thévenet, partie nord de la Fosse du Labrador, Nunavik, Québec

Cynthia Brind'Amour-Côté (FEMN), Michel Houlé (CGC-Q) et François Huot (UL)

Les intrusions mafiques et ultramafiques de Montagnais dans la Fosse du Labrador sont hôtes de plusieurs styles de minéralisations en Cu-Ni-EGP, incluant des minéralisations stratiformes pauvres en sulfures d'EGP-Cu-Ni (*reef-style mineralization*). Dans le cadre de cette étude, les indices Ceres, Enish, Itokawa, Athena et Paladin, qui se répartissent sur plus de 150 km, ont fait l'objet d'une caractérisation pétrographique et géochimique afin de mieux comprendre la distribution des minéralisations platinifères.

Les minéralisations platinifères de ces indices se présentent sous forme de petits amas de sulfures disséminés (≤ 5 % sulfures) associés à de larges intrusions gabbroïques d'affinité tholéitique composées principalement de métagabbronorites à granulométrie variable (fine à grossière) montrant des textures intergranulaires ou subophitiques. Localement, des métapyroxénites sont également observées, comme à l'indice Paladin. Les assemblages sulfurés dominants sont constitués de chalcopyrite, de pyrrhotite et de pyrite. En contrepartie, la pentlandite (altérée en violarite), la cubanite et la sphalérite sont des constituants communs, quoique relativement secondaires dans les assemblages. La gersdorffite ([Fe,Ni,Co]AsS), un autre constituant de ces assemblages, n'est observée qu'aux indices Athena et Paladin.

Les teneurs obtenues pour les différents indices varient de 1,6 à 4,8 g/t pour les platinoïdes (Pt+Pd), de 0,4 à 1,4 % pour le cuivre et de 0,05 à 0,1 % pour le nickel. Les ratios Pd/Pt montrent des variations importantes de 0,6 à 6,0. Plus spécifiquement, ils sont : ≤ 1 pour les indices de Ceres et Itokawa; ~ 1 pour l'indice Enish; ~ 2 pour l'indice Athena; et ≥ 5 pour l'indice de Paladin. Les minéraux du groupe du platine (MGP) répertoriés sont des arséniures, des tellures et des antimoniures. Le MGP platinifère identifié, la sperrylite ($PtAs_2$), est présente à tous les indices, à l'exception de l'indice Ceres. Les MGP palladifères sont la merenskyite ($PdTe_2$) aux indices Ceres, Itokawa et Athena; la témagamite (Pd_3HgTe_3) à l'indice Enish; la kotulskite (PdTe) aux indices Itokawa et Athena; la sudburyite (PdSb) aux indices Athena et Paladin; et, finalement, la borovskite (Pd_3SbTe_4) à l'indice Athena.

En général, les minéralisations en platinoïdes des indices à l'étude montrent une bonne corrélation entre le contenu en S et la présence d'EGP, ce qui est également supporté par les observations pétrographiques et de terrain. Malgré des données fragmentaires, de nombreuses similitudes semblent exister entre les indices au nord de la rivière Koksoak (Ceres, Enish et Athena) et l'indice Paladin (au sud), où un enrichissement en Pd est observé.

G43

La Suite intrusive de Soisson : un prolongement potentiel de la Suite plutonique de Nain dans la partie ouest de la Zone noyau

David Corrigan, Natasha Wodicka (CGC-O), Isabelle Lafrance, Carl Bilodeau et Daniel Bandyayera (MERN)

La Suite intrusive de Soisson se compose d'un essaim de petits plutons et de culots de gabbro à olivine, de gabbro-norite et de troctolite, présents dans la partie ouest de la Zone noyau, à l'ouest du Batholite de De Pas. Leur mise en place dans la croûte s'échelonne de l'Archéen au Paléoprotérozoïque. Ces intrusions étant non métamorphisées, il est possible d'y observer localement des grains d'olivine verte non altérés en spécimen macroscopique. Elles ont été cartographiées en détail par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) en 2013, lors du levé géologique de la Zone noyau dans la région du lac Saffray, et ont été revisitées l'été dernier dans le cadre d'un projet de fin d'études, avec le soutien du MERN. En 2000-2002, Western Mining Corporation (WMC) avait ciblé ces intrusions dans le cadre de son programme d'exploration pour le Ni-Cu-EGP « Québec-7 », le long de la bordure occidentale de la partie SE de la Province de Churchill. Les résultats des intersections métriques en forage publiés par WMC indiquent des valeurs atteignant 2 % de chalcopyrite, < 2 % de pentlandite et 108 ppb d'EGP. Lors de nos travaux de cartographie ciblée en 2014, nous avons échantillonné l'une des principales phases gabbroïques de l'intrusion en vue d'une datation U-Pb. L'échantillon contenait une abondance de gros cristaux de baddeleyite et de zircon, lesquels ont été analysés au laboratoire de la Commission géologique du Canada à Ottawa. Les résultats préliminaires des analyses par spectrométrie de masse à thermoionisation (TIMS) pour déterminer l'âge des grains de baddeleyite suggèrent que le magma s'est mis en place à environ 1312 ±1 Ma. Il serait donc légèrement plus jeune que les intrusions nickélifères du complexe de Voisey's Bay dans la Suite plutonique de Nain, qui ont été datées à environ 1333 ±1 Ma. Les zircons provenant du même échantillon, analysés par microsonde ionique à haute résolution et à haut niveau de sensibilité (SHRIMP), ont toutefois un âge plus jeune de 1295 ±11 Ma selon la courbe Concordia. Fait intéressant à noter, certains zircons à Voisey's Bay présentent des âges qui seraient compatibles avec les âges des grains de baddeleyite (1333 Ma), tandis que d'autres ont des âges sensiblement plus jeunes, à 1305 Ma. Durant l'été 2014, des dykes de gabbro à olivine orientés E-O ont aussi été cartographiés et échantillonnés dans le cadre du programme de cartographie régionale. Ces dykes E-O sont parallèles à une série de failles et de linéaments crustaux qui semblent associés à l'événement d'extension crustale lié à la mise en place de la Suite plutonique de Nain. Certains pourraient aussi être des dykes nourriciers des intrusions de Soisson. Toutefois, les résultats préliminaires d'analyses TIMS suggèrent un âge d'environ 1270 Ma pour l'un des dykes. La corrélation géochronologique démontrée ci-dessus suggère que les intrusions mafiques à olivine minéralisées en Ni-Cu de la Suite de Soisson sont fort probablement reliées aux intrusions de Voisey's Bay, bien qu'elles se soient mises en place à plus de 300 km à l'ONO de ces dernières, dans la partie ouest de la Zone noyau.

G44

Les dépôts de Samapleu et de Yepleu – Complexe lité mafique-ultramafique de Yacouba (Côte d'Ivoire) : un nouveau type de dépôt à sulfures de Ni-Cu et à MGP?

Christian Picard (Université de Franche-Comté, Besançon et Université Joseph Fourier, Grenoble), Franck Gouédji et Marc Antoine Audet (Sama Nickel-CI SARL, Abidjan, Côte d'Ivoire)

Les hôtes ultramafiques-mafiques des dépôts de nickel, de cuivre et de palladium de Samapleu et de Yepleu, récemment découverts en Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest), font partie du complexe ultramafique à mafique lité de Yacouba, mis en place au Protérozoïque (2,01Ga), au sein du craton archéen de Man.

La minéralisation potentiellement économique est caractérisée par des sulfures de nickel et de cuivre, principalement de la pyrrhotite, de la pentlandite, de la chalcopyrite et de la pyrite. Cette minéralisation est le plus souvent sous forme de dissémination avec, par endroits, des amas semi-massifs concordants aux hôtes pyroxénitiques à gabbro-dioritiques; et de lentilles plurimétriques à texture semi-massive à massive présentant des contacts francs avec les hôtes minéralisés. Des minéraux du groupe du platine (MGP), principalement des bismutho-tellures (Pd, Pt) et des sulfoarséniures (Rh, Pd), sont soit associés aux phases sulfurées, soit en phases minérales distinctes ou en inclusions dans les sulfures.

Les données isotopiques du soufre, les rapports Cu/Pd et les valeurs du facteur R présument de l'origine mantellique des sulfures. Ainsi, les sulfures apparaissent résulter de la formation d'un liquide sulfuré immiscible contemporain des injections sous forme de « feeders » pyroxénitiques dans le complexe de Yacouba (Yepleu), voire directement au sein des granulites et des charnockites archéennes (Samapleu). La présence de nombreuses intercalations résiduelles de matériel charnockitique souvent cisaillé et partiellement fondu suggère par ailleurs que la formation par immiscibilité du liquide sulfuré dans les hôtes ultramafiques-mafiques a été influencée et même provoquée par l'assimilation de roches crustales, elles-mêmes minéralisées en sulfures (pyrite-chalcopyrite), comme c'est le cas des séries de jotunite-enderbite intercalées au complexe de Yacouba. La formation du liquide sulfuré immiscible semble avoir été suivie d'une accumulation par gravité et localement d'une remobilisation tardimagmatique de matériel sulfuré, ce qu'attestent les microveinules de chalcopyrite et la présence de bismuthines de Pd, d'arsénio-antimoniures de Pd et d'arséniures de Pd, révélateurs du rôle potentiellement joué par des fluides hydrothermaux. Enfin, les équilibres P-T déterminés à partir des phases silicatées et de la composition des chromites et des spinelles associés indiquent que les magmas ultramafiques, tout comme les liquides sulfurés produits, auraient cristallisé sous les conditions MP-HT du faciès des granulites, à des profondeurs de l'ordre de 20 à 25 km au sein de la croûte continentale archéenne.

Ainsi, même si les minéralisations nickélifères à MGP de Samapleu et de Yepleu semblent pouvoir se comparer à des gisements connus comme ceux de Jinchuan ou de Voisey's Bay, cette dernière spécificité, cristallisation lente des sulfures à grande profondeur dans la croûte continentale archéenne sous les conditions du faciès des granulites, fait des gisements de Samapleu et de Yepleu un cas à part, et possiblement un nouveau type de gisement à Ni-Cu-MGP.

G45

Le corridor de la route 167 : synthèse géologique et évaluation du potentiel minéral

Ludovic Bigot, Stéphane Faure (CONSOREM) et Réal Daigneault (UQAC-CONSOREM)

Le prolongement de la route 167 depuis le secteur du lac Albanel jusqu'à la mine Renard de Stornoway Diamonds, achevé en septembre 2013, ouvre un nouvel accès à la Baie-James. Le corridor le long de cette nouvelle route contient une diversité d'indices minéralisés en or, en argent, en cuivre, en zinc, mais aussi en uranium et en diamant; cependant, le secteur est peu exploré et l'information géologique y est fragmentaire. La ceinture volcano-sédimentaire d'Eastmain est depuis longtemps au cœur des activités d'exploration dans la région. Elle concentre la majorité des connaissances géologiques, tout en jouant le rôle de métallotecte pour l'or orogénique et les SMV à Cu-Zn. Le secteur à l'extérieur de cette ceinture est très peu connu et mériterait plus d'attention. Ce projet a pour objectif d'évaluer le potentiel minéral du corridor dans son ensemble pour diverses substances.

Une approche méthodique jumelant la compilation géologique et le traitement de données géophysiques et géochimiques a permis de proposer un nouveau portrait géologique et structural pour le corridor de la route 167, à l'échelle régionale et à l'échelle de la ceinture d'Eastmain.

À l'échelle régionale, les nouvelles informations géophysiques ont permis d'interpréter des zones de déformation ductile à partir des linéaments géophysiques et des domaines magnétiques, en plus de définir les limites des sous-provinces de l'Opinaca et de l'Opatica qui bordent désormais les branches ouest et sud de la ceinture d'Eastmain. La reconnaissance de roches sédimentaires et de nouvelles ceintures de roches vertes est un des faits saillants du projet. La superficie couverte par les roches sédimentaires a été augmentée de plus de 300 % pour atteindre plus de 8 500 km^2. Ces roches sédimentaires pourraient faire partie du Complexe de Laguiche, très présent à l'ouest. Plusieurs ceintures de roches vertes, couvrant plus de 120 km^2, ont été découvertes, notamment dans les extensions de la ceinture d'Eastmain, ce qui en fait des nouveaux secteurs d'intérêt pour les métaux.

À l'échelle de la ceinture d'Eastmain, un nouveau portrait géologique est proposé. L'étendue de la ceinture a été augmentée de 35 % (couvrant une superficie de 879 km^2). Les limites des différentes unités géologiques ont été précisées et plusieurs nouvelles unités ont été définies. C'est le cas notamment des unités de rhyolite-rhyodacite (couvrant 19,6 km^2) et des intrusions felsiques composées de granite, de monzonite et de syénite (couvrant 39,7 km^2). L'empreinte d'une déformation ductile domine dans toute la ceinture d'Eastmain; les branches ouest et est, incluant les extensions proposées, pourraient représenter un corridor majeur de déformation ductile (sans information sur la cinématique), qui serait à l'origine de l'architecture actuelle de la ceinture. Auparavant, le niveau de métamorphisme de l'ensemble de la ceinture d'Eastmain correspondait au faciès des amphibolites. Les faciès varient désormais du faciès des schistes verts à celui des granulites. Les zones des schistes verts et des schistes verts supérieurs coïncident avec des zones de cisaillement, indiquant possiblement des zones de rétrométamorphisme associées à la circulation de fluides hydrothermaux.

Plusieurs guides d'exploration sont proposés pour diverses substances et différents types de gisement. D'après des critères de transition métamorphique, d'empreinte structurale et d'environnement lithologique, huit secteurs du corridor sont favorables pour des minéralisations aurifères de type Éléonore, plus particulièrement dans les branches sud et ouest de la ceinture d'Eastmain. Pour les minéralisations d'or orogénique, environ 200 km^2 de zones d'intérêt sont proposés en se basant sur la présence de roches sédimentaires (et de formations de fer) dans (ou au contact) des ceintures de roches vertes, associées à des zones de déformation. Six zones présentent un intérêt pour les systèmes Cu-Au porphyriques, d'après des critères géophysiques de démagnétisation et de structure circulaire, jumelés à des anomalies en Cu dans les sédiments de lac. Trente-trois cibles sont proposées pour les minéralisations magmatiques en Ni-Cu, en raison d'anomalies en Ni dans les sédiments de lac.

G46

Quantifier l'altération hydrothermale : méthodes et données

Lucie Mathieu (CONSOREM), Sylvain Trépanier (Osisko, CONSOREM), Stéphane Faure (CONSOREM) et Réal Daigneault (UQAC)

Les méthodes permettant de quantifier l'altération hydrothermale sont des outils géochimiques abondamment utilisés pour établir les mécanismes de formation des gisements. Ces outils sont aussi utilisés par l'industrie afin de faciliter la prospection des dépôts formés par des processus hydrothermaux. Les outils géochimiques disponibles sont nombreux et ont divers avantages et limites. Certains outils sont complexes d'utilisation, requièrent une quantité importante de données et sont ainsi plus souvent utilisés par les chercheurs scientifiques que par les sociétés d'exploration minérale. Dans tous les cas, la sélection de la méthode la plus appropriée à la quantification de l'altération dans un système minéralisé particulier peut s'avérer difficile. Parmi les méthodes les plus fréquemment utilisées, nous pouvons citer : 1) les calculs des bilans de masse, avec des précurseurs (c.-à-d. roches fraîches) échantillonnés ou modélisés; 2) les indices d'altération, calculés à partir d'éléments majeurs ou de minéraux normatifs (et diagrammes binaires associés); 3) les diagrammes PER (Pearce Element Ratio). Différents outils géochimiques seront présentés, y compris leurs avantages, leurs limites ainsi que leurs capacités à quantifier et à qualifier l'altération hydrothermale. Une attention particulière sera portée à la sensibilité des différentes méthodes à la composition des précurseurs. La quantité de données requise pour l'application de l'une ou l'autre des méthodes sera également présentée afin de déterminer les méthodes les plus utiles à l'exploration minérale.

G47

Caractérisation géochimique des minéraux indicateurs des gisements aurifères orogéniques et des sédiments glaciaires de la région de Val-d'Or, Québec

Donald Grzela, Georges Beaudoin et François Huot (UL)

Les minéraux indicateurs sont utilisés en exploration pour découvrir plusieurs types de gisements. Dans les dépôts aurifères orogéniques des camps miniers de Val-d'Or et de Cadillac, la tourmaline, l'arsénopyrite, la scheelite, le rutile et la magnétite démontrent un potentiel comme minéraux indicateurs. Le projet vise à définir la signature chimique (éléments majeurs, mineurs et traces) des minéraux indicateurs des gisements aurifères orogéniques en place pour la comparer à celle des sédiments glaciaires de la région de Val-d'Or. La chimie minérale sera déterminée à l'aide de la microsonde électronique et par spectrométrie de masse à plasma induit couplée à l'ablation laser.

La minéralisation dans le camp minier de Val-d'Or consiste en un champ filonien aurifère où les veines de cisaillement, les veines d'extension et les stockwerks sont composés de quartz, de carbonates et de tourmaline. Les gisements des mines Sigma, Goldex, Lamaque, Beaufor et Lac Herbin sont des exemples de minéralisation aurifère orogénique échantillonnés dans le cadre de ce projet. La minéralisation de la mine Lapa, située dans le camp minier de Cadillac, a également été échantillonnée. Ce gisement d'or orogénique est l'un des rares dépôts à être situé dans la Zone de faille de Cadillac-Larder Lake. En profondeur, la minéralisation aurifère est associée à l'arsénopyrite, à la pyrrhotite et, localement, à la pyrite. En surface (≤ 1 km), l'or natif est associé à la stibine, à l'aurostibite et à la gudmundite présentes à l'intérieur des veinules de quartz, de dolomite et de calcite.

Au Pléistocène, plus de 95 % de la surface du Canada était recouverte par les glaciers. Dans le secteur de Val-d'Or, l'écoulement glaciaire est orienté vers le sud-ouest. Cinq échantillons de till ont été récoltés dans le secteur de la mine Beaufor, selon un transect nord-est/sud-ouest suivant l'écoulement glaciaire comme suit : un échantillon au nord, à l'extérieur du camp minier de Val-d'Or; trois échantillons dispersés le long du transect, dans le camp minier de Val-d'Or; un échantillon au sud du camp minier de Val-d'Or, dans la sous-province du Pontiac.

Des grains de tourmaline, de scheelite, de magnétite et d'or ont été récupérés dans les échantillons de till. La tourmaline a été récupérée dans la fraction 0,25 à 0,5 mm du concentré de minéraux lourds. Le contenu en tourmaline passe de 18 grains dans l'échantillon situé au nord à 41 grains dans le deuxième échantillon, avant de décroitre graduellement jusqu'à 14 grains dans l'échantillon le plus au sud.

G48

Résultats préliminaires : les minéraux indicateurs des gîtes d'or orogéniques

Marjorie Sciuba, Georges Beaudoin et François Huot (UL)

Les minéraux indicateurs ont une signature chimique spécifique par type de gîtes. Comme ils ont la capacité de résister à l'érosion chimique et physique, ils sont ainsi préservés dans les sédiments glaciaires. Leur étude est de plus en plus considérée en exploration minérale. Dans le cadre de ce projet, sept minéraux indicateurs ont été sélectionnés pour les gisements d'or orogéniques, soit l'arsénopyrite, la galène, le rutile, la scheelite, la tourmaline, la magnétite et l'hématite. L'objectif principal est de définir des facteurs discriminants dans la composition chimique en éléments majeurs, mineurs et traces de ces minéraux, sur un ensemble d'échantillons provenant de gîtes d'or orogéniques de classe mondiale tels que Dome, Lupin (Canada), Mt Charlotte, Paddington (Australie), Cuiaba (Brésil), Hutti (Inde), Obuasi (Ghana). Ces gisements ont été choisis pour couvrir l'ensemble du spectre des variabilités relatives aux gîtes d'or orogéniques, plus spécifiquement leur diversité de caractéristiques géologiques telles que la roche encaissante, l'âge de l'encaissant, l'intensité du métamorphisme (faciès des schistes verts inférieur à amphibolites supérieur) et l'âge de la minéralisation (Archéen à Éocène). Les minéraux indicateurs seront étudiés à partir de sections polies et de concentrés de minéraux obtenus grâce à une désagrégation par impulsion électrique. Cette méthode libère les grains le long des zones de faiblesse, souvent représentées par les bordures de grains. La composition chimique des minéraux indicateurs sera déterminée par microsonde électronique et par spectrométrie de masse à plasma induit couplée à l'ablation laser.

G50

Caractérisation des terres rares dans les apatites du gisement de P-Ti du Lac à Paul, Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean

William Chartier-Montreuil (UOttawa-UQAC), Sarah Dare, Sarah-Jane Barnes (UQAC) et Ross Stevenson (UQAM)

L'étude des éléments de terres rares (ETR) dans les apatites présentes dans des zones riches en P-Ti sur la propriété du Lac à Paul, au sein de Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (1.1 – 1.0 Ga), devrait se révéler utile pour déterminer la composition du ou des magmas parents et pour étudier la cristallisation fractionnée dans ce type de gisement. Elle s'inscrit dans un programme de recherche sur les ETR au Québec initié par le réseau de recherche DIVEX et le MERN.

La propriété Lac à Paul, détenue présentement par la société Arianne Phosphate, est au stade d'exploration avancée. Le minerai est une péridotite nelsonitique, une roche composée en général de 30-50 % d'oxydes de fer et de 10-25 % d'apatite, avec 10-25 % d'olivine. Deux zones minéralisées ont été répertoriées : la zone au nord est formée de nelsonite massive à granulométrie fine contenant 7-12 % de P_2O_5 et la zone au sud est formée de gabbronorite nelsonitique à granulométrie grossière à mégacristalline, avec 4-6 % de P_2O_5. Dans le cadre de cette étude, nous tenterons de répondre aux questions suivantes : est-ce que l'apatite contenue dans le gisement est bien l'hôte principal des ETR; est-ce que la distribution de ceux-ci dans les apatites est homogène et, si tel n'est pas le cas, quels sont les facteurs qui influencent cette distribution? Nous tenterons également de préciser les relations pétrogénétiques entre les deux zones minéralisées et de retracer le ou les magmas parents, améliorant ainsi notre compréhension de la formation de ce type de gisement. Des analyses par microsonde et par ablation au laser (LA-ICP-MS) ont été effectuées sur des échantillons prélevés le long de la coupe stratigraphique du gisement ainsi que sur un même horizon stratigraphique. Des analyses isotopiques sur les couples Sm/Nd et Rb/Sr ont été également réalisées sur des concentrés d'apatite pour tenter de déterminer si les magmas parents de chacune des zones à l'étude sont cogénétiques.

G51

L'or à travers le temps dans le district de Val-d'Or : du Mésoarchéen au Néoprotérozoïque!

Christian Sasseville, Michel Jébrak (CEM, UQAM), Ross Stevenson (GEOTOP, UQAM), André Poirier (GEOTOP) et Lucille Daver (UQAM)

La Faille de Cadillac-Larder Lake constitue l'un des plus importants métallotectes aurifères au monde. Malgré les contraintes géochronologiques établies par datation isotopique à l'U/Pb, à l'$^{40}Ar/^{39}Ar$ et au Sm/Nd le long de la faille, la chronologie de la mise en place et les sources de la minéralisation aurifère demeurent mal comprises. Nous présentons les résultats d'une approche innovante utilisée pour analyser la minéralisation aurifère du district de Val-d'Or, notamment aux mines Goldex, Lac Herbin, Lamaque et Beaufor.

Cette approche combine des analyses minéralogiques, géochimiques et isotopiques du système Re/Os réalisées sur des fractions granulométriques d'échantillons. Il est possible de faire une analyse systématique de la distribution de l'or et des minéraux d'altération associés en divisant les échantillons en huit fractions granulométriques. Des analyses à la microsonde électronique et par spectroscopie des rayons X par dispersion d'énergie (EDX) ont été effectuées pour déterminer la minéralogie de chacune des fractions granulométriques. Des analyses isotopiques du système Re/Os ont été effectuées aux laboratoires GEOTOP par la technique de dilution isotopique. Les résultats ont permis d'établir des isochrones et des âges modèles et de déterminer la source des échantillons.

Cinq âges ont été définis selon les isochrones Re/Os pour la minéralisation aurifère. L'isochrone le plus vieux a un âge de 2652 ±6 Ma avec un point d'interception de 1,47 (ppt), indiquant une source crustale. L'assemblage minéralogique dominant de l'isochrone comprend de la dravite, de la pyrite, de l'or libre et de la calavérite. Fait intéressant à noter, plusieurs fractions granulométriques définissant cet isochrone ont des âges modèles mésoarchéens, avec une moyenne de 2899 Ma. Cet or de source ancienne se retrouve uniquement dans les mines à proximité de la Faille de Cadillac. Un deuxième isochrone a livré un âge de 2537 ±10 Ma avec un point d'interception de 20 (ppt), indiquant définitivement une source crustale. La tourmaline (variété schorl) ainsi que la chalcopyrite, la pyrite et la molybdénite constituent l'assemblage minéralogique dominant en lien avec l'or, qui se retrouve sous forme d'inclusions dans la pyrite. Le troisième isochrone a donné un âge de 2466 ±24 Ma avec un point d'interception de 0,28 (ppt). Un point d'interception aussi bas est caractéristique d'une source ultramafique (chromite). Autre fait distinctif, l'or se retrouve ici sous forme de pellicules enchevêtrées avec de la tourmaline (variété elbaïte) de qualité gemme. Un quatrième isochrone a livré un âge de 2123 ±46 Ma avec un point d'interception de 43 (ppt), indiquant une source principalement crustale. Enfin, le dernier isochrone a un âge de 1543 ±73 Ma avec un point d'interception de 1,2 (ppt), indiquant une source mafique pour la pyrite de la fraction 60-100 µm des mines Beaufor et Lac Herbin.

Ces résultats suggèrent qu'il y aurait eu plusieurs sources au fil du temps pour la minéralisation aurifère au sein du district de Val-d'Or. En outre, l'or devient de plus en plus jeune en s'éloignant de la Faille de Cadillac. Cette approche systématique illustre le potentiel d'utiliser le système Re/Os pour mieux comprendre la signification et l'importance de la minéralisation aurifère durant la cratonisation de la Province du Supérieur.

G52

Les assemblages tourmaline-pyrite dans les minéralisations aurifères de la mine Lamaque, secteur de Val-d'Or, Québec

Lucille Daver, Christian Sasseville et Michel Jébrak (UQAM)

Les minéralisations en or le long de la faille de Cadillac en l'Abitibi montrent des assemblages minéralogiques variés. Ceux-ci font l'objet d'un important programme de datation des sulfures par la méthode Re-Os. Dans le secteur de Val-d'Or, ces minéralisations forment un champ métallique comprenant plus d'une dizaine de gisements. Une étude détaillée de la minéralisation aurifère a été réalisée à la mine Lamaque, sur les zones Triangle et Parallèle. La roche minéralisée a été broyée, tamisée, puis divisée en huit classes granulométriques (> 1000 µm; 500 à 1000 µm, 250 à 500 µm, 100 à 250 µm; 60 à 100 µm; 40 à 60 µm; 40 à 2 µm; < 2 µm). Les minéraux lourds et légers ont été séparés par densité et, par la suite, analysés avec une binoculaire et un microscope électronique à balayage Hitachi TM3000 SEM couplé à un EDX Bruker Quantax 70.

Le même assemblage minéralogique a été observé dans les zones Triangle et Parallèle. Cependant, les fractions granulométriques mettent en évidence des compositions distinctes pour la tourmaline et la pyrite :

Les fractions >250 µm contiennent de la pyrite massive avec des marges de diffusion et des inclusions de calavérite ($AuTe_2$), de tellurobismuthite (Bi_2Te_3) et de tétradymite (Bi_2Te_2S). Elles sont associées à de la schorlite (tourmaline riche en Fe) qui contient quelques rares inclusions de molybdénite automorphe;

Les fractions intermédiaires de 100 µm à 40 µm contiennent des pyrites dodécaédriques associées à de l'elbaïte (tourmaline riche en Li);

Les fractions <40 µm contiennent des pyrites cubiques avec des traces de plomb et d'or qui sont associées à la dravite (tourmaline riche en Mg).

L'ordre de cristallisation de ces tourmalines serait : schorlite, elbaïte, puis dravite. Cette grande variété de tourmaline reflète l'abondance du bore dans la minéralisation. De plus, les associations reflètent le passage de fluides riches en fer, en lithium, puis en magnésium. Le lithium et le bore évoquent l'existence d'un épisode intermédiaire distinct de sursalure des solutions hydrothermales.

G53

Un modèle n'impliquant pas la tectonique des plaques pour le craton du Yilgarn en Australie occidentale – répercussions pour l'exploration et comparaisons avec le craton du Supérieur au Canada

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

Le craton du Yilgarn en Australie occidentale est constitué de terranes dont la formation et l'assemblage ont traditionnellement été interprétés comme étant le résultat de processus de subduction-accrétion; il s'agit des terranes de Narryer et du Sud-ouest (3,2-2,6 Ga), de Youanmi (3,0-2,6 Ga), de Kalgoorlie (2,76-2,63 Ga) et de Yilgarn Est (2,95-2,63 Ga). Des limites des domaines d'âge modèle Nd se corrèlent aux contacts entre les terranes de Youanmi et de Kalgoorlie tels qu'illustrés par la tomographie sismique des ondes P. Ces deux terranes encaissent la majorité des gisements d'or. Des séquences komatiitiques se sont introduites en bordure de ces blocs continentaux distincts au sein de rifts associés à des panaches mantelliques (Mole *et al.*, 2014, PNAS) dépeints par imagerie gravimétrique de grande longueur d'onde. Des gisements aurifères majeurs se retrouvent au-dessus de failles de transfert associées aux rifts. Une comparaison entre les profils sismiques et les modèles à la centrifugeuse suggère que des plis régionaux se sont formés dans la croûte moyenne-supérieure, durant les déplacements le long de zones de cisaillement en extension. Les bordures de rift circonscrivent les zones subséquentes de cisaillement senestre en transpression d'envergure régionale, qui ont été réactivées et déplacées par des cisaillements en décrochement dextre; une minéralisation aurifère de type orogénique s'est mise en place lors des épisodes de cisaillement dextre et senestre. De façon similaire, les séquences néoarchéennes de granites et de roches vertes de la Province du Supérieur se sont formées durant le rifting et la fragmentation de terranes qui formaient auparavant un craton composite dit Supérieur I. Dans l'Abitibi, des structures précoces N-S, qui pourraient représenter des rifts ou des failles de transfert associées à des rifts, ont toutefois subi une rotation ou ont été décalées d'un mouvement dextre par de grandes zones de cisaillement ductile. Des cisaillements ductiles-fragiles conjugués en décrochement s'étant formés lors d'un épisode de raccourcissement global N-S ont aussi déplacé les structures antérieures. De ce fait, il est plus difficile de reconnaître les failles de transfert que dans le Yilgarn. En éliminant les déplacements attribuables aux zones de cisaillement, nous arrivons à dresser le portrait d'un bloc crustal à prédominance mafique et plus dense, allongé en direction N-S à NNE-SSO, interprété comme un plateau océanique de plus de 300 km de long, au sein duquel tous les gisements aurifères de l'Abitibi se retrouvent. Le contact entre les terranes de l'Abitibi et de l'Opatica de la Province du Supérieur n'est pas marqué par une zone de cisaillement à fortes contraintes ni par un changement abrupt de l'intensité du métamorphisme, car l'Opatica représente tout simplement le socle de l'Abitibi (Daoudène *et al.* 2014, MB 2014-04, MERN). De façon similaire, la réinterprétation des données sismiques et magnétotelluriques dans le craton du Yilgarn démontre que le terrane de Narryer représente le socle du terrane de Youanmi et non pas un autre terrane accrété le long de sa bordure NO. Les études de terrain, géochronologiques, isotopiques et géophysiques des cratons du Yilgarn et du Supérieur n'appuient pas les modèles de tectonique des plaques faisant intervenir la subduction et l'accrétion d'arcs pour expliquer leur formation et leur déformation.

G54

Hypercube® : nouvel outil pour l'étude du potentiel minéral

Éric Larouche (UQAC), Guillaume Allard (MERN), Réjean Girard, Clément Dombrowski (IOS Services Géoscientifiques) et Réal Daigneault (CERM-UQAC)

Depuis quelques d'années, l'informatisation des procédés d'acquisition de données a permis d'augmenter de manière considérable la quantité d'informations accessibles aux géologues pour l'exploration minérale. Il est par conséquent rendu difficile d'analyser de telles quantités de données et d'y trouver des liens pertinents. Les méthodes empiriques (*data-driven*) consistent à traiter les données afin de définir de nouveaux modèles à l'aide d'algorithmes qui tentent de tisser des liens entre l'ensemble des différentes variables. Les outils les plus connus sont, entre autres, les séparateurs à vaste marge (SVM), l'arbre de décision J48, les réseaux neuronaux, le poids de la preuve (*weight-of-evidence*), la logique floue et, depuis peu, l'Hypercube®. Certains algorithmes, tel le poids de la preuve, sont couramment en usage pour les exercices de ciblage en exploration minérale, comportant chacun leurs limites et difficultés. Par exemple, selon l'algorithme utilisé, il peut être difficile de reconnaître les phénomènes locaux, d'obtenir des résultats compréhensibles ou de pouvoir suivre la mécanique pour en arriver aux résultats (*black box*).

L'algorithme Hypercube®, commercialisé par BearingPoint GmbH, a été développé il y a une quinzaine d'années pour la prédiction des accidents et des fuites dans les centrales nucléaires françaises. Il est actuellement reconnu comme l'algorithme de prédiction des évènements rares le plus performant selon le MIT et l'Institut Pasteur. Son application dans le domaine de l'exploration minière est embryonnaire et limitée par le fait qu'il ne s'agit pas d'un système permettant la référence spatiale. Le projet vise à interfacer cet algorithme à un système à référence spatiale en vue de créer des cartes prévisionnelles des gîtes minéraux.

Le projet de maîtrise entrepris à l'UQAC et soutenu par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles ainsi que par IOS Services géoscientifiques vise principalement à : 1) développer une interface permettant de générer les matrices bidimensionnelles compatibles avec Hypercube® depuis la base de données du SIGÉOM; 2) développer un interface ou protocole permettant d'importer les règles d'Hypercube® dans un système de base de donnée à référence spatiale et; 3) valider la performance des prédictions d'Hypercube® sur un secteur documenté par le MERN.

Le territoire choisi pour cette étude dont la thématique est celle de l'or orogénique est situé à la Baie-James et couvre les feuillets SNRC 33A, 33B, 33C, 33F, 33G et 33H. Les résultats préliminaires permettent d'une part d'évaluer la performance d'Hypercube® à reconnaître des cibles d'exploration et, d'autre part, de comparer les prédictions obtenues aux résultats d'autres méthodes existantes comme celles ayant servi à l'évaluation du potentiel minéral réalisée par le MERN. Un résumé du protocole en cours de développement est décrit.

G55

Caractérisation d'une unité intrusive mafique-ultramafique litée et métamorphisée, Zone noyau, Province de Churchill Sud-Est, Nunavik

Pierre-Hugues Lamirande, François Huot, Carl Guilmette (UL), Carl Bilodeau (MERN), David Corrigan et Vicki McNicoll (CGC-O)

Les levés régionaux du MERN à l'été 2015 ont permis de cartographier une unité intrusive mafique-ultramafique litée et métamorphisée, située à environ 80 km au nord-ouest de Kuujjuaq, dans le Domaine de Baie aux Feuilles (Zone noyau). Cette unité est constituée de deux intrusions principales (13 km x 5 km et 5 km x 3 km) encaissées dans les gneiss felsiques à intermédiaires du Complexe de Kaslac. L'âge des intrusions et des gneiss est à déterminer.

La phase dominante de cette unité intrusive est un protolite gabbroïque riche en magnétite dont le métamorphisme a provoqué la croissance de porphyroblastes centimétriques de grenat poeciloblastique à couronne de pyroxènes et de hornblendes pouvant atteindre 50 % en proportion modale. Ils sont accompagnés de 10 à 30 % de mobilisat tonalitique, suggérant des conditions de fusion partielle au faciès des granulites. La deuxième lithologie en importance consiste en un métagabbro granoblastique formé d'une alternance de lits primaires décimétriques leucocrates à mélanocrates à texture mouchetée, localement recoupé par des veines mélanocrates boudinées. On observe jusqu'à 25 % de porphyroblastes centimétriques de grenat poeciloblastique, spatialement associés à du clinopyroxène et à de la hornblende. Par endroits, de fins grenats millimétriques forment une couronne autour des minéraux mafiques. À ces lithologies s'ajoute un ensemble comprenant des gabbros, des gabbronorites et des norites, localement lités et sans grenat. Les pyroxénites et les péridotites sont des composantes très mineures. L'unité intrusive est injectée en majeure partie par des roches felsiques à orthopyroxènes et des granitoïdes à phénocristaux de feldspaths, formant des niveaux métriques parallèles et, localement, des brèches magmatiques au sein des différents faciès mafiques.

Le projet a pour objectifs de caractériser les différents faciès cartographiés et de déterminer la nature du métamorphisme, à savoir si certains des assemblages observés résultent d'un métasomatisme précoce. Pour ce faire, une étude pétrographique détaillée (paragenèses, associations minérales, réactions et cartes compositionnelles) sera réalisée. Une étude lithogéochimique, des calculs thermobarométriques et des datations (U-Pb sur zircons et Lu-Hf sur grenats) compléteront les observations. Ultimement, nous proposerons un cadre géodynamique de mise en place pour établir si l'intrusion constitue la racine d'un ancien arc magmatique ou si elle est associée à un évènement d'extension crustale au Précambrien.

G56

Étude de la provenance des sédiments détritiques dans le nord de la Fosse du Labrador, Québec-Canada : contributions à partir de la géochimie des roches métasédimentaires, de la datation U-Pb des zircons détritiques et d'analyses Sm-Nd

Renato Henrique-Pinto, Carl Guilmette (UL), Carl Bilodeau (MERN), David Corrigan et Vicki McNicoll (CGC-O)

Située à la bordure nord-est de la Province archéenne du Supérieur, la Fosse du Labrador, d'âge protérozoïque (2,17-1,87 Ga), attire l'attention des géologues depuis le 19e siècle, particulièrement en raison de ses vastes formations de fer (Formation de Sokoman) et de ses gîtes de métaux usuels (cuivre, zinc et plomb dans les roches volcanosédimentaires; cuivre-nickel dans les filons-couches mafiques et ultramafiques). Une connaissance approfondie des unités tectonostratigraphiques est déjà bien établie. Toutefois, certains domaines d'étude, comme la composition de la source et les environnements sédimentaires, nécessiteraient une attention plus soutenue. Deux principaux cycles volcanosédimentaires (2,17-2,14 Ga et 1,88-1,87 Ga) y sont reconnus. Quant au troisième cycle interprété comme une molasse synorogénique, qui surmonte les séquences antérieures, son âge demeure inconnu.

La Fosse du Labrador forme une zone allongée de direction NO-SE, qui fait partie de l'orogène du Nouveau-Québec, lequel est généralement subdivisée en trois domaines : (1) des roches volcanosédimentaires autochtones et allochtones faiblement à modérément métamorphisées à l'ouest (Supergroupe de Kaniapiskau); (2) des roches volcaniques et sédimentaires allochtones modérément métamorphisées au centre, dans la Zone lithotectonique de Rachel-Laporte; et (3) à l'est, des schistes et des gneiss allochtones intensément métamorphisés, faisant possiblement partie d'un terrane archéen.

Certaines similitudes entre les roches supracrustales de la Zone Rachel-Laporte et des unités du Supergroupe de Kaniapiskau (par ex. : les grandes séquences turbiditiques en alternance avec des roches basiques, surmontées de métadolomites, de méta-arénites quartziques et de métamarnes) suggèrent une corrélation entre ces deux domaines. Cependant, le MERN a découvert une nouvelle unité de métaconglomérats qui se distingue des précédents par la variété de ses clastes et la composition des matrices, suggérant des sources différentes. Les métaconglomérats polymictes à clastes jointifs, alternant avec la ceinture autochtone faiblement métamorphisée à l'ouest, sont caractérisés par une prédominance de cristaux de quartz bleu arrondis, de clastes de granite et de roches intermédiaires. Ils sont probablement issus de la Province du Supérieur. Par contre, les métaconglomérats polymictes à texture non jointive interlités avec la Zone de Rachel-Laporte (domaine central) montrent une prédominance de clastes et de blocs de sources granitiques et gneissiques (Province de Churchill, Zone noyau?) et de clastes de formations de fer (Formation de Sokoman) dans une matrice carbonatée finement grenue.

Nous nous proposons d'examiner les liens entre la Zone de Rachel-Laporte et les autres unités qui composent le Domaine Nord de la Fosse du Labrador (Supergroupe de Kaniapiskau), au moyen de la géochimie des roches totales, de datations U-Pb de zircons détritiques provenant d'unités ayant une certaine maturité texturale, en plus de l'analyse systématique des métamudstones et des métawackes pour le Sm-Nd, dans le but de déterminer l'origine et la composition des régions sources potentielles ainsi que la nature du bassin et des paléoenvironnements associés.

G57

Chronique d'un gabbro orbiculaire de la Fosse du Labrador

Simon Nadeau (UQAC) et Carl Bilodeau (MERN)

Les travaux de cartographie effectués par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) dans la Fosse du Labrador à l'été 2015 ont mis à jour deux affleurements de gabbro à texture orbiculaire. La roche contient des sphéroïdes leucocrates formés de couches concentriques à minéralogie et à textures contrastées autour d'un noyau central généralement grenu. Les affleurements ont été répertoriés dans la Zone lithotectonique de Rachel-Laporte, un important terrane volcano-sédimentaire formant la partie est de la Fosse du Labrador. Plus précisément, ils se situent à proximité des limites ouest (Supergroupe de Kaniapiskau) et est (Zone noyau) du Rachel-Laporte, lesquelles sont caractérisées par une abondance d'intrusions mafiques.

L'examen macroscopique préliminaire des échantillons décrit des nodules quartzo-feldspathiques zonées et centimétriques avec une proportion autour de 50 % pour chacune des deux phases. De prime abord, la composition des cœurs semble différente des anneaux externes et une couronne de réaction a été observée sur plusieurs spécimens. La matrice des orbicules est un mélanogabbro composé d'amphiboles aciculaires noires, communes dans la plupart des roches mafiques de la Zone de Rachel-Laporte. Les orbicules du gabbro orbiculaire de l'affleurement près de la limite ouest du Rachel-Laporte ne présentent pas d'évidence de déformation importante, contrairement à celles du gabbro de l'affleurement près de la limite est du Rachel-Laporte, situé en marge du front de chevauchement de la Zone noyau. On note sur cet affleurement un très fort étirement des orbicules et moins de traces des zonations concentriques. Par contre, on retrouve une matrice mélanocrate similaire à celle du premier affleurement et la croissance de fines amphiboles en bordure des orbicules.

L'objectif principal de ce projet consiste en la caractérisation géochimique et pétrographique de cette unité de gabbro atypique pour en établir sa genèse. Différentes hypothèses ont été proposées pour expliquer la texture particulière de ces roches, comme l'immiscibilité liquide entre deux magmas, l'incorporation de xénolites felsiques dans le gabbro ou un phénomène de cristallisation fractionnée. Dix-huit échantillons pour analyses chimiques et quinze lames minces sont en cours de préparation pour tenter de répondre à ce mystère. Des analyses à la microsonde sont aussi prévues pour établir la distribution des éléments dans les orbicules et dans la matrice. La comparaison des résultats des deux affleurements nous permettra de déterminer la signification géologique de ce gabbro dans le portrait géodynamique régional et de préciser l'histoire de ce secteur méconnu de la Fosse du Labrador.

G58

Transect du Churchill SE : évolution tectonométamorphique et implications géodynamiques

Antoine Godet, Carl Guilmette (UL) et Loïc Labrousse (Université Pierre-et-Marie-Curie)

La Province du Churchill Sud-Est (PCSE), dans le Nunavik, est délimitée à l'ouest et à l'est par les cratons archéens du Supérieur et nord-atlantique, respectivement. Elle est définie comme une structure tripartite, avec un bloc archéen appelé Zone noyau (ZN) compris entre les orogènes paléoprotérozoïques des Torngat à l'est (OT) et du Nouveau-Québec à l'ouest (ONQ). Le modèle géodynamique actuel suggère qu'avant 1,88 Ga, la ZN représentait un microcontinent bordé d'océans à l'ouest et à l'est. Un épisode de convergence oblique mènera d'abord à l'accrétion de la ZN au craton nord-atlantique, créant l'OT (1,87-1,82 Ga), suivi d'une collision avec le craton du Supérieur, créant l'ONQ (1,82-1,77 Ga). À partir de datations, des épisodes de déformation contemporains à l'ONQ ont été retrouvés dans l'OT. Leur interprétation est que la ZN aurait agi comme un bloc rigide entre les deux cratons, prédisant une empreinte tectonométamorphique protérozoique limitée et impliquant que la migmatisation répandue dans la ZN soit antérieure aux collisions.

De récentes études pétrochronologiques dans l'OT suggèrent cependant que les épisodes tectonométamorphiques prédominants dans la marge orientale de la ZN sont paléoprotérozoïques, supposant un enfouissement contemporain à l'OT. Si cette observation est valide pour toute la ZN, une migmatisation contemporaine à l'OT aurait grandement affaibli la croûte de la ZN, rendant peu probable le modèle du bloc continental archéen rigide. Un modèle concurrent suggère que la PCSE pourrait représenter une seule et même phase orogénique (1,9-1,77 Ga, Trans-Hudsonien) s'étendant sur plus de 400 km et pouvant s'apparenter au type *Large Hot Orogens* (LHO) avec éduction de la ZN.

Le projet, intégré dans la campagne actuelle de cartographie du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, vise à documenter un transect depuis le craton de Supérieur jusqu'au craton nord-atlantique, dans le but de contraindre l'évolution tectonométamorphique de la région. Les observations de terrain seront couplées aux données aéromagnétiques et à une étude pétrochronologique intégrant les méthodes de modélisation des équilibres de phases (U-Pb sur zircons et monazites ainsi que Lu-Hf et Sm-Nd sur grenats) résumées sous forme de trajectoire P-T-t-D. Cette méthodologie appliquée aux domaines anatectiques pourrait permettre de déterminer non seulement les âges métamorphiques prograde et rétrograde, mais aussi le temps de résidence de la ZN en condition de fusion partielle. En dernier lieu, des comparaisons entre les trajectoires P-T-t-D obtenues et des prédictions de modèles numériques thermomécaniques permettront d'explorer plus en profondeur les processus tectoniques en cause dans l'évolution de la PCSE.

G59

Historique de croissance crustale dans la Zone noyau : nouvelles contraintes liées aux datations U-Pb de zircons dans le cadre du projet GEM-II Hudson-Ungava

David Corrigan, Natasha Wodicka (CGC-O), Chris McFarlane (UNB), Isabelle Lafrance, Daniel Bandyayera et Carl Bilodeau (MERN)

Le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERNQ) a récemment entrepris un nouveau programme de cartographie systématique de la Zone noyau à l'échelle du 1/250 000 qui s'étendra sur plusieurs années. À l'été 2014, dans le cadre du programme national de géocartographie de l'énergie et des minéraux (GEM-2), la Commission géologique du Canada a mis sur pied un projet de recherche en collaboration avec le MERN et la Commission géologique de Terre-Neuve-et-Labrador, afin de complémenter les initiatives de recherche et de faciliter les corrélations géologiques à une plus grande échelle au Labrador et au Nunavut. Cette affiche présente une des composantes de ce collectif, c'est-à-dire la réalisation de plusieurs analyses U-Pb de haute précision sur des grains de zircon, de baddeleyite, de monazite et de titanite prélevés de protolites sélectionnés, en vue d'améliorer grandement notre compréhension de l'historique de croissance crustale dans la Zone noyau ainsi que son évolution tectonométamorphique. Les résultats obtenus jusqu'à présent ont permis de délimiter trois blocs crustaux distincts, de composition et d'âge différents, bordés par des zones de forte déformation. Il s'agit, d'ouest en est : *i)* d'un bloc néoarchéen qui comprend la ceinture de roche vertes de Tunulik (environ 2,7 Ga) et des intrusions associées (identifiés lors des travaux de terrain du MERN en 2013 et en 2014); *ii)* d'un bloc datant du début du Paléoprotérozoïque qui comprend les volcanites de Ntshuku et les intrusions du Pallatin, principalement formé de croûte juvénile (environ 2,50-2,35 Ga), incluant des complexes plutoniques mafiques à potassiques, des volcanites à prédominance mafique et des roches silicoclastiques; et *iii)* de migmatites et d'orthogneiss (environ 3,2 à 2,6 Ga), de composition granitique à tonalitique, formant le Complexe d'Ungava. Les zones de cisaillement de la rivière Georges et de Moonbase semblent, de prime abord, séparer ces trois domaines crustaux. Les datations isotopiques ont aussi permis de définir une nouvelle suite intrusive (environ 2,38 Ga), qui forme de grands blocs tectonisés à l'échelle de la carte dans le domaine de Ntshuku. Ces intrusions, auxquelles un nom n'a pas encore été attribué, sont principalement gabbroïques, bien qu'elles comptent également des syénites, des clinopyroxénites, des monzogabbros, des monzodiorites et des diorites (granodiorites?) à mégacristaux de feldspath potassique, localement à texture rapakiwi. Elles sont également caractérisées par la présence de quartz bleu et sont localement recoupées par des pegmatites à orthopyroxène contenant aussi du quartz bleu, le tout suggérant des conditions de mise en place principalement anhydres et de haute température. Nous postulons que cette suite magmatique mafique à potassique pourrait avoir produit un premier événement d'enrichissement métasomatique dans le manteau supérieur ou la croûte continentale inférieure, favorisant l'enrichissement et la formation éventuelle du gisement d'ETR de Strange Lake lors d'un deuxième événement magmatique, environ 1 Ga plus tard, durant le Mésoprotérozoïque.

G60

Interprétation des nouvelles données aéromagnétiques et implications pour la géothermie dans le prolongement des unités radiogéniques sous la couverture de roches sédimentaires des Appalaches

Aurélie Gicquel, Lyal Harris (INRS-ETE) et Pierre-Arthur Groulier (Memorial University of Newfoundland)

Les mesures radiométriques de la région des Escoumins dans l'est de la Province de Grenville, au nord du fleuve Saint-Laurent, ont donné des valeurs élevées (en uranium, en thorium et en potassium) dans les pegmatites (pegmatites de type uranifère ou à allanites) qui se sont injectées principalement dans les domaines granitiques. Les données géophysiques montrent une signature aéromagnétique différente selon la géologie du sous-sol : les valeurs sont plus élevées dans les zones granitiques alors que dans les zones de quartzites, elles sont plus faibles. Les unités radiogéniques ont subi des décrochements dextres ductiles de direction 040°, parallèlement au fleuve du Saint-Laurent. Les nouvelles données aéromagnétiques indiquent que ces structures de décrochement dextre se poursuivent de l'autre côté du fleuve, tout comme les unités riches en uranium et en thorium. Elles correspondraient à des secteurs plus matures de roches sédimentaires (grès, quartzites, conglomérats et calcaires d'âge cambrien à ordovicien) au sud du Saint-Laurent. Le prolongement de ces unités sous les roches sédimentaires cambro-ordoviciennes du Bas-Saint-Laurent pourrait hausser localement la température et ainsi développer un potentiel géothermique favorable.

G61

Nouvelles données sur la géologie de la ceinture volcano-sédimentaire des Escoumins et de son environnement (SNRC 22C05, 22C06 et 22C11)

Pierre-Arthur Groulier, Aphrodite Indares, Greg Dunning (Memorial University of Newfoundland), Abdelali Moukhsil (MERN) et Lyal Harris (INRS-ETE)

La campagne de cartographie qui a couvert la partie sud du Grenville central au Québec en 2015 (feuillets SNRC 22C05, 22C06 et 22C11) a permis de mieux documenter la ceinture volcano-sédimentaire des Escoumins (CESC), récemment reconnue comme les vestiges d'un système d'arc-arrière arc pinwarien (1493 ±3 Ma). Les roches de la CECS appartiennent en grande partie au Groupe de Saint-Siméon, lequel est subdivisé en trois formations : un assemblage de métapélite, de grauwacke et de quartzite à sa base (Saint-Paul-du-Nord); une séquence volcanique mafique qui devient bimodale à dominance felsique vers le haut (Moulin-à-Baude); et, au sommet, un assemblage de quartzite-greywacke interlité avec des filons-couches et des coulées basaltiques (Port-aux-Quilles). Vers l'ouest, structuralement en dessous, le Complexe de Tadoussac (gabbro, gabbronorite, diorite, tonalite, granodiorite et granite) représente possiblement un batholite subvolcanique à la base du Groupe de Saint-Simeon.

Lors des travaux, des intrusions plus récentes au sein et en bordure de la CESC ont été mises à jour, suivant ou non le grain structural de la région. Parmi elles, une suite d'intrusions alcalines potassiques à ultrapotassiques, orientée nord-sud, semble suivre une zone de faiblesse crustale. La CESC est métamorphisée au faciès des amphibolites, avec localement des conditions du faciès des granulites à basse pression vers les bordures.

D'un point de vue structural, les roches supracrustales se retrouvent au sein de synformes séparés par des dômes de roches intrusives liées ou non au Complexe de Tadoussac ainsi que par des zones de cisaillement. Les données structurales ainsi que les cartes de gradient magnétique témoignent d'au moins trois phases de déformation prégrenvillienne à grenvillienne : D1 associée à une phase de compression N-S, D2 associée à des plis isoclinaux orientés N-S et D3 associés à des plis ouverts orientés E-O. Ces structures sont recoupées par des failles cassantes issues des grabens du Saguenay et du Saint-Laurent.

Le potentiel économique de la ceinture est non négligeable, avec la découverte de plusieurs nouvelles cibles associées aux roches volcaniques (présence de sulfures disséminés), aux roches intrusives subvolcaniques (présence de sulfures primaires magmatiques), mais aussi tardives (veines de sulfures, dyke à molybdénite) et d'une brèche minéralisée associée à une faille cassante du graben du Saint-Laurent. De plus, différents types d'altération ont été identifiés : argillique dans les composantes felsiques et à séricite-chlorite-grenat-carbonate-quartz-épidote-cordiérite-biotite dans les composantes mafiques de la séquence volcanique, favorables à la présence de dépôts de SMV. Finalement, des faciès granitiques à nodules et à veines de sillimanite-magnétite témoignent d'une altération de type IOCG (gîtes d'oxydes de fer-Cu-Au).

G62

Ressources métalliques stratégiques du 21e siècle : le cycle naturel et anthropologique des métaux

Laurie Wolff, Michel Cathelineau et Anne-Sylvie André-Mayer (Université de Lorraine, France)

L'augmentation constante de la population mondiale (9 milliards de personnes d'ici l'année 2050 selon les estimations), la prolifération et l'essor des nouvelles technologies et les besoins croissants des économies émergentes à l'exemple de la Chine et de l'Inde engendrent une croissance continue de la demande pour les ressources en métaux rares. Face aux menaces qui pèsent sur l'approvisionnement pour ces métaux (risque de rupture ou de pénurie), l'élaboration de techniques et de stratégies de recyclage des métaux constitue un défi économique et géopolitique majeur pour tous les pays d'Europe. Malheureusement, le recyclage à lui seul n'est pas suffisant et il s'avère donc essentiel de sécuriser l'accès aux matières premières. Pour relever le défi que représente l'approvisionnement en métaux stratégiques, le Laboratoire d'excellence (LabEx) « Ressources métalliques stratégiques du 21e siècle - RESSOURCES21 » a réuni une équipe pluridisciplinaire de chercheurs des départements géoscientifiques de l'Université de Lorraine, du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) de France.

Le projet de recherche du LabEx RESSOURCES21 se veut une approche scientifique et pédagogique intégrée visant à améliorer la compréhension, l'exploitation et la gestion environnementale des ressources en métaux stratégiques du 21e siècle.

RESSOURCES21 aborde plusieurs défis notamment au niveau de la géologie, du traitement minéral et des impacts environnementaux et écotoxicologiques. L'objectif consiste d'abord à comprendre les processus de formation des gisements de métaux, mettre au point des outils innovants pour le traitement des minerais, et améliorer notre compréhension des impacts environnementaux de ces métaux une fois disséminés dans l'écosystème.

Dans le cadre de l'étude des processus de concentration des métaux, les équipes du LabEx RESSOURCES21 ont axé leurs recherches sur différents groupes de métaux : les métaux requis dans le secteur photovoltaïque (Ga, Ge, In); les métaux rares associés au magmatisme felsique peralumineux (Nb, Ta, Sn, W); et les métaux concentrés dans les latérites se développant à partir de roches ultrabasiques (Co, Sc).

L'équipe du LabEx RESSOURCES21 développe présentement deux grands projets intégrés, de l'approvisionnement et l'exploration jusqu'aux enjeux environnementaux :

1. Le cycle de vie du Ni et des éléments chimiques associés (Co, Sc, Mn) – programme 2014-2017 (900 000 € excluant les salaires)

Les études proposées dans le cadre de ce projet ont pour but de contribuer à une meilleure compréhension du comportement du système Ni-Co-(Sc) et des cycles lithosphériques et biogéochimiques de ces métaux.

2. Éléments des terres rares (ETR) et métaux associés (Nb-Ta, U-Th) - programme 2015-2018 (900 000 € excluant les salaires)

Ce programme est dédié à l'étude des éléments des terres rares, de leur concentration dans la croûte terrestre jusqu'à leurs impacts environnementaux dans la province protérozoïque du Grenville au Québec.

G63

Le transfert des ETR du manteau au bouleau : exemple de la province protérozoïque de Grenville (Québec)

Laure Giamberini et Anne-Sylvie Andre-Mayer (Université de Lorraine, France)

Ce programme de recherche, issu de RESSOURCES 21 et associé au Projet sur les Terres Rares du DIVEX, se propose d'étudier sur des sites communs les éléments de terres rares (ETR) sur une grande partie de leur cycle de vie, depuis l'exploration de nouveaux gisements à l'analyse environnementale pré-exploitation.

Ce projet se veut multidisciplinaire, mais aussi interdisciplinaire : géologie structurale, traçage des isotopes, géochimie, pétrologie, pédologie, écologie, écotoxicologie, biologie moléculaire, traitement de base de données et biostatistiques. Cette approche globale permettra d'étudier les ETR depuis leur fractionnement primaire manteau-croûte continentale, l'altération des minéraux porteurs d'ETR (carbonates et silicates), leur mise en disponibilité dans les sols, leur présence dans les systèmes aquatiques associés à l'étude de leurs phases porteuses.

La cible envisagée est la Province de Grenville qui présente :

- un segment de croûte continentale inférieure à intermédiaire permettant de discuter des processus de fractionnement primaire des ETR manteau-croûte;
- de nombreuses anomalies en ETR exprimées dans des roches magmatiques, à la fois sous forme de silicates et de carbonates, et dans des roches alcalines à hyperalumineuses;
- de nombreux prospects d'exploration minière permettant d'accéder en 3D à ces zones magmatiques anomaliques en ETR;
- des sols développés sur ces roches anomaliques avant toute exploitation minière permettant d'identifier le niveau zéro de répartition des ETR dans la zone critique;
- un climat nordique permettant de discuter des mécanismes d'altération des porteurs primaires : solubilité, mécanismes d'altération critiques (hydrolyse et autres) pour la libération des ETR dans le sol.

Au niveau des compartiments manteau-croûte, une comparaison sera effectuée avec un segment de croûte continentale supérieure exprimant des anomalies magmatiques en ETR (même s'il est considéré comme stérile d'un point de vue économique) et permettant de tracer les processus de fractionnement extrême : l'Oldoinyo Lengai en Tanzanie.

Au niveau des compartiments terrestres et aquatiques, leurs niveaux écotoxiques seront évalués sur les diversités microbiennes et végétales et sur certaines espèces d'invertébrés aquatiques sélectionnées selon les sites naturels d'étude retenus au Québec. Des approches innovantes de biologie cellulaire et moléculaire seront utilisées afin de déterminer d'une manière intégrée l'effet des ETR sur l'environnement, de la molécule à l'écosystème. À ces études géologiques et écotoxicologiques sera associée une phase de développement et d'expérimentation de capteurs permettant de mesurer la charge en métal total et libre dans les systèmes étudiés au laboratoire et *in situ*.

G64

Minéralisations en terres rares liées aux pegmatites peralumineuses tardi-orogéniques, Province de Grenville, Québec

François Turlin (Université de Lorraine, France), Abdelali Moukhsil (MERN), Félix Gervais (Polytechnique Montréal), Fabien Solgadi (MERN), Anne-Sylvie André-Mayer (Université de Lorraine, France), Olivier Vanderhaeghe (Université Toulouse III Paul Sabatier, France), Armin Zeh (Institut für Geowissenschaften, Frankfurt, Allemagne) et Daniel Ohnenstetter (Université de Lorraine, France)

L'histoire de la Province de Grenville au Québec débute par une phase d'accrétion au Mésoprotérozoïque le long de la marge sud-est du Laurentia, suivie de l'orogenèse grenvillienne entre 1090 et 1020 Ma dans l'allochtone (phase Ottawan) et entre 1005 et 980 Ma (phase Rigolet) dans le parautochtone, conduisant au chevauchement des terranes accrétés sur la marge du Laurentia. Cette province se distingue par un grand nombre de complexes alcalins et hyperalcalins, de syénites et de carbonatites, mais également par des essaims de filons de pegmatites enrichis en terres rares. Ces caractéristiques en font une cible privilégiée pour l'étude des minéralisations en terres rares magmatiques.

La région du lac Okaopéo (Côte-Nord, au sud du cratère de Manicouagan, Québec), située dans l'allochtone, est particulièrement riche en pegmatites à terres rares. Les filons sont enracinés dans des métasédiments ou des complexes ignés migmatitiques représentant une croûte intermédiaire à superficielle partiellement fondue au cours d'un épisode de métamorphisme sous des conditions P-T allant jusqu'au faciès des granulites. Les observations de terrain indiquent que les filons minéralisés ne sont pas déformés et sont discordants avec la foliation de l'encaissant, prouvant que ces pegmatites sont tardi-orogéniques. Ceci est confirmé par les datations U-Pb sur zircons qui ont donné des âges d'environ 1005 Ma, soit au début de la phase Rigolet.

Les complexes hôtes, la minéralogie et la composition des filons diffèrent. Bien que toutes les pegmatites aient une signature hyperalumineuse et de granite de type-S, leurs spectres de terres rares évoluent d'un fractionnement quasi inexistant entre les terres rares légères et lourdes et d'une anomalie positive en Eu, à un spectre très enrichi en terres rares légères (jusqu'à environ 7 400 ppm) et à anomalie négative en Eu. Cette anomalie positive peut s'expliquer par la dominance du plagioclase sur le feldspath potassique dans le filon considéré.

Les phases porteuses des terres rares diffèrent entre les filons. La minéralisation s'exprime en allanite dans les filons qui se sont mis en place dans les complexes ignés alors que la monazite est quant à elle restreinte aux pegmatites qui se sont mises en place dans les complexes métasédimentaires. Des carbonates et des silicates de terres rares tardi-magmatiques sont également présents dans les deux cas.

Des analyses isotopiques complémentaires, comme l'âge modèle d'extraction du matériel ($\varepsilon Hf[t]$), permettront de déterminer si les pegmatites proviennent de la fusion de l'allochtone, remettant ainsi en cause la limite inférieure du métamorphisme régional dans cette partie de l'orogène, ou de la marge archéenne chevauchée et remobilisée au cours de l'orogenèse grenvillienne (le Parautochtone).

G65

Impact d'un pluton anorthositique sur la structuration d'un chenal orogénique dans le Parautochtone au sud-ouest du réservoir Manicouagan, centre de la Province de Grenville, Québec

Sophie Jannin, Félix Gervais (Polytechnique Montréal) et Abdelali Moukhsil (MERN)

L'évolution tectonique du parautochtone, formé de roches du craton nord-américain et de sa couverture sédimentaire déformés et métamorphisés par l'orogénie grenvillienne, est controversée. Dans le Grenville oriental, des données de terrain ont permis de proposer un modèle de prisme orogénique. Au contraire, dans le Grenville occidental, la concordance entre la géométrie des structures crustales observées et celle des structures recréées dans les modèles numériques a étayé la thèse du chenal orogénique. La réactivation en mouvement normal de la zone de charriage de l'allochtone (ABT), qui sépare le parautochtone de l'allochtone sus-jacent, s'est produite lors de l'exhumation du parautochtone.

De nouvelles données structurales et géochronologiques relevées au sud du réservoir Manicouagan, dans le centre de la Province de Grenville (région cartographiée en 2011 par le MERN), supportent l'hypothèse d'une forme de fluage chenalisé. En effet, les cisaillements normaux observés dans le toit du parautochtone et le long de la zone de cisaillement Thachic (ZCT) dans l'allochtone sont synchrones à la déformation inverse observée dans les niveaux structuraux inférieurs du parautochtone. Ce chenal orogénique, actif entre 993 ±3 Ma et 961 ±22 Ma, aurait donc uniquement contenu une partie du parautochtone à l'ouest de la zone d'étude, alors qu'à l'est, il aurait contenu une partie du parautochtone et la base de l'allochtone.

Cette étude présente une explication à ces observations, obtenue grâce à l'analyse des levés magnétiques aéroportés réalisés par le MERN en 2012. La dérivée verticale première et le *tilt derivative* appliqués à ces levés relèvent qu'à l'est de la région à l'étude, la ZCT située dans l'allochtone est composée de plusieurs segments anastomosés. Plus à l'ouest, à proximité de l'intrusion anorthositique de Tétépisca (1051 ±8 Ma), ces segments deviennent jointifs; ils recoupent l'ABT plus loin et se poursuivent alors dans le parautochtone, et non plus dans l'allochtone. Ainsi, l'anorthosite de Tétépisca influence la géométrie de la ZCT et, de ce fait, la géométrie du chenal orogénique. L'ABT est également touchée par cette anorthosite, car elle devient incurvée à proximité de celle-ci et son pendage vers le SE devient un pendage vertical ou parfois un pendage vers le nord. Par conséquent, l'anorthosite de Tétépisca semble avoir eu une incidence sur les grandes structures de la région. Pendant l'orogénie grenvillienne, elle devait former un pluton rigide autour duquel s'adaptait la déformation.

G66

Origine des roches quartzofeldspathiques à sillimanite du lac Manouane (Province de Grenville, La Tuque, Québec)

Pierre-Henri Trapy, Félix Gervais (Polytechnique Montréal), Louise Corriveau (CGC-Q) et Abdelali Moukhsil (MERN)

La Province de Grenville dans la région de Parent fait présentement l'objet d'un vaste programme de cartographie au 1/125 000 par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). On y retrouve les unités interprétées comme métasédimentaires et métavolcaniques du Complexe de Wabash qui présentent localement des roches inhabituelles de par leur assemblage minéralogique, leur composition modale ou leur texture. Ceci peut suggérer la présence d'unité hydrothermale métamorphisée, dans un secteur où le métamorphisme de forte intensité et la déformation des roches complexifient la reconnaissance des protolites et de leur faciès d'altération. Au lac Manouane, une unité de gabbronorite gneissique hétérogène à enclaves de clinopyroxénite localement transformée en grenatite à diopside zincifère de même que des gneiss quartzofeldspathiques atypiques diffèrent des unités du Complexe de Wabash et des orthogneiss de la Suite magmatique de Lacoste adjacents. Les roches quartzofeldspathiques forment une succession hectométrique composée d'un niveau décimétrique à plagioclase et à biotite granoblastiques sous-jacent à des roches quartzofeldspathiques massives et riches en quartz qui s'enrichissent en lits de sillimanite millimétriques et en grenat. Cette succession ainsi que les niveaux à clinopyroxénite et à grenatite dans la gabbronorite sont parallèles à la fabrique des gneiss et font de bons marqueurs de la déformation. Leur cartographie détaillée ainsi qu'une étude multidisciplinaire de ces formations sont susceptibles de préciser le contexte de mise en place des protolites et seront au cœur de l'étude doctorale entreprise au sein du projet du MERN.

G67

Géologie de la région de Clova, Grenville ouest, Québec (SNRC 31O11, 31O12, 31O13, 31O14, 32B03 et 32B04)

Abdelali Moukhsil, Fabien Solgadi (MERN), Saïd Belkacim et Thomas Clark (URSTM-UQAT)

Un nouveau levé géologique a été réalisé dans la région de Clova, située au sud-ouest du réservoir Gouin, dans le Haut-Saint-Maurice. Combiné au récent levé aéromagnétique de haute résolution, il nous a permis d'identifier et de circonscrire plusieurs unités géologiques ainsi que d'interpréter différentes discontinuités structurales dans la Province de Grenville.

La région cartographiée est subdivisée en parautochtone (Archéen) et en allochtone (Paléoprotérozoïque à Mésoprotérozoïque). Le Parautochtone est constitué de paragneiss à biotite ± grenat ± graphite ± sillimanite ± kyanite (équivalent au Terrain du Lac Témiscamingue, Sous-province du Pontiac), de migmatite, de diatexite, d'amphibolite, de clinopyroxénite, de formation de fer (oxydée, silicatée, chert) et de roches mafiques à ultramafiques (équivalentes aux roches vertes de la Sous-province de l'Abitibi) riches en grenat et en clinopyroxène nommées grenatites (« pyrigarnite » ± plagioclase). Le métamorphisme atteint le faciès des amphibolites avec des paragenèses à hornblende + plagioclase + grenat + clinopyroxène ± quartz dans les roches mafiques et à sillimanite + biotite ± kyanite ± muscovite dans les paragneiss. L'Allochtone est composé : de roches plutoniques labradoriennes (Suite de Dugré, 1674 Ma) et pinwariennes (Suite de Hibbard, 1468 Ma) constituées d'opdalite, d'enderbite, de charnockite, de jotunite et de monzodiorite; de la Suite magmatique de Lacoste d'âge elsonien (1450 à 1365 Ma) constituée d'orthogneiss, de monzogranite, de diorite et de tonalite; de roches supracrustales elsoniennes, comme le Complexe de Wabash (<1,20 Ga) et la Suite de l'Ascension (<1,28 Ga) qui sont formés de paragneiss à grenat ± graphite ± sillimanite, de quartzite, de marbre, de roches calco-silicatées et de quantités mineures de grenatite (felsique à mafique); de la Suite de Bouchette constituée de gabbronorite, de gabbro et de quantités mineures d'anorthosite et de leuconorite; de la Suite métamorphique de Cabonga constituée de paragneiss à graphite ± sillimanite et de syénite magnétique (clinopyroxène + biotite) associée à des gabbronorites, des pyroxénites et des webstérites à olivine (Suite de Roc). Les roches de l'allochtone sont au faciès métamorphique prograde des granulites de moyenne pression (orthopyroxène + clinopyroxène + plagioclase + grenat dans les roches mafiques et sillimanite + grenat + feldspath potassique + quartz dans les paragneiss à biotite), mais elles sont rétrogradées localement au faciès des amphibolites (amphibole + plagioclase + grenat). Toutes les roches cartographiées sont injectées par des dykes de pegmatite granitique et par des dykes mafiques.

Des zones d'altération hydrothermale métamorphisées ont été identifiées dans plusieurs secteurs de la région. Elles sont constituées de gneiss quartzofeldspathiques à pyrite et à pyrrhotite contenant des traces de chalcopyrite; de gneiss à néphéline associé aux roches carbonatées et à de la syénite (Suite alcaline de Lesueur, 1006 Ma); de roches mafiques riches en grenat (grenatite, amphibolite); et de roches felsiques blanchâtres à sillimanite et à grenat.

Les roches de la région sont très déformées et présentent des plis isoclinaux et des structures en dômes et bassins. L'interprétation des cartes aéromagnétiques a permis de tracer des failles majeures dont la plupart sont reconnues sur le terrain. En plus de l'*ABT (Allochthon Boundary Thrust*, zone de charriage de l'allochtone), ces failles correspondent à des discontinuités : failles inverses, normales et obliques ainsi que cisaillements. Généralement, elles forment de larges couloirs mylonitiques de direction NNE-SSO à E-O.

En plus des indices connus (p. ex. Langlade), la cartographie a permis la découverte de plusieurs cibles d'exploration pour des substances minérales, comme les terres rares, les oxydes de fer, le titane, le phosphore, le nickel et le cuivre, ainsi que pour la pierre architecturale et les minéraux industriels (graphite, sillimanite). La reconnaissance de zones d'altération hydrothermale métamorphisées (grenatites) ainsi que la présence de formations de fer archéennes plaident pour un potentiel minéral sous-estimé dans la région.

G68

Géologie et potentiel économique de la région du lac Jeannin, Churchill Sud-Est (SNRC 24B)

Isabelle Lafrance et Benoit Charette (MERN)

Ce nouveau levé géologique au 1/250 000 a été réalisé à l'été 2015 dans le secteur du lac Jeannin, à environ 200 km au nord de Schefferville. Situé dans la partie sud-est de la Province de Churchill, le terrain cartographié inclut la Zone noyau ainsi que la Zone de Rachel-Laporte, considérée comme un équivalent métamorphisé de la Fosse du Labrador.

La Zone noyau représente un ancien craton archéen déformé et remobilisé au Paléoprotérozoïque lors des orogenèses du Nouveau-Québec, à l'ouest, et des Torngat, à l'est. Dans la région, les principales unités observées à l'intérieur de cette zone comprennent : des gneiss tonalitiques, granitiques et granodioritiques; des roches migmatitiques variant des métatexites aux granites d'anatexie, dont une majeure partie semble avoir un protolite sédimentaire; des métasédiments; des intrusions felsiques à intermédiaires paléoprotérozoïques perturbant la foliation tectonométamorphique régionale; et des intrusions tardives plurikilométriques de gabbro et de roches ultramafiques. La Zone de Rachel-Laporte est majoritairement constituée de métasédiments, de métabasalte et de métagabbro. Des lithologies similaires à celles de la Zone noyau y sont aussi observées, comme une granodiorite porphyrique déformée dans la partie nord de la région ainsi que des gneiss et des migmatites associés au dôme de Wheeler dans la partie sud. Ces ensembles lithologiques pourraient représenter des nappes de charriage.

Plusieurs zones minéralisées, de largeur décimétrique à hectométrique, ont été observées dans la région cartographiée. Les sites sulfurés dans la Zone de Rachel-Laporte présentent un intérêt particulier, puisque leurs contextes s'apparentent à ceux des indices décrits dans les séquences volcano-sédimentaires moins métamorphisées de la Fosse du Labrador. La minéralisation s'y retrouve généralement sous forme de fines disséminations et de filonnets de pyrrhotite + pyrite ± chalcopyrite à l'intérieur de métabasaltes, de métasédiments, de métagabbros ou d'argilites graphiteuses. Plusieurs zones de sulfures semi-massifs à massifs de largeur décamétrique et d'extension hectométrique à kilométrique ont aussi été mises au jour dans les séquences volcano-sédimentaires. Des faciès fragmentaires ont été observés dans les sulfures massifs. Dans la Zone noyau, plusieurs zones rouillées à sulfures disséminés ont été trouvées au sein de différents types de roches, principalement : 1) des paragneiss variablement migmatitisés et localement graphitiques; 2) des intrusions mafiques à ultramafiques montrant par endroits des évidences d'altération hydrothermale et de remobilisation; 3) une séquence volcanique fortement altérée (épidote + feldspath potassique); 4) une intrusion tardive de composition intermédiaire à felsique; et 5) des amphibolites associées aux métasédiments.

G69

Le potentiel géologique du calcaire, de la dolomie et du marbre au Québec

N'golo Togola (MERN)

Les unités de roches carbonatées de la Plate-forme paléozoïque des Basses-Terres du Saint-Laurent et de la Province des Appalaches représentent non seulement des sources importantes de granulats, mais renferment également des niveaux exploitables de calcaire ou de dolomie de haute pureté pouvant servir à des usages industriels ou à l'amendement des sols.

Dans la Province des Appalaches, au sud du Québec, les unités de calcaire finement cristallin des formations de Corey et de Lambton (Groupe de Philipsburg), de calcaire microcristallin de Stries Pond (Groupe de Philipsburg) aussi bien que les unités de calcaire de la Formation de Bonsécours constituent les principales sources de calcaire à haute teneur en calcium. Les unités de calcaire de la Formation de Deschambault (Groupe de Trenton) dans les Basses-Terres du Saint-Laurent représentent également une autre source intéressante de calcaire à haute teneur en calcium.

Les unités de dolomie des formations de White Brook et de Dunham (Groupe d'Oak), des formations de Morgan Corner, de Wallace Creek et de Rock River (Groupe de Philipsburg) ainsi que le calcaire dolomitique de la Formation de Sayabec (Groupe de Chaleurs) constituent une source intéressante de roche pour la production d'amendement agricole à haute teneur en magnésie (Petryk 1987, Jacob et Petryk, 1989). Dans les Basses-Terres du Saint-Laurent, les dolomies de la Formation de Beauharnois (Groupe du Beekmantown) pourraient constituer également une source intéressante de roche pour la production d'amendement agricole à haute teneur en magnésie (Petryk 1987, Jacob et Petryk, 1989).

Le Supergroupe de Grenville renferme des unités de marbre calcitique ou dolomitique qui forment des bandes étroites et irrégulières de composition homogène. Ces marbres présentent un haut degré de blancheur avec très peu d'impuretés. Des niveaux exploitables peuvent être utilisés pour la production d'agrégats blancs, de chaux agricole et de calcaire industriel à haute teneur en calcium (Jacob, 1987). Les unités de marbre calcitique et dolomitique associées aux roches métasédimentaires du Supergroupe de Grenville (Province de Grenville) présentent un bon potentiel pour la production de charges minérales ou d'amendement de sol. Généralement, ces unités de marbre contiennent moins de 90 % de carbonates (Jacob, 1987). Les unités de marbre calcitique peuvent aussi constituer une source potentielle de calcite de haute pureté pour la production de charges minérales, tandis que les unités de marbre dolomitique à haute teneur en magnésie trouvent plutôt leur application dans les amendements de sol.

Références

JACOB, H.L., 1987 – Inventaire des gisements de minéraux industriels offrant un potentiel pour la production de charges minérales, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 87-43, 72 pages.

JACOB, H.L. – PETRYK, A. A., 1989 – Sommaire des principaux gîtes de dolomie au Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 89-49, 22 pages.

PETRYK, A.A., 1987 – Analyse lithochimique et potentiel d'exploitation des dolomies de la partie sud de l'Estrie, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, MB 87-37, 29 pages.

G70

Géologie et potentiel économique de la partie nord de la Fosse du Labrador et de la Zone de Rachel-Laporte, région de Kuujjuaq (SNRC 24K)

Carl Bilodeau (MERN)

Un nouveau levé géologique a été réalisé à l'été 2015 dans le centre-nord de la Fosse du Labrador à environ 60 km au nord-ouest de Kuujjuaq. La région est comprise entre la Province du Supérieur à l'ouest et la Zone noyau à l'est, ainsi que la rivière Koksoak au sud et du lac aux Feuilles au nord. Les objectifs consistaient à raffiner la carte géologique existante de cette partie de la Fosse du Labrador et de la Zone lithotectonique de Rachel-Laporte et à mettre en valeur le potentiel minéral de cette région reconnue pour ses minéralisations en nickel, en cuivre, en platine et en or. Des travaux de recherches connexes y sont associés, incluant l'analyse des sources détritiques à partir de la géochimie des roches sédimentaires, de la datation U/Pb des zircons et de l'analyse Sm-Nd; la caractérisation d'une intrusion de métagabbro lité de la Zone noyau; et l'étude pétrogéochimique d'un gabbro orbiculaire de la Zone de Rachel-Laporte.

La Fosse du Labrador constitue la partie ouest de l'Orogène du Nouveau-Québec, soit l'expression de la collision entre la Province archéenne du Supérieur (à l'ouest) et la Zone noyau de la Province de Churchill (à l'est). La région de Kuujjuaq expose des roches du deuxième cycle volcanosédimentaire, composé de sédiments de marge continentale (p. ex. les formations de fer rubanées), de sédiments de plate-forme et de roches volcanosédimentaires de milieu marin, incluant des basaltes, des shales noirs et des séquences turbiditiques. La quasi-totalité de l'empilement est injectée de filons-couches de gabbro.

La nature de la Zone de Rachel-Laporte a souvent été sujette à débat, à savoir si elle représente l'équivalent plus métamorphisé de la Fosse du Labrador, de la marge de la Zone noyau ou d'un terrane exotique. À la lumière des récentes observations, elle constituerait un environnement volcanosédimentaire différent de celui de la Fosse, mais dont la mise en place est étroitement liée à cette dernière. La comparaison des profils géochimiques des terres rares et des éléments traces des shales noirs, des formations de fer et des roches carbonatées nous permettront d'approfondir l'hypothèse de connexion entre les deux zones.

Les travaux ont permis de confirmer plusieurs contacts géologiques, d'harmoniser une partie du lexique stratigraphique et de mettre à jour plusieurs affleurements minéralisés. Les principaux types de minéralisations rencontrés incluent des sulfures massifs volcanogènes, des sulfures disséminés dans les sédiments (métarénites, schistes graphiteux, shales noirs et formations de fer associées) et les roches mafiques-ultramafiques ainsi que des gîtes à Fe-Ti-V dans l'intrusion mafique litée et métamorphisée de la Zone noyau.

G71

Géologie des dépôts de surface de la Province de Churchill Sud-Est : résultats préliminaires des campagnes d'échantillonnage et de cartographie de 2012 à 2015

Hugo Dubé-Loubert, Virginie Daubois (MERN), Martin Roy (UQAM), Roger Paulen (CGC-O) et Jessy Rice (Université de Waterloo et CGC-O)

Les régions ayant subi les grandes glaciations du Quaternaire représentent encore aujourd'hui un obstacle à la cartographie du socle rocheux et à l'exploration minérale. La Province du Churchill Sud-Est est en grande partie couverte par une épaisseur considérable de sédiments du Quaternaire, masquant par endroit d'importantes superficies du roc. Dans un tel contexte, l'application d'outils de prospection glaciosédimentaire s'avère complémentaire au projet de cartographie de la roche en place.

Le Bureau de la connaissance géoscientifique du Québec a entrepris, à l'été 2012, un projet de levés du Quaternaire comprenant l'échantillonnage de sédiments glaciaires (till) et fluvioglaciaires (esker). Cet échantillonnage est accompagné par une cartographie détaillée des dépôts de surface à l'échelle du 1/250 000 et un inventaire des marques d'érosion glaciaire.

Au cours des campagnes de 2012, de 2013, de 2014 et de 2015, plus de 1 200 échantillons (till et esker) ont été prélevés. Des analyses par ICP-MS ont été effectuées sur la fraction fine de la matrice des tills et des concentrés de minéraux lourds ont été réalisés afin d'en prélever les minéraux indicateurs pour différents types de gisements (diamants, métaux de base, sulfures, etc.). Finalement, certains de ces minéraux indicateurs ont été géochimiquement caractérisés à l'aide de la microscopie électronique de type Zeiss EVO-MA15 HD 2013 et d'un spectromètre EDS-SDD au laboratoire d'IOS.

Cette présentation expose les résultats cartographiques et géochimiques, y compris les minéraux indicateurs, pour les levés de 2012 (lac Saffray) et de 2013 (lac Henrietta) ainsi que les résultats préliminaires pour 2014 (lac Brisson) et 2015 (lac Jeannin).

G72

Prospection glaciosédimentaire dans la région de Clova, Province de Grenville ouest (SNRC 31O13, 31O14, 32B03 et 32B04)

Virginie Daubois (MERN)

La région de la Haute-Mauricie, dans la Province de Grenville, a été grandement perturbée par les grandes glaciations du Quaternaire, qui y ont laissé une importante couverture de sédiments meubles. Le nombre d'affleurements rocheux est grandement restreint, rendant difficile l'évaluation du potentiel minéral de cette région. De plus, de par sa situation, la migration des grands dômes de dispersion de l'inlandsis Laurentidien s'est traduite par une séquence peu étudiée de mouvements glaciaires complexes. Les travaux d'échantillonnage des sédiments glaciaires et de cartographie des formations de surface et des mouvements glaciaire au Quaternaire sont quasiment inexistants sur ce territoire. Le projet Gouin, un levé quaternaire dans la région de Clova, vise à combler le manque de connaissances géoscientifiques au sud du réservoir Gouin, en échantillonnant les sédiments glaciaires et fluvioglaciaires et en cartographiant à l'échelle du 1/50 000 les formations de surface (feuillets SNRC 31O13, 31O14, 32B03 et 32B04).

Au cours de la campagne de terrain 2015, 128 échantillons de till de 10 kg ont été prélevés en respectant un maillage carré d'environ 6 km sur 6 km, soit de 30 à 35 échantillons par feuillet SNRC. Dans le cas des échantillons d'esker, les 29 échantillons prélevés d'un poids de 15 kg ont été tamisés sur le terrain pour récupérer et analyser la fraction inférieure à 8 mm. Plusieurs anomalies (Ni-Cu, Fe-Ti, ETR), déterminées à partir de l'analyse des sédiments de fond de lac, semblent souligner le fort potentiel de cette région. L'échantillonnage du till et des eskers permet d'avoir un aperçu respectivement local et régional du potentiel minéral et, en parallèle avec l'étude du substrat rocheux, devrait permettre de préciser et de circonscrire ces anomalies.

Outre le volet de prospection glaciosédimentaire, ce projet comprend également une cartographie détaillée des formations de surface à l'échelle du 1/50 000 qui permettra de comprendre le contexte glaciaire ayant mené au canevas géomorphologique de la région. D'autre part, la recherche de la source des anomalies minérales par prospection glaciosédimentaire nécessite une bonne connaissance de l'histoire glaciaire de la région. Une cartographie systématique des marques d'érosion glaciaire, telles que les stries, les cannelures et les roches moutonnées, a été effectuée dans le cadre de ce levé. La séquence des écoulements glaciaires de cette région a été étudiée pour raffermir le cadre chronologique glaciaire de la Haute-Mauricie.

Les travaux de terrain ont permis de produire des cartes préliminaires des formations de surface et des mouvements glaciaires. Les résultats des analyses géochimiques et des analyses sur les concentrés de minéraux lourds provenant de l'échantillonnage des sédiments glaciaires et fluvioglaciaires seront présentés au cours de l'année 2016.

G73

La pierre architecturale dans les régions de l'Estrie (Saint-Sébastien), de la Mauricie (Saint-Alexis-des-Monts), du Saguenay – Lac-Saint-Jean, de la Capitale-Nationale (Réserve faunique des Laurentides) et de la Gaspésie

N'golo Togola et Ricardo Escobar (MERN)

Au cours de l'été 2015, des travaux de terrain ont été effectués dans les régions de l'Estrie (Saint-Sébastien; 21E04, 21E10, 21E14, 21E15), de la Mauricie (Saint-Alexis-des-Monts; 31I05, 31I06), du Saguenay – Lac-Saint-Jean (22D05, 22D07, 32A08), de la Capitale-Nationale (Réserve faunique des Laurentides; 22D03, 22D04, 21M06, 21M14) et de la Gaspésie (22H02, 22H03, 22A15). Un des objectifs de ce projet est de promouvoir la pierre architecturale au Québec.

Les travaux de terrain ont été réalisés du 15 juin 2015 au 10 juillet 2015. Au cours de cette période, 45 carrières ont été visitées, y compris 14 nouvelles carrières de pierre architecturale et de pierre concassée. Chaque carrière visitée a été systématiquement échantillonnée. Ces travaux ont permis la mise à jour des données sur les carrières existantes de pierre architecturale et la description des nouvelles carrières de pierre architecturale, de pierre concassée, de pierre industrielle et de pierre gemme, dans le but d'élaborer une fiche d'information détaillée sur chacune de ces carrières.

Dans le secteur de Saint-Sébastien (en Estrie), les divers faciès de roche exploitée comprennent un granite et une granodiorite de l'intrusion plutonique de Saint-Sébastien–Sainte-Cécile. Plusieurs carrières de pierres concassées ont été visitées dans les secteurs du Lac-Mégantic et de Courcelles.

En Mauricie, dans le secteur de Saint-Alexis-des-Monts, les divers faciès de roche exploitée sont des mangérites quartzifères porphyriques du Massif de Saint-Didace.

Au Lac-Saint-Jean, des carrières dans les secteurs de Métabetchouan et de Chambord ont été visitées. Les divers faciès de roche exploitée sont un calcaire fossilifère de la Formation de Simard (Groupe de Trenton) et un monzogranite porphyrique à phénocristaux de feldspath potassique. Le site de pierre gemme (cristaux de quartz) dans le secteur de Lac-à-la-Croix a également été visité.

Au Saguenay, la carrière visitée dans l'arrondissement de La Baie exploite une monzodiorite à hypersthène à texture porphyrique.

Dans la Réserve faunique des Laurentides (Capitale-Nationale), une carrière de pierre architecturale dans le secteur du lac Scott exploite une monzodiorite à hypersthène du Complexe du Parc des Laurentides. Des carrières de pierres concassées ont aussi été visitées.

En Gaspésie, une carrière de pierre industrielle a été visitée au sud de Grande-Vallée (secteur du lac à l'Eau claire), en plus de la visite d'un site de pierre gemme (agate) dans le secteur du mont Lyall et de quelques carrières de pierre concassée dans les secteurs du lac Fer à Cheval et du lac D'Amours et de Gaspé.

G74

Applications technologiques du quartz de haute pureté

Dominic Fragasso et Denis Blackburn (MERN)

Cette affiche fournit des explications sur les applications technologiques du quartz de haute pureté. Elle fait mention des sources de quartz les plus pures (quartz massif, quartzite, grès, sable quartzeux) répondant aux exigences de cette industrie. Elle fait état des exigences chimiques et physiques pour chaque type d'usage et explique les procédés de transformation de la silice en ferrosilicium et en silicium métallurgique. Il y est également traité de la purification du silicium métallurgique pour atteindre les marchés dits de haute technologie, comme semi-conducteurs pour des applications informatiques et les panneaux photovoltaïques solaires. Le procédé de fabrication des semi-conducteurs informatiques et solaires est également expliqué.

G75

Caractérisation de la minéralisation en Ni-Cu des indices de la Suite de Soisson, Province de Churchill Sud-Est, Québec

Jean-Philippe Fleury (UQAM)

Des indices de Ni-Cu ont été découverts par la société WMC International au début des années 2000, à la suite d'un levé magnétique aéroporté dans la partie sud-est de la Province de Churchill. Durant l'été 2015, lors des travaux de cartographie régionale au 1/250 000 réalisés par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), deux indices minéralisés (feuillet SNRC 24B16) ont fait l'objet d'échantillonnage et de travaux détaillés dans le cadre d'un projet de fin d'études, lequel vise à différencier les faciès observés dans l'intrusion associée à la minéralisation et à caractériser les zones minéralisées.

Trois différents faciès ont été observés de ce secteur : une gabbronorite, un gabbro et une monzonite, tous caractérisés par une texture subophitique et une composition très homogène. Ces roches sont encaissées par des paragneiss migmatisés d'âge paléoprotérozoïque.

La gabbronorite, une roche à grain moyen avec une texture subophitique, est formée de lattes de plagioclases jointifs avec des cristaux automorphes de pyroxènes. L'unité de gabbro est caractérisée par un aspect leucocrate et est souvent pauvre en minéraux mafiques. Quant au faciès monzonitique (mangérite), il se distingue par la présence de feldspath potassique, lui donnant une teinte gris rosé dominante, et d'orthopyroxène.

Les indices A14-1W et A14-1E, distants de 3,5 km, se trouvent en bordure d'une intrusion mafique tardive d'âge mésoprotérozoïque, de taille kilométrique, non déformée et non métamorphisée qui est associée à la Suite de Soisson (Lafrance *et al.*, 2014). Les deux zones minéralisées semblent contenir des zones d'altérations qui pourraient indiquer une certaine remobilisation des sulfures. L'indice A14-1W (dans la partie ouest) est associé à une roche gris clair, riche en plagioclases et d'aspect anorthositique. La minéralisation se présente sous forme de veinules ou d'amas disséminés de pyrrhotite et de chalcopyrite (3 %) sur une épaisseur de 2 m. Plus à l'est, l'indice A14-1E est encaissé dans l'unité de gabbronorite qui est recoupée par un faciès altéré non identifié, très potassique, pauvre en minéraux mafiques et assez riche en quartz. La zone minéralisée se trouve au contact de ce faciès altéré. Elle se présente généralement sous forme d'amas ou de dissémination de pyrrhotite et de chalcopyrite (1 %), avec une petite zone semi-massive d'aspect bréchique, où l'on observe des fragments de quartz. Le contexte et l'âge de ces zones minéralisées ressemblent au secteur de Voisey's Bay plus à l'est.

Référence

LAFRANCE, I. – SIMARD, M. – BANDYAYERA, D., 2014 – Géologie de la région du lac Saffray (SNRC 24G et 24F). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 2014-02; 49 pages.

G76

Caractérisation pétrographique et géochimique des roches alcalines de la Suite de Fayot, Province de Churchill

Marie-Odile Chartier, Philippe Pagé (UQAC), Isabelle Lafrance et Benoit Charette (MERN)

Les travaux de cartographie de l'été 2014 effectués par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) dans le sud-est de la Province de Churchill (feuillets SNRC 24A et 24H) ont permis d'identifier une nouvelle unité lithostratigraphique, la Suite de Fayot. Elle est constituée de cinq intrusions mafiques alcalines de taille kilométrique présentes dans l'enveloppe du Batholite de DePas et la Zone de déformation de la rivière George. Des teneurs anormales en éléments de terres rares (jusqu'à 1256 ppm) suggèrent que cette suite pourrait présenter un potentiel économique. Les intrusions qui la composent se caractérisent par un faible contenu en quartz ou par son absence ainsi que par un faible contenu en néphéline. On observe aussi que le feldspath potassique est plus abondant que le plagioclase.

Ce projet de fin d'études, une collaboration entre l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) et le MERN, vise à évaluer le potentiel économique en éléments de terres rares des roches mafiques alcalines de la Suite de Fayot. Avant tout, il a fallu définir le contexte de formation typique des roches alcalines. La caractérisation pétrographique à partir de lames minces polies a permis de reconnaître les minéraux primaires et d'origine tardive (métamorphisme et altération), d'estimer visuellement leurs proportions modales et de décrire les textures et structures des roches qui composent la Suite de Fayot. De plus, la chimie minérale des phases primaires dominantes (par microsonde) et la géochimie sur roche totale des échantillons de trois intrusions ont permis de préciser et de discuter des caractéristiques et du potentiel de ces intrusions. Pour finir, une comparaison avec des secteurs minéralisés en éléments de terres rares, comme Strange Lake et Lac Brisson, a été effectuée dans la cadre de cette étude.

G77

Nature et origine des roches de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk, Province de Churchill SE, Québec : caractérisation pétrologique et géochimique et implications sur la géologie régionale

Rocío Pedreira Pérez, Philippe Pagé (UQAC), Daniel Bandyayera (MERN) et Sarah-Jane Barnes (UQAC)

La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk est située proche du corridor de déformation de Blumath, une ancienne zone de suture au contact entre la Zone noyau et l'Orogène des Torngat, dans la partie sud-est de la Province Churchill (feuillets 24H10 et 24H15). Cette suite est formée de plusieurs corps mafiques-ultramafiques plurikilométriques d'orientation nord-sud variablement métamorphisés et distribués parallèlement au corridor de déformation de Blumath. Les roches mafiques-ultramafiques sont en contact avec les gneiss tonalitiques et granitiques du Complexe d'Ungava et la séquence sédimentaire clastique d'âge paléoprotérozoïque du Groupe de Lake Harbour.

La cartographie et l'échantillonnage de ces corps ont été effectués durant l'été 2014 (environ 150 points d'observation). La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk comprend quatre principaux faciès : i) péridotitiques, ii) pyroxénitiques, iii) gabbroïques et iv) amphibolitiques. Jusqu'à maintenant, nos observations montrent que les faciès péridotitiques présentent des textures complexes et variées laissant croire à la présence de deux sous-groupes, ce que suggère aussi l'étude de la géochimie des éléments traces. Le premier sous-groupe pourrait correspondre à des faciès d'origine mantellique alors que le second pourrait représenter des cumulats ultramafiques. Les pyroxénites semblent représenter des cumulats résultant d'un processus de cristallisation fractionnée. Les gabbros sont plutôt massifs et équivalent certainement à des cumulats plus mafiques. Les faciès amphibolitiques n'ont pas encore été étudiés en détail pour vérifier s'il s'agit de gabbros plus fortement métamorphisés ou de faciès métavolcaniques.

Les travaux en cours visent notamment à préciser ces premières observations sur la nature des faciès péridotitiques. Pour y arriver, il faudra réaliser des descriptions pétrographiques de ce faciès, en s'attardant particulièrement aux textures des roches, à leur degré de métamorphisme et d'altération de même qu'à l'intensité de la déformation qu'elles ont subie. On s'attend à observer des contrastes entre les roches d'origine mantellique et celles d'origine crustale. De plus, les analyses de la chimie minérale et les données de géochimie sur roche totale devraient aussi faciliter la discrimination entre les deux groupes de roches.

Le contenu total en métaux communs et en éléments du groupe du platine de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk est généralement faible (24-9170 ppm Ni; <1-581 ppm Cu; 10,83-50,09 ppb EGP) et le Ni semble être contrôlé par les phases silicatées. Malgré ces premiers résultats, on retrouve localement des niveaux à sulfures disséminés associés à des faciès péridotitiques (indice Phiroda).

G78

Étude thermobarométrique de la Zone de Rachel-Laporte : y a-t-il une distinction métamorphique avec la Zone noyau?

Marc-Antoine Vanier (UL), Benoit Charette, Isabelle Lafrance (MERN), Loïc Labrousse (UMI Takuvik CNRS–UL), Carl Guilmette et Antoine Godet (UL)

La Province de Churchill Sud-Est (PCSE) est divisée en trois domaines géologiques orientés selon un axe nord-sud : l'Orogène des Torngats (OT) à l'est, la Zone noyau (ZN) au centre et l'Orogène du Nouveau-Québec (ONQ) à l'ouest. Le modèle actuel décrivant l'évolution de la PCSE suggère qu'au Paléoprotérozoïque (avant 1,88 Ga), la ZN correspond à un microcontinent isolé des cratons du Supérieur et nord-atlantique par deux océans. Un épisode de convergence oblique cause la fermeture successive de ces océans, culminant en deux collisions continentales, d'abord avec le craton nord-atlantique formant l'OT (1,87-1,82 Ga), puis avec le craton du Supérieur formant l'ONQ (1,82-1,77 Ga). Ce modèle géodynamique a toutefois été élaboré alors qu'il n'existait que très peu de données sur la PCSE. La nouvelle campagne d'acquisition de données entreprise par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) permettra de tester ce modèle, entre autres, en ce qui a trait aux épisodes tectonométamorphiques correspondant aux collisions continentales (ONQ et OT).

Les premières études visant la PCSE ont mis en évidence un gradient métamorphique régional passant du faciès des schistes verts aux amphibolites dans l'ONQ, puis aux amphibolites supérieures (anatexie) dans la ZN. La transition du faciès des schistes verts aux amphibolites supérieur est observée dans les roches supracrustales à la limite occidentale de la Zone de Rachel-Laporte (ZRL), un sous-ensemble de l'ONQ. Le métamorphisme de la ZRL serait contemporain à la convergence formant l'ONQ (1799-1783 Ma), alors que les conditions d'anatexie généralisées de la ZN seraient plus anciennes (1805-1810 Ma).

L'objectif de ce projet de fin d'études est de caractériser et de quantifier les conditions métamorphiques dans la zone de transition du faciès des schistes verts à celui des amphibolites supérieur dans la ZRL, dans une perspective de fournir de nouvelles contraintes quant aux variations métamorphiques entre l'ONQ et la ZN. Pour ce faire, des échantillons ont été prélevés le long d'une coupe est-ouest lors des travaux de cartographie géologique du MERN à l'été 2015. La documentation des paragenèses de ces échantillons de métasédiments et d'amphibolites permettra de calculer les conditions de pression et de température (P-T) par multi-équilibre de phases. Une cartographie des conditions P-T permettra de déterminer un potentiel saut ou une continuité dans le gradient métamorphique entre la Zone de Rachel-Laporte et la Zone noyau, puis d'en déduire les implications au niveau géodynamique de cette région. Le projet s'inscrit au sein d'une recherche multidisciplinaire visant à comprendre l'évolution tectonométamorphique de la PCSE.

G79

D'une fénitisation aurifère à une minéralisation orogénique au sein d'un pluton synvolcanique : exemple du Stock de Boyvinet dans la région du lac Shortt

Édouard Côté-Lavoie, Damien Gaboury (UQAC-LAMEQ) et Laury Schmitt (SOQUEM)

Le Stock de Boyvinet, dans la région du lac Shortt (SOQUEM et MDN), renferme une minéralisation aurifère à faible teneur associée à des veinules de quartz et des zones d'altération. Ce stock a longtemps été considéré comme une syénite. Toutefois, les caractéristiques géochimiques indiquent une affinité calco-alcaline avec une anomalie négative en Nb et en Ta et un fractionnement $La_N/Yb_N = 22$. Les roches basaltiques encaissantes sont chimiquement comparables, permettant d'interpréter l'origine du stock comme étant synvolcanique. Les altérations hydrothermales s'expriment par des assemblages aux proportions variables d'albite, d'hématite, de carbonates, de silice, de chlorite, de pyrite et de magnétite. Les zones altérées (n=25) sont caractérisées par des gains forts en Si : < 30 %, en Na : < 33 %, en K : < 200 % et en Ca : < 25 % et des pertes en FeO : < 8 %. Les enrichissements en or sont en lien avec les zones d'altération, mais les assemblages minéralogiques sont variables, incluant : albite-hématite-pyrite et carbonates-silice-chlorite-pyrite. Les pyrites (n=53) ont été analysées par LA-ICP-MS au LabMater (UQAC). Des zonalités sont évidentes entre les cœurs poreux et les bordures recristallisées. Les cœurs (n=50) sont riches en or (moyenne 5,5 ppm, <95,5 ppm) avec un enrichissement en Bi-Te-Cu-Ag-Sb. Les bordures (n=40) sont pauvres en or (moyenne 0,22 ppm, <1,32 ppm) et enrichies en As-Ni-Co-Se. Les assemblages métalliques Bi-Te-Cu-Ag-Sb sont typiquement d'origine magmatique alors que ceux à As-Ni-Co-Se sont caractéristiques des fluides métamorphiques. Des grains d'or libre se retrouvent également dans des fractures tardives de la pyrite. Les inclusions fluides ont été analysées (n=24) par spectrométrie de masse à sonde-solide au LAMEQ (UQAC). Deux groupes de fluides se distinguent, soit ceux des veinules stériles de quartz blanc (n=10) et ceux des veinules de quartz-carbonates aurifères (n=14). Les premiers sont aquacarboniques (valeurs moyennes en H_2O : 87,4 % et CO_2 : 10,1 %) avec des traces de gaz (N_2 : 1,66 %, H_2 : 0,2 % et C_2H_6 : 0,6 %). Les deuxièmes sont aquacarboniques également, mais plus riches en gaz (H_2O : 82,5 %, CO_2 : 14,2 %, N_2 : 2,4 %, H_2 : 0,6 % et C_2H_6 : 0,32 %). Dans les deux cas, les fluides sont d'origine métamorphique. Deux processus minéralisateurs superposés sont proposés : magmatique et métamorphique. Une fénitisation primaire de l'encaissant, induite par des fluides magmatiques alcalins régionaux, est responsable d'un enrichissement aurifère et de l'altération en albite-hématite-pyrite précoce. La présence de plusieurs intrusions alcalines tardives dans la région et de la carbonatite du Lac Shortt, supporte cette interprétation. Une minéralisation orogénique est superposée sur la fénitisation, avec localement le développement de veinules de quartz-carbonates-pyrite et la surimposition des bordures de pyrite primaires.

G80

Interprétations vectorielles de données multiparamétriques au gisement de SMV Bracemac-McLeod, district minier de Matagami, Québec

Nathalie Schnitzler, Alexandre Bourke, Pierre-Simon Ross (INRS-ETE), Robert Boucher et Robert Namour (Glencore)

Le laboratoire mobile de caractérisation physique, chimique et minéralogique des roches (LAMROC) de l'INRS acquiert des données multiparamétriques sur les carottes de forage d'exploration de façon non destructive et directement sur leurs sites d'entreposage. Le laboratoire peut mesurer quasi simultanément, avec une résolution spatiale de quelques millimètres, la densité par atténuation des rayons gamma, la minéralogie par spectrophotométrie infrarouge, la géochimie par fluorescence des rayons X (FRX) et la susceptibilité magnétique. Ces données complètent la description faite par le géologue et contribuent à la discrimination spatiale des lithologies et des altérations liées à la mise en place des dépôts de sulfures massifs volcanogènes (SMV) ou autres.

Le présent projet, bénéficiant d'un financement du FRQNT-DDSM et d'un soutien logistique de Glencore Exploration, concerne le gisement Bracemac-McLeod, situé dans le district de SMV de Matagami, dans la partie nord de la Sous-Province de l'Abitibi, au Québec. Neuf forages d'exploration ont été analysés, pour un total de plus de 6 000 m répartis sur un territoire couvrant le dépôt McLeod et allant jusqu'à 1 km à l'est. Les mesures ont été prises de façon systématique, tous les 20-30 cm, à des points spécifiques déterminés par le géologue. À cela s'est ajoutée l'analyse au spectrophotomètre infrarouge de 22 forages répartis sur le gisement et autour de ce dernier, avec des mesures aux 10 m.

La grande quantité de données ainsi que la diversité des paramètres (plusieurs milliers de points de mesure, avec plus de 20 variables) permettent d'utiliser des méthodes variées quant à leur étude et leur interprétation. Cette présentation met en valeur une approche vectorielle pour interpréter les données minéralogiques et géochimiques. Certains minéraux sont identifiés par la spectrophotométrie infrarouge. Notre étude se concentre sur la composition des micas blancs et des chlorites qui est mesurée par la position des pics d'absorption associés à Al, au Fe et au Mg. Dans le cas des SMV, l'appauvrissement ou l'enrichissement en aluminium des micas blancs peut servir d'indicateur de proximité au gisement. Il en va de même pour la variation du fer ou du magnésium dans les chlorites. La comparaison de ces indicateurs permet alors de former des vecteurs qui pointent vers la minéralisation. Une approche vectorielle analogue est valable pour les données de FRX. L'évolution spatiale des concentrations de certains éléments rend possible l'élaboration de vecteurs géochimiques. Le projet a pour objectif de tester ces méthodes d'interprétation avec les données recueillies par le LAMROC.

G81

Évaluation des propriétés thermiques du bassin sédimentaire des Basses-Terres du Saint-Laurent : mesures en laboratoire et méthode de diagraphie des puits

Maher Nasr, Jasmin Raymond et Michel Malo (INRS-ETE)

Une évaluation des propriétés thermiques du basin des Basses-Terres du Saint-Laurent a été réalisée. Les propriétés ciblées sont la conductivité et la capacité thermiques. Des méthodes directes et indirectes ont été utilisées pour estimer ces paramètres. Cette caractérisation vise la recherche d'un site propice pour implanter un projet pilote destiné à la production d'électricité à partir de la géothermie profonde.

Dans un premier temps, les caractéristiques thermiques de ce bassin ont été évaluées sur des échantillons prélevés en surface, soit 45 échantillons issus de différentes formations géologiques des Basses-Terres du Saint-Laurent. La conductivité thermique a été directement mesurée à l'aide d'une sonde à aiguille en laboratoire alors que la capacité thermique a été estimée sur des observations microscopiques. Par après, les moyennes ont été calculées pour chaque unité du bassin et pour chaque paramètre.

Dans un second temps, des profils de conductivité thermique ont été établis à partir d'enregistrements diagraphiques. L'objectif de cette méthode indirecte est de réduire l'incertitude liée à l'estimation de ce paramètre. Deux approches ont été utilisées. Des corrections de pression et de température ont été effectuées pour les profils de conductivité thermique. La résolution de l'équation de chaleur (équation de Poisson) par différences finies a permis ensuite de déterminer la densité de flux de chaleur terrestre et un profil de température pour chaque puits.

Les résultats des travaux de terrain démontrent que les formations argileuses, à l'instar des groupes d'Utica et de Sainte-Rosalie, sont les plus isolantes, avec une conductivité thermique de l'ordre de 2,5 W/(m K) et une capacité thermique massique de près de 850 J/(kg K). En revanche, les formations gréseuses se présentent comme les meilleures unités conductrices de chaleur. Les grès de Potsdam par exemple, avec une conductivité thermique allant jusqu'à 6 W/(m K) et une chaleur massique de 730 J/(kg K), représentent des réservoirs potentiels.

La carte du flux de chaleur montre des valeurs estimées allant de 40 mW/m^2 à 140 mW/m^2. Les valeurs élevées pour la température sont observées entre la Faille de Logan et le fleuve Saint-Laurent. Certaines valeurs élevées situées près de la Faille de Logan semblent être bien justifiées alors que d'autres, soutenues par peu de données, nécessitent un examen plus approfondi.

Les travaux à venir se concentreront sur les zones les plus favorables le long de la Faille de Logan.

G82

Géochimie des basaltes encaissants des SMV aurifères de Lalor, Snow Lake, Manitoba

Vincent Dubé-Bourgeois, Pierre-Simon Ross (INRS-ETE), Patrick Mercier-Langevin (CGC-Q) et Antoine Caté (INRS-ETE)

Le gisement Lalor, exploité par Hudbay Minerals, est situé dans le camp minier de Snow Lake au Manitoba. Lalor est un SMV (sulfure massif volcanogène) enrichi en or à fort tonnage (réserves de 11,87 Mt à 1,88 g/t Au, en plus d'une zone de 2,46 Mt à 5,36 g/t Au), mis en place dans un contexte tectonique d'arc volcanique bimodal felsique d'âge paléoprotérozoïque. Les roches hôtes de la minéralisation ont subi un métamorphisme au faciès des amphibolites ainsi que plusieurs phases de déformation. Quant aux roches situées près du gisement Lalor, particulièrement dans le mur, elles sont fortement altérées en raison de l'activité hydrothermale à l'origine de la formation de la minéralisation. Les modifications subies par les roches en réponse à l'altération et au métamorphisme subséquent imposent certaines contraintes quant à l'utilisation et au traitement des données géochimiques.

Le projet de maîtrise à l'INRS-ETE vise à étudier la géochimie des roches volcaniques hôtes du gisement Lalor et d'en faire la modélisation pétrogenétique afin de comprendre leurs processus de formation et de jeter un nouvel éclairage sur le contexte pétrologique et tectonique du plus gros gisement du camp de Snow Lake. Ce projet complémente une étude doctorale par Caté *et al.* sur l'architecture, la volcanologie, les protolites, l'altération, le métamorphisme et la structure du gisement Lalor. Les roches encaissantes de Lalor font partie de la Séquence de Chisel, qui contient un grand nombre de SMV. Quelque onze groupes lithologiques ayant une affinité tholéitique transitionnelle à calco-alcaline ont été reconnus à partir des ratios d'éléments immobiles tels que Zr/Ti ou Nb/Yb et des diagrammes d'éléments traces étendus. Les résultats présentés ici concernent deux basaltes : M1 (Basalte de Moore) dans le mur et le toit du gisement et M3 (Basalte de Threehouse) principalement dans le toit. Ces deux basaltes sont géochimiquement différents, M1 étant plus fractionné et ayant une affinité calco-alcaline alors que M3 est plus près de la composition d'un basalte de dorsale médio-océanique (MORB) et d'affinité tholéitique transitionnelle.

Les diagrammes de classification tectonique montrent un fractionnement des terres rares plus important à Snow Lake que dans le reste de la ceinture de Flin Flon. Ceci pourrait être dû, entre autres, à un plus faible taux de fusion partielle. De plus, selon la littérature, le magma proviendrait d'une source enrichie. Une des possibilités de cet enrichissement serait la contamination du manteau par une composante continentale, laquelle pourrait aussi avoir influencé le bagage métallique à Lalor.

Une modélisation géochimique est en cours pour déterminer la ou les sources des basaltes et leur évolution pétrogénétique. Cette modélisation servira à raffiner le modèle de SMV aurifère et à améliorer les différents guides d'exploration pour ce type de gisement.

G83

Quelques faits saillants de l'exploration avancée et du développement minier en Abitibi-Témiscamingue en 2015

Pierre Doucet et Jeanne Lavoie-Deraspe (MERN)

Ressources minières Radisson a réalisé un calcul des ressources pour les zones 36E et Kewagama de son projet O'Brien-Kewagama.

Ressources Falco a effectué une campagne de forage sur son projet Horne 5. Le forage H5-15-01 a donné 31,2 m à 2,03 g/t Au, 10,16 g/t Ag, 0,46 % Cu et 0,04 % Zn.

Ressources Sphinx a réalisé 4 forages sur sa propriété Preissac. Le forage SR-15-06192 a recoupé une section de 0,5 m à 1,41 % Ni, 0,05 % Cu, 0,04 g/t Pt et 0,30 g/t Pd.

Midland Exploration a effectué 7 forages sur sa propriété Patris au cours de l'hiver 2015. Un intervalle de 1,0 m dans le forage PAT-15-05 a donné 0,10 g/t Au, 82,6 g/t Ag, 0,22 % Cu et 1,0 % Pb.

Trois phases de forage sont prévues pour 2015 au projet Croinor de Corporation aurifère Monarques. Le forage CR-15-447 a recoupé une section de 3,0 m à 7,09 g/t Au.

Une étude d'impact environnementale est en cours au projet Akasaba Ouest de Mines Agnico Eagle et devrait être déposée en 2015.

Pour le projet Lamaque Sud, Integra Gold a terminé, en janvier 2015, une mise à jour de l'évaluation économique préliminaire réalisée en mars 2014. La mise à jour de l'étude a permis une réduction des coûts de production et des capitaux de préproduction ainsi qu'une augmentation du taux de récupération. Un nouveau calcul des ressources a également été produit pour les zones Triangle et Parallèle.

Des tranchées ont été creusées sur le gîte New Beliveau de la propriété Val-d'Or Est, détenue par Adventure Gold. Quatre zones aurifères à haute teneur ont été découvertes; les meilleures intersections comprennent 6,4 g/t Au sur 19,7 m, incluant une section de 10,6 g/t Au sur 11,5 m.

En 2015, l'exploration de la zone Deep 1 a permis d'ajouter au moins six ans à l'exploitation de la mine Goldex de Mines Agnico Eagle.

Sur le Bloc Marban, NioGold Mining a prévu un programme de 70 000 mètres de forage pour 2015; au mois d'août, 99 forages avaient été réalisés.

Sur la propriété de la mine Kiena, Wesdome Gold Mines a réalisé une campagne d'hiver pour explorer le prolongement de la zone S50 près du puits de la mine et la zone Presqu'île à l'ouest. Les meilleures valeurs sont de 5,83 g/t Au sur 12,6 m (forage S771) dans la zone S50 et de 26,85 g/t Au sur 5,9 m (forage S780) dans la zone Presqu'île.

G84

Les coups de foudre : un nouvel outil d'exploration?

Patrick Houle (MERN)

Est-il possible que la foudre tombe deux fois au même endroit? Et si elle le fait, existe-t-il un lien avec la géologie? Pourquoi certaines régions forestières au Québec brûlent-elles plus fréquemment? Pourquoi sont-elles plus susceptibles d'être victimes de la foudre que d'autres?

Des recherches récentes effectuées aux États-Unis tendent à démontrer que la localisation de l'impact des éclairs au sol ne serait pas aléatoire. Les coups de foudre formeraient des essaims qui ont tendance à se répéter dans le temps. Leur localisation ne serait pas uniquement liée aux infrastructures (bâtiments, puits et pipelines) ni contrôlée exclusivement par la topographie, ou la végétation, ou la profondeur de l'eau (moins de 120 mètres). De fait, même si l'éclair est un phénomène atmosphérique, l'endroit où elle touche le sol serait davantage contrôlé par des variations de courants telluriques, lesquels sont modifiés par les failles, les champs résistifs de pétrole et de gaz, les dépôts de minéraux conducteurs, les systèmes géothermiques, les cheminées kimberlitiques, les infiltrations de méthane, l'anisotropie, les fluides et la géologie, le tout à une faible profondeur terrestre.

Conséquemment, en considérant que la densité des éclairs varie spatialement, et que ces variations sont quelque part cohérentes à travers le temps, il est permis de jumeler les données minières de base à la localisation des éclairs au sol, incluant une certaine marge d'erreur. L'affiche montre une première proposition de cibles potentielles d'exploration générées à partir du traitement statistique de la base de données géoréférencées de localisation de la foudre au sol d'Hydro-Québec (2007-2015) et des cartes magnétiques de SIGÉOM. Elle sert également à déterminer si des applications géologiques et géophysiques peuvent être trouvées en utilisant des réseaux de détection existants et futurs des éclairs. À la lumière de ce projet pilote, comme un météorologue ne peut pas comprendre les phénomènes atmosphériques sans connaître les courants océaniques, est-ce qu'un géologue peut comprendre le sous-sol sans tenir compte des courants électriques souterrains et des phénomènes tels que la foudre?

G87

Identification automatisée des types de textures en carottes de forage pour applications géométallurgiques

Laura Pérez-Barnuevo, Sylvie Lévesque (COREM), Claude Bazin (UL), Daniel Michaud (COREM) et Hugues Longuépée (ArcelorMittal Mines Canada)

Traditionnellement, l'évaluation du comportement, bon ou mauvais, de minerai spécifique lors de l'usinage repose principalement sur l'expérience des géologues de mine et leur évaluation visuelle des carottes de forage. Au cours des dernières années, depuis l'émergence de la géométallurgie, d'importants efforts ont été réalisés pour bonifier ces observations avec des données quantitatives, dans le but de caractériser les ressources de minerai sans différer et avec autant de précision que possible.

Durant l'examen des carottes de forage, il est possible d'observer différents types de textures entre les minéraux composant le minerai et la gangue, qui entraînent un comportement différent au cours de l'usinage. Serait-il envisageable d'élaborer une nouvelle méthodologie pour la caractérisation des carottes de forage concernant la performance lors de l'usinage? Des travaux ont été réalisés en ce sens, en ciblant deux principaux objectifs : premièrement, quantifier le lien potentiel entre les types de textures observés dans les carottes de forage et leur performance lors de l'usinage; deuxièmement, élaborer une méthodologie pour l'identification automatisée des types de textures dans les carottes de forage. Pour y parvenir, des échantillons provenant du gisement de fer du Mont Wright (Québec, Canada) ont été utilisés.

Pour atteindre le premier objectif, les carottes de forage du gisement ont été examinées visuellement afin d'identifier les types de textures récurrents. Des échantillons de chaque type de texture identifiée ont été usinés afin de déceler les différences potentielles en matière de broyabilité et de comportement métallurgique. Les résultats préliminaires montrent une tendance similaire au niveau de la consommation d'énergie pour la fragmentation des solides (*comminution*), la production de particules fines et la récupération, pour les échantillons montrant le même type de texture. Il est donc possible d'établir une classification des types de textures des carottes de forage en fonction de leur performance lors de l'usinage pour ce gisement.

En utilisant cette classification, une méthodologie permettant de discriminer les types de textures identifiés a été élaborée. La méthode est basée sur l'acquisition d'images numériques des carottes de forage et leur traitement pour reconnaître certains indicateurs texturaux. Ces indicateurs texturaux sont utilisés lors d'une étape ultérieure pour différencier entre les types de textures, en procédant à une analyse des fonctions discriminantes. Les résultats préliminaires indiquent qu'un taux de réussite supérieur à 95 % est obtenu pour la discrimination entre les types de textures considérés. Par conséquent, en procédant ainsi à l'identification d'un type de texture particulier, cette méthodologie pourrait permettre de prédire précocement le comportement du minerai durant l'usinage, menant ainsi à une meilleure planification minière et à une optimisation potentielle des circuits d'usinage.

G88

Étude comparative des techniques de préparation des échantillons et des méthodes d'analyse des éléments de terres rares dans différentes matrices environnementales et minérales

Laurence Whitty-Léveillé, Keven Turgeon, Dominic Larivière et Claude Bazin (UL)

La hausse des prix des éléments de terres rares (ETR) constitue un avènement sur le marché prospectif dans le monde entier, avec plus de 30 pays ayant des gisements de terres rares, y compris des gisements marginaux dont le succès économique repose sur ces prix élevés. Ceci entraînera certainement une pression accrue sur les laboratoires d'analyses, exigeant à la fois plus de sensibilité et une plus grande précision lors de la détermination des teneurs en ETR. Digérer les minerais de terres rares afin d'appliquer les techniques de spectrométrie et de spectroscopie atomique habituelles est laborieux, puisque les oxydes de lanthanides sont connus pour leurs caractères réfractaires; la dissolution de l'échantillon doit alors être effectuée dans de rudes conditions de digestion. Cette présentation met l'accent sur la comparaison entre trois différentes techniques de digestion (fusion boratée, digestion par micro-onde et digestion acide) ainsi qu'entre quatre méthodes d'analyses différentes : l'activation neutronique (INAA), la spectroscopie d'émission atomique par plasma micro-onde (MP-AES), la spectroscopie d'émission optique couplée à un plasma induit (ICP-OES) et la spectrométrie de masse couplée à un plasma induit (ICP-MS). La fusion boratée s'est avérée être la technique la plus efficace pour digérer les quatre matrices minérales de terres rares testées. Bien que l'ICP-OES, le MP-AES et l'ICP-MS ont donné des résultats similaires, cette dernière méthode a montré les limites de détection les plus basses et une meilleure reproductibilité pour tous les éléments analysés, un aspect essentiel dans la détection des éléments de terres rares.

G89

Extraction d'éléments de terres rares (ETR) à partir de minerais silicatés

Jean-François Boulanger, Laurence Whitty-Léveillée, Keven Turgeon, Claude Bazin et Isabelle Bombard (UL)

Les minerais d'éléments de terres rares (ETR) contiennent jusqu'à dix fois la valeur en métaux des minerais d'or typiquement exploités. Le financement des projets demeure cependant ardu en raison du nombre de procédés requis pour valoriser les métaux produits et les faibles récupérations de ces procédés. La lixiviation ou extraction directe des ETR à partir de tout-venant évite la production de concentré. Elle peut réduire les coûts en capitaux et les coûts d'exploitation et augmenter la récupération des ETR ainsi que les revenus.

Dans le cadre de cette étude, différents projets d'ETR existants ont d'abord été comparés relativement à la valeur contenue et récupérée. Par la suite, un minerai silicaté a été utilisé pour vérifier différentes hypothèses sur le traitement de tout-venant et pour développer un procédé de traitement simplifié. La caractérisation de cet échantillon a montré que les ETR formaient 0,6 % du tout-venant, qu'ils étaient majoritairement contenus dans l'allanite, un silicate d'ETR, et que la gangue était majoritairement composée de feldspath, un silicate. Il est donc envisageable de considérer le traitement de tout-venant pour ce minerai, vu la faible réactivité de la gangue siliceuse avec les acides. Une lixiviation à pression atmosphérique, en utilisant 200 kg d'acide sulfurique par tonne de tout-venant concassé, a d'abord été réalisée, suivie d'une filtration. Les ETR ont été isolés de la solution par précipitation à l'acide oxalique. Ces manipulations ont permis de récupérer 80 % des ETR, dans un concentré contenant 97 % d'oxalates de terres rares et de thorianite (ThO_2). Ce procédé simplifié évite la construction et l'exploitation d'une usine de traitement de minerai complexe et d'un circuit de récupération par précipitation-neutralisation ainsi que les pertes d'ETR encourues par ces procédés.

G90

L'extraction par solvant appliquée à la séparation des éléments de terres rares

Keven Turgeon, Jean-François Boulanger, Laurence Whitty-Léveillé, Dominic Larivière et Claude Bazin (UL)

Les éléments de terres rares (ETR) sont de plus en plus utilisés dans les technologies. Puisque le Québec possède des gisements de terres rares économiquement intéressants, il semble important d'y développer une expertise en matière d'extraction des ETR. Lors de leur traitement, la solution produite contient des ETR, mais aussi d'autres éléments. La séparation des ETR et des impuretés ainsi que la production d'éléments individuels s'effectuent principalement au moyen d'extraction par solvant. Cette méthode de séparation utilise un extracteur qui n'a pas la même sélectivité pour les différents ETR. Comme la différence de sélectivité entre les ETR est habituellement faible, il faut donc effectuer plusieurs extractions par solvant consécutives pour obtenir une bonne séparation des éléments. La quantité d'ETR produite par une extraction est dictée par la constante d'équilibre d'extraction de cet élément. Le traitement en parallèle de plusieurs tests permet d'estimer les constantes d'équilibre d'extraction. Les résultats des tests d'extraction par solvant présentent généralement une redondance qui n'est pas prise en compte dans le traitement de données classiques. Un procédé est proposé afin de profiter de la redondance de données pour équilibrer les mesures en tenant compte des changements de pH au cours de l'extraction. Les constantes d'équilibre de la méthode proposée sont plus reproductibles que les valeurs estimées en utilisant des approches classiques de traitement des données. Cette nouvelle méthode d'analyse développée pour le MP-AES permet l'analyse de la majorité des ETR et des impuretés. Des constantes d'équilibre réconciliées permettent d'obtenir des facteurs de séparation avec leurs incertitudes entre les différents ETR. Lors de la conception d'une usine, les facteurs de séparations sont utilisés pour déterminer le nombre d'extractions nécessaire afin d'obtenir une bonne séparation entre les éléments de terres rares.

G92

Caractérisation et modélisation géo-environnementale à l'étape de mise en valeur d'un projet minier : application à un gisement Cu-Au

Denys Vermette, Isabelle Demers, Mostafa Benzaazoua (UQAT-IRME) et Raphaël Mermillod-Blondin (Mines Agnico Eagle)

L'industrie minière génère, lors des travaux d'exploitation, un volume important de roches stériles qui sont généralement entreposées dans les haldes. Ces stériles incluent le plus souvent les différentes lithologies encaissantes du gisement, chacune d'entre elles étant caractérisée par une composition chimique et minéralogique spécifique. Bien que leur valeur économique soit faible, ces lithologies peuvent contenir une certaine proportion des métaux potentiellement néfastes pour l'environnement.

L'infiltration de l'eau dans les haldes et son contact, en présence d'oxygène, avec les minéraux composant les stériles peuvent mener au déclenchement de réactions géochimiques d'altération. L'oxydation des minéraux sulfurés (pyrite, pyrrhotite) conduit à l'acidification des eaux de drainage et la dissolution de certains métaux, déclenchant ainsi un drainage minier acide. Cependant, si la proportion de minéraux neutralisants (carbonates, silicates) est suffisante, il est possible de produire un drainage neutre. En dehors de ces phénomènes, les eaux de drainage peuvent contenir des métaux lourds (Cu, Mo, Co, Ni, Se) à des concentrations excédant les normes et réglementations en vigueur pour l'industrie minière. La caractérisation des stériles miniers devient donc essentielle pour évaluer, avec grande précision et dès les premières phases des travaux de développement, leur potentiel de contamination.

L'objectif du projet de recherche consiste en une caractérisation et une modélisation géo-environnementale des stériles miniers à l'étape de mise en valeur d'un gisement Cu-Au, pour optimiser leur gestion en surface. Les données géochimiques d'échantillons de carottes de forage recueillis lors des travaux d'exploration, les analyses environnementales (TCLP, SPLP, % sulfures, % carbonates) ainsi que les observations minéralogiques ont conduit à sélectionner onze échantillons de stériles. Ces échantillons ont été soumis à des essais en minicellules d'altération permettant de prédire la qualité des lixiviats issus de chacune des lithologies étudiées. Les résultats obtenus permettront de développer un modèle géo-environnemental du gisement basé sur une approche similaire à celle communément utilisée en géométallurgie. Cette approche nécessite l'intégration des données obtenues des études métallogéniques, minéralogiques et géochimiques dans un modèle géoréférencé 3D. Ce modèle permettra de définir et de caractériser des unités géo-environnementales propres au gisement selon leurs potentiels d'acidification, de neutralisation et de lixiviation de métaux.

Cette planification de risque environnemental n'est pas une pratique courante dans l'industrie minière. L'utilisation du modèle géo-environnemental mènera à une meilleure gestion des stériles, pour ensuite faciliter et réduire les coûts de leur restauration, tout en favorisant l'acceptabilité sociale du projet minier.

G93

Développement d'une méthode de prédiction cinétique du drainage neutre contaminé avec agent complexant : mise en place du projet et résultats préliminaires

Maude Lévesque Michaud, Benoît Plante et Bruno Bussière (UQAT-IRME)

Plusieurs méthodes de prédiction existent afin de caractériser le potentiel de contamination des eaux minières causée par l'entreposage en surface des stériles et des rejets de l'usine de traitement. Comme ces méthodes ont été conçues pour la prédiction du drainage minier acide, elles ne sont pas nécessairement applicables pour le drainage neutre contaminé. La méthode que nous développons présentement consiste à ajouter un agent complexant à l'eau de rinçage utilisée dans les essais cinétiques, afin de limiter la sorption et la précipitation des métaux dissous générés par l'altération des rejets miniers. Des essais sont réalisés sur des rejets faiblement réactifs (peu sulfureux) provenant du projet Métaux BlackRock à Chibougamau. Ce projet de fer-vanadium-titane à l'étape du développement prévoit une exploitation à partir de deux fosses à ciel ouvert de même que l'implantation d'une halde de stériles et d'un parc à résidus.

Les principales étapes du projet se résument comme suit :

- compiler les informations géologiques sur le gisement et les roches encaissantes afin de déterminer les unités lithologiques à échantillonner;
- caractériser par des méthodes physiques, chimiques et minéralogiques chacun des échantillons, incluant la détermination des principaux contaminants potentiels;
- évaluer le comportement géochimique de chaque échantillon par des essais cinétiques témoins et avec agent complexant, à l'échelle du terrain (barils) et du laboratoire (cellules humides et minicellules d'altération).

Avant d'entreprendre ce projet, il a été nécessaire de déterminer les matériaux à échantillonner selon les proportions de chaque unité lithologique destinée à être entreposée dans la halde de stériles. Quatre unités principales ont été sélectionnées : la pyroxénite de l'éponte supérieure, l'anorthosite de l'éponte inférieure, l'anorthosite des couches internes et les intrusions tardives (diabase, gabbro et diorite). Chaque échantillon est composé d'un total de 60 mètres de carottes de forage, soit 10 intervalles de 6 mètres choisis afin d'obtenir une couverture spatiale représentative du gisement. Un échantillon de minerai à basse teneur a également été prélevé pour essais, advenant un entreposage temporaire en surface lors de l'exploitation. Les essais en laboratoire comprennent aussi la variante avec agent complexant pour un échantillon de rejets de l'usine de traitement provenant des essais en usine-pilote. Les étapes de sélection, de préparation et de caractérisation des échantillons sont maintenant terminées, alors que les essais cinétiques sont en cours au laboratoire et sur le terrain.

G94

Évaluation des couvertures avec effet de barrière capillaire faites de résidus désulfurés afin de contrôler le drainage minier acide en conditions nordiques

Fannie Lessard, Bruno Buissière (UQAT), Jean Côté (UL), Mostafa Benzaazoua (UQAT) et Louis Marcoux (Glencore, Mine Raglan)

La restauration des sites miniers est un enjeu de taille pour les compagnies minières, particulièrement si le site est générateur de drainage minier acide (DMA). La restauration est encore plus complexe lorsque le site est situé en région nordique, en raison des changements climatiques, de la présence de pergélisol, de l'éloignement, de la disponibilité de matériaux meubles et des rudes conditions climatiques qui rendent plus difficile la mise en place du mode de restauration choisi. En conséquence, il est nécessaire d'adapter les méthodes de restauration en région nordique pour qu'elles résistent aux éléments. Une des approches intéressantes est d'utiliser des recouvrements de type couvertures avec effet de barrière capillaire (CEBC) dans l'objectif de maintenir les rejets gelés en permanence et de contrôler les flux d'oxygène, permettant ainsi d'éviter la génération DMA. Ce type de recouvrement nécessite l'utilisation d'un matériau fin qui n'est pas toujours disponible à proximité des sites. Le processus de désulfuration environnemental devient alors attrayant, puisqu'il peut être utilisé pour transformer les rejets de l'usine de concentration en matériaux de construction pour la restauration minière. Étant donné les caractéristiques des résidus désulfurés, ils pourraient ultimement remplacer les matériaux fins contenus dans la couche de rétention d'eau d'une CEBC. Ce projet de recherche porte sur l'évaluation de CEBC dont la couche de rétention d'eau est composée de résidus désulfurés afin de contrôler le DMA des parcs à résidus miniers situés en climat arctique. Jusqu'ici, cette approche de restauration (CEBC) n'a été utilisée qu'en climat tempéré.

Les travaux requièrent la production d'un matériel désulfuré à l'usine de traitement du minerai de la mine Raglan ainsi qu'une caractérisation physique, thermique, chimique et minéralogique détaillée des matériaux utilisés. Le potentiel de réactivité des résidus désulfurés sera validé afin de statuer sur l'influence d'une possible consommation d'oxygène par les minéraux sulfureux sur l'efficacité de la couverture. Des essais en colonnes instrumentées installées dans une chambre à atmosphère contrôlée permettront de simuler l'effet des cycles climatiques sur les flux d'oxygène et d'eau à travers la CEBC. Les résultats de ces travaux permettront d'évaluer l'efficacité de recouvrement de type CEBC comme méthode de restauration finale du parc à résidus de la mine Raglan; l'approche pourrait également être applicable pour d'autres mines situées en milieu nordique.

G95

Qualités physico-chimiques des eaux souterraines autour du site Marban : état des lieux avant l'exploitation de la mine de NioGold

Patrick Vualu Ibula Mambenga, Abdelkabir Maqsoud, Benoît Plante, Mostafa Benzaazoua (UQAT) et Yan Ducharme (NioGold Corporation)

Le Canada est un pays dont l'activité minière joue un rôle économique très important, où les investissements liés à cette activité sont étroitement associés aux besoins des marchés nationaux et internationaux. Malgré les retombées économiques, cette industrie minière peut, dans certaines conditions, avoir des impacts négatifs sur l'environnement, plus particulièrement, sur les eaux souterraines. L'évaluation des effets de l'activité minière ne peut se faire adéquatement que dans l'éventualité où l'état des lieux est examiné avant les travaux d'exploitation.

La présente étude a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux souterraines en périphérie du gîte Marban, avant son exploitation par la Corporation minière Niogold. Cette étude constitue une étape importante dans l'évaluation environnementale du site.

Des échantillons d'eaux souterraines ont été prélevés, préparés puis analysés dans un laboratoire agréé. Les résultats ont été interprétés à l'aide d'outils statistiques, tels que l'analyse en composantes principales (ACP), afin de déterminer les différentes signatures géochimiques des eaux souterraines.

L'ACP (matrice de corrélation) a permis de distinguer deux groupes d'éléments qui sont fortement corrélés entre eux : a) un premier groupe lié aux éléments métalliques (aluminium, cadmium, cobalt, fer, manganèse et nickel) auxquels s'ajoutent les nitrates et b) un second groupe lié au calcium, au magnésium, au bicarbonate et à la conductivité électrique de l'eau. On observe cependant que les sulfates sont complètement dissociés de ces groupes d'éléments. Ces dispositions laissent supposer que ces éléments ont des origines différentes et permettent d'exclure toute contamination liée au drainage minier acide. L'ACP a permis également de mettre en évidence la contribution des eaux de surface dans l'alimentation de certains puits en raison de la présence de nitrates, dont l'origine est étroitement liée aux activités anthropiques et/ou à la matière organique. Également, des eaux souterraines montrent un facies bicarbonaté et d'autres, un facies sulfaté.

En conclusion, cette étude a permis de reconnaître les différentes familles d'eau présentes autour du gîte métallifère Marban et dont la qualité chimique est étroitement liée à la nature de l'aquifère. Cette étude peut être considérée comme étant un état des lieux relatif à la qualité des eaux souterraines. Toutefois, en raison de la variabilité géochimique des eaux durant le cycle hydrogéologique, on recommande la réalisation d'au moins quatre campagnes annuelles d'échantillonnage des eaux souterraines, qui pourraient être associées à des mesures en continu de la conductivité électrique de l'eau.

G97

Géochimie environnementale du Ga

Antony Laberge, Charles Gobeil et André Tessier (INRS-ETE)

Le gallium (Ga) est un élément trace dont l'utilisation n'a cessé de croître ces dernières années dans plusieurs secteurs de haute technologie. Un risque de contamination environnementale en découle, notamment en raison de l'incinération des déchets et du recyclage de matériels technologiques. Les raffineries de pétrole et les fonderies où sont produits les métaux de base pourraient aussi constituer des sources importantes de Ga anthropique. Jusqu'à ce jour, la présence et l'évolution chronologique des retombées atmosphériques du Ga d'origine anthropique de même que la géochimie lacustre de cet élément sont très peu documentées (European Commission, 2010; Zepf, 2014; Lovik, 2015).

Dans le cadre de ce projet de recherche de maîtrise, nous proposons de déterminer par modélisation diagénétique les taux nets des réactions faisant intervenir le Ga dans les sédiments de lacs situés à proximité de sources potentielles de contamination (fonderie, incinérateur), de quantifier sa redistribution post-dépôt dans la colonne de sédiments et de reconstituer la chronologie de sa déposition à l'interface eau-sédiment. Pour ce faire, les profils du Ga seront déterminés dans des eaux interstitielles et serviront d'indicateurs sensibles des réactions s'appliquant dans les sédiments. Les profils du Ga dans des carottes de sédiments datés seront également établis dans plusieurs lacs.

Dans cette affiche, les résultats de la distribution du Ga dans la phase solide et les eaux interstitielles des sédiments de lacs de l'Abitibi, de la région de la ville de Québec, du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie seront présentés et discutés.

Références

Report on Critical Raw Materials for the EU: Report of the Ad hoc Working Group on defining critical raw materials; European Commission: Brussels (**2014**); http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/docs/crm-report-on-critical-raw-materials_en.pdf (consulté le 1er octobre 2015).

Løvik, A.N. – Restrepo, E. – Müller, D.B. (2015). The Global Anthropogenic Gallium System: Determinants of Demand, Supply and Efficiency Improvements. Environ. Sci. Technol. 49: 5704–5712.

Zepf, V. – Reller, A. – Rennie, C. – Ashfield, M. – Simmons, J., BP (2014) – Materials critical to the energy industry. An introduction. 2nd edition.

G99

L'Université de Sherbrooke, partenaire pour la végétalisation minière sans préparation du site

Sébastien Roy (Université de Sherbrooke)

L'industrie minière au Québec est un moteur économique régional et provincial d'envergure qui génère des résidus très diversifiés en ce qui concerne leur granulométrie, leur composition minérale et leur potentiel à contaminer l'environnement. Pour respecter les lois en vigueur, toute entreprise doit élaborer une stratégie de traitement, de revalorisation ou de végétalisation de ces résidus afin de limiter l'impact environnemental de ses activités.

Les approches conventionnelles de végétalisation des sites miniers sont coûteuses et nécessitent trop souvent le transport de substrats organiques vers le site à réhabiliter, augmentant du coup l'empreinte carbone de ces opérations et, par le fait même, de l'entreprise. Chaque site possède une combinaison unique de facteurs à considérer pour la réhabilitation, en plus des défis qui découlent souvent de la situation géographique de la mine.

Depuis une dizaine d'années, l'Université de Sherbrooke développe et met en application des solutions concrètes en végétalisation minière, proposant des alternatives plus vertes, moins coûteuses et qui font valoir les arbres et arbustes indigènes du Québec, sans préparation de terrain. Des efforts très focalisés en R. et D. collaboratives ont produit des phytotechnologies robustes qui allient les plantes indigènes à leurs bactéries symbiotiques. Ces plantes sont à l'essai sur dix sites miniers au Québec et deux sites miniers en Alberta.

Notre laboratoire a élaboré une stratégie de végétalisation commerciale s'inspirant des processus naturels de succession végétale. Les aulnes, ces arbustes indigènes à toutes les régions du Québec, s'associent avec une bactérie fixatrice d'azote atmosphérique. Une telle symbiose leur permet de survivre et de bien croître dans des sols, des rocailles et des sables très pauvres en nutriments. Tout comme dans l'environnement naturel, ces aulnes assureront un enrichissement saisonnier du sol par la perte de feuilles chargées en azote, créant ainsi un apport gratuit et continu de matière organique au site, ce qui permettra à terme l'établissement d'autres espèces végétales indigènes.

À l'aide de collaborations bien établies, ces arbustes sont désormais disponibles en pépinière et une technologie additionnelle permet également de mettre en place des plantations sur les haldes de stérile, sans nécessiter la préparation du site d'aucune façon (ni couche de sol, ni gravier, ni matière organique).

Présentement, le succès de notre approche de végétalisation s'inspirant des processus naturels est bien visible sur dix sites miniers dans les régions de l'Abitibi-Témiscamingue, du Saguenay–Lac-Saint-Jean et du Nord-du-Québec.

G100

Caractérisation préliminaire de la résistivité électrique de l'argile sensible à Brownsburg, Québec

Karine Bélanger (MTQ), Ariane Locat, Richard Fortier (UL), Denis Demers (MTQ), Majid El Baroudi (UL) et Andrée-Anne Fortin-Rhéaume (MTQ)

La vallée du ruisseau des Vases dans la région de Brownsburg au Québec est constituée d'argile sensible et ses berges sont parsemées de nombreuses grandes cicatrices de glissements de terrain. De concert avec l'Université Laval, le ministère des Transports du Québec a entrepris récemment une investigation détaillée dans cette région, afin d'étudier la possibilité d'utiliser la mesure de la résistivité électrique des sols pour caractériser les zones exposées aux glissements de terrain fortement rétrogressifs.

Une tomographie de résistivité électrique a été effectuée le long d'une ligne transversale à la vallée, sur une longueur de 1,6 km. Six essais de pénétration au piézocône électrique, incluant la mesure de la résistivité électrique, et quatre forages avec échantillonnage ont également été réalisés le long de cette ligne. Les résultats préliminaires montrent que les mesures de résistivité électrique permettent d'identifier les zones d'argile lessivée. La tomographie de résistivité électrique est une méthode prometteuse pour caractériser les secteurs vulnérables aux grands glissements.

G101

Mieux comprendre l'acceptabilité sociale des projets miniers

Philippe Angers et Corinne Gendron (UQAM)

Contrairement à l'époque industrielle, un projet d'exploitation des ressources naturelles n'est plus d'emblée jugé comme pertinent par la population. Tout dépend de ses valeurs, des besoins du Québec et de la région de même que des retombées nettes du projet, une fois que sont pris en compte ses impacts écologiques et sociaux. À cet effet, on peut penser aux débats qui ont eu lieu actuellement au Québec autour de l'exploitation de ressources comme le gaz de schiste et l'uranium ou de certains projets miniers (Osisko, Arnaud, etc.). Ces débats ont forcé les promoteurs à revoir leurs projets, voire à les abandonner. La question de l'acceptabilité sociale se pose donc de plus en plus comme une condition de réussite, au même titre que la rentabilité économique et la faisabilité technique des projets.

Bien que la notion d'acceptabilité sociale soit de plus en plus utilisée non seulement par les acteurs gouvernementaux, mais aussi par la société civile, les entreprises et les chercheurs, sa définition ne fait pas encore consensus. La notion d'acceptabilité sociale ne saurait se réduire au phénomène « pas dans ma cour ». Ce dernier conçoit les mouvements d'opposition comme une agrégation de personnes égoïstes ne se préoccupant que de l'impact que le projet pourrait avoir sur leur propre bien-être. Mais l'acceptabilité sociale ne se réduit pas à une question d'intérêts privés. Nous la définissons comme l'« assentiment de la population à un projet ou à une décision résultant du jugement collectif que ce projet ou cette décision est supérieur aux alternatives connues, incluant le statu quo » (Gendron, 2014).

Les débats sur l'acceptabilité sociale des projets d'exploitation de ressources naturelles portent sur le modèle de développement économique à privilégier ainsi que sur la responsabilité des impacts et du partage de bénéfices des projets. Mais alors, qui définit le modèle de développement économique à privilégier? Qui décide de la responsabilité des impacts et du partage des bénéfices? De quelle manière l'industrie minière doit-elle tenir compte des préoccupations citoyennes, écologiques et locales et s'insérer dans cette nouvelle dynamique? Ce sont ces questions que nous tenterons de clarifier.

Références

GENDRON, C., 2014 – Penser l'acceptabilité sociale : au-delà de l'intérêt, les valeurs, *Revue Internationale de communication sociale et publique*, 11, pages 117-129.

GENDRON, C. – ANGERS, P., 2015 – *Ressources naturelles, énergie et acceptabilité sociale. Commentaires dans le cadre des travaux du chantier sur l'acceptabilité sociale*, 6 pages. [En ligne] URL : http://mern.gouv.qc.ca/territoire/memoires/UQAM.pdf

G102

Méthodologie collaborative de construction de scénarios favorisant l'acceptabilité sociale des projets miniers

Roxane Lavoie (UL)

Le Québec est riche en ressources minières. L'ouverture d'une mine n'est toutefois pas qu'une question de rentabilité économique et de gestion environnementale, il faut également s'assurer de l'acceptabilité de la proposition pour les communautés locales. Ce projet de recherche vise à développer une méthode pour favoriser la collaboration entre les divers acteurs lors de la création de scénarios de développement minier, afin de s'assurer que les solutions proposées maximisent les retombées positives pour l'ensemble des acteurs concernés. Nous proposons d'utiliser une méthodologie connue, qui n'a pas encore été utilisée dans ce domaine, mais avec un fort potentiel, à savoir l'approche MACBETH. Il s'agit d'une méthode d'analyse multicritère particulièrement efficace pour faciliter les décisions en groupe. En effet, elle encourage la création d'un système de valeurs commun, puis la construction d'un modèle basé sur des repères « pleinement satisfaisant » et « acceptable », afin d'évaluer les scénarios proposés selon le degré de satisfaction de tous les participants au projet. Cette méthodologie permettra aux acteurs concernés de collaborer à un même projet, celui de créer un modèle d'analyse multicritère, en plus de favoriser les négociations dans un cadre qui encourage la construction d'une vision commune de l'avenir de leur communauté.

G103

Impacts des changements climatiques sur le régime des tempêtes et les surcotes dans la région de la baie d'Hudson et de la baie James

Jean-Pierre Savard (Ouranos)

Un problème courant qui touche les communautés et les infrastructures le long des côtes de la baie d'Hudson et de la baie James est la pénurie de données fiables sur les niveaux d'eau au fil du temps, en particulier sur les niveaux extrêmes. Les tempêtes dans la région peuvent causer de nombreux problèmes quant à la sécurité des communautés locales, à la durabilité des infrastructures côtières et aux activités de navigation et de transport en général. La construction et l'entretien des infrastructures côtières et l'évaluation des risques liés aux inondations et à l'érosion marine sont complexifiés par ce manque d'information essentielle. L'évaluation des périodes de retour des niveaux extrêmes associés aux tempêtes exige de longues séries temporelles de mesures du niveau d'eau (généralement de plus de 20 ans), ce qui est rarement disponible pour cette région. De plus, des recherches récentes montrent que les changements climatiques auront un impact important sur les schémas de tempête et sur le niveau moyen de la mer dans cette région, d'où un besoin de données additionnelles sur le sujet afin d'éviter des événements tels que : noyades, échouements de canoës et de bateaux, dommages aux infrastructures et érosion du rivage.

L'objectif de ce projet est d'améliorer la compréhension des impacts des changements climatiques sur le régime des tempêtes et sur les niveaux d'eau actuels et futurs pour certains sites sélectionnés le long des côtes de la baie James et de la baie d'Hudson. Ce projet a permis de produire des séries temporelles (période 1979-2013) et des statistiques sur les niveaux d'eau – particulièrement des statistiques sur les niveaux extrêmes – qui seront disponibles pour les 21 communautés côtières de la baie James, de la baie d'Hudson et du détroit d'Hudson, en collaboration avec des ONG, des entreprises privées et des organisations gouvernementales. Des renseignements de base importants, par exemple sur les changements attendus de la durée de la saison sans glace et les risques de fortes tempêtes, de vagues ou de niveaux d'eau extrêmes, ont été obtenus pour informer la population des risques potentiels pour sa sécurité.

Les résultats de ce projet permettront de meilleures évaluations des risques associés aux niveaux d'eau extrêmes pour les infrastructures actuelles et futures, en fournissant des statistiques de valeurs extrêmes aux concepteurs et aux ingénieurs en ce qui concerne les niveaux très élevés (surcotes) et très bas (décotes). Ce projet contribuera également à conscientiser davantage les communautés cries et inuites quant aux impacts des changements climatiques sur les niveaux d'eau et le régime des tempêtes, afin qu'elles puissent adapter leurs infrastructures ainsi que leurs modes de transport maritime et de gestion des côtes afin de diminuer leurs vulnérabilités.

G104

Vers l'adaptation : synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec

Robert Siron et Liza Leclerc (Ouranos)

Des connaissances scientifiques de pointe pour mieux se préparer aux changements climatiques

Le réchauffement de la planète, mesuré depuis plusieurs décennies, est un fait incontestable et le Québec n'est pas épargné. Les changements climatiques ont et auront des effets profonds sur la société et l'environnement naturel. Quels sont ces effets pour le Québec et comment y faire face? C'est ce que le document *Vers l'adaptation* se propose d'examiner. En voici les faits saillants :

- L'augmentation des températures moyennes annuelles au Québec varie entre 1 et 3 °C en fonction des régions depuis 1950. Selon un scénario plausible d'émission de gaz à effet de serre, on anticipe des hausses pouvant aller de 2 à 4 °C d'ici 2050, puis de 4 à 7 °C d'ici la fin du siècle pour le sud du Québec, voire de 5 à 10 °C dans le Nord québécois. Cette hausse devrait notamment s'accompagner d'une diminution de la durée de la saison d'enneigement et d'une augmentation de la durée des vagues de chaleur et de la quantité de précipitations. Il est donc impératif de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de s'adapter à ces changements en progression.
- Les phénomènes météorologiques extrêmes auront des impacts sur l'ensemble des secteurs d'activité. Certains se feront plus fréquents ou plus marqués à mesure que le climat se réchauffera. Il est donc important de prendre toutes les mesures nécessaires pour en limiter les effets et ainsi réduire le coût et l'amplitude des catastrophes, notamment en adaptant les bâtiments et les infrastructures.
- Le niveau de la mer devrait augmenter de 30 à 75 cm dans le golfe du Saint-Laurent qui est menacé par l'érosion et la submersion. Certains aménagements et écosystèmes côtiers essentiels sont à risque et cette tendance devrait se poursuivre. Des mesures d'aménagement du territoire et de protection des écosystèmes seront nécessaires pour contrôler ce phénomène.
- La plupart des activités économiques devraient être touchées, directement ou indirectement, par les changements climatiques. Certains aspects de ces changements pourraient générer des opportunités, alors que d'autres pourraient engendrer des risques substantiels pour la productivité dans les secteurs de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche et de l'aquaculture ainsi que dans le secteur de l'énergie et du tourisme. Pour maîtriser ces effets, il est essentiel d'intégrer les changements climatiques dans la planification de l'aménagement du territoire, dans l'utilisation des ressources naturelles et dans la réingénierie des infrastructures.
- La santé des Québécois sera affectée par les changements climatiques. On prévoit une hausse de la mortalité et de la morbidité, particulièrement en raison des îlots de chaleur urbains. D'autre part, l'allongement de la saison des pollens et l'intensification de la pollution atmosphérique occasionnée par les feux de forêt pourraient aggraver les problèmes respiratoires et cardiovasculaires. Pour pallier ces phénomènes, il faudra, entre autres, miser sur le verdissement urbain, sur une meilleure promotion du transport actif et sur la mise en œuvre de systèmes d'alerte précoce.
- Les bâtiments et les infrastructures de transport terrestre, aérien et maritime de même que les infrastructures industrielles et publiques présentent des vulnérabilités souvent importantes aux conséquences des changements climatiques telles que l'érosion côtière, les inondations, la dégradation des chaussées et la fonte du pergélisol dans le Nord. Par conséquent, il sera essentiel de repenser non seulement leur conception et leur gestion, mais aussi d'innover en tirant parti des écosystèmes naturels.
- Les écosystèmes et la biodiversité pourraient être profondément bouleversés, entre autres par l'arrivée et l'expansion d'espèces envahissantes et nuisibles. On observe déjà l'effet du réchauffement climatique sur le cycle de vie et la répartition des arbres, des plantes, des oiseaux migrateurs, des salmonidés et du caribou migrateur dans certaines régions. Il est dès lors urgent de mettre en œuvre des stratégies de conservation visant à maintenir les services écologiques essentiels dont plusieurs contribuent à réduire nos vulnérabilités aux changements climatiques.
- La gestion de l'eau fera également partie des grands défis liés aux changements climatiques. On s'attend à des impacts sur les ressources en eau, tant en matière de qualité que de disponibilité. Ceux-ci pourraient créer des conflits d'usage et avoir une incidence négative sur l'habitat du poisson. Pour juguler ces impacts, il faudra notamment assurer la protection des sources d'eau et des milieux humides et mettre en œuvre des mesures de conservation de l'eau.

Le Québec possède des outils et des expertises qui peuvent être mis à contribution pour réellement réduire la vulnérabilité de la société québécoise, tout en tirant profit des possibilités que ces changements pourraient faire naître. La révision de lois et de règlements, la construction des infrastructures selon des critères de conception revus et les systèmes d'alerte pour réduire les impacts sur la santé humaine constituent des exemples concrets d'adaptation déjà appliqués. Il n'est plus question de savoir si on doit s'adapter, mais plutôt comment le faire.

G105

Évaluation préliminaire du potentiel de génération d'électricité géothermique de la vallée de la Matapédia et de la région de Gaspé

Anne Chabot Bergeron (UL), Michel Malo, Jasmin Raymond et Félix-Antoine Comeau (INRS-ETE)

Les nouvelles technologies utilisées dans les centrales géothermiques binaires permettent une production rentable d'électricité à partir d'un réservoir souterrain ayant une température minimale d'environ 150 °C. Les bassins sédimentaires sont en général des terrains favorables à l'exploitation de ce type de ressources profondes. La province de Québec se situe dans une zone où le gradient géothermique est de faible à modéré, puisqu'il n'y a pas d'activité tectonique ou magmatique à proximité. C'est dans cette optique qu'une évaluation préliminaire du potentiel de génération d'électricité a été initiée pour les bassins sédimentaires du Québec. Notre projet porte sur les bassins siluro-dévoniens de la vallée de la Matapédia et de la région de Gaspé. Les travaux ont été réalisés au sein du Groupe de recherche sur les ressources énergétiques des bassins sédimentaires de l'INRS. Les températures en fond de puits disponibles dans les deux régions ont initialement été corrigées selon la méthode de Harrison. L'analyse graphique de l'ensemble des températures corrigées a permis d'identifier des anomalies de température. Particulièrement, deux puits présentent un gradient géothermique corrigé de 42,9 et de 38,5 °C/km. Ces gradients sont d'environ 15 °C/km plus élevés que la moyenne de tous les gradients géothermiques corrigés des vingt puits analysés en Gaspésie (24,9 °C/km). De plus, l'analyse du puits à l'équilibre de Gulf – Sunny Bank nº 1 (C087) – a permis de constater des relations entre la conductivité thermique, la minéralogie ainsi que la température. Par exemple, la Formation d'Indian Point est composée majoritairement de mudstone et de siltstone intercalés avec des horizons gréseux. Plus de la moitié des mesures de conductivité thermique y sont inférieures à 2,5 W/(m·K), permettant ainsi à cette formation d'agir comme roche-couverture. Elle emprisonne la chaleur dans les roches sous-jacentes, ce qui a pour effet d'augmenter le gradient de température lorsque l'épaisseur de cette formation est suffisante. En effet, le gradient géothermique du puits C087 passe de 15,5 °C/km à 19,2 °C/km à environ 1 500 m de profondeur. Des mesures de conductivité thermique sont en cours sur 69 échantillons provenant de ces deux secteurs. Ces données permettront d'établir une stratigraphie de la conductivité thermique en fonction des différentes formations géologiques, en plus d'expliquer les anomalies de température en fond de puits. Cette évaluation contribuera à établir une coupe de température basée sur des profils sismiques composites jusqu'à un maximum de 13 km. Finalement, ces résultats orienteront le calcul des ressources géothermiques profondes en Gaspésie.

ACRONYMES

ACPE : Association canadienne des prospecteurs et entrepreneurs

AEM: Agnico Eagle Mines

AMQ : Association minière du Québec

ATIAT: Abitibi -Timiskaming Institut(e) d'Abitibi-Témiscamingue

BAPE : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (Gouvernement du Québec)

CCIM-Ottawa : Conseil canadien de l'innovation minière

CCSN: The Canadian Nuclear Safety Commission

CEM : Chaire en entrepreneuriat minier UQAT-UQAM

CERM-UQAC : Centre d'études sur les ressources minérales de l'Université du Québec à Chicoutimi

CGC : Commission géologique du Canada

CGC-CB : Commission géologique du Canada, Colombie-Britannique

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

CGTNL : Commission géologique de Terre-Neuve-et-Labrador

CMIC: Canadian Mining Innovation Council

CNRC : Conseil national de Recherche Canada

CNRS : Centre national de la recherche scientifique

CNSC: Canadian Nuclear Safety Commission

CONSOREM : Consortium de recherche en exploration minérale

CRCMM-UQAC : Chaire de recherche du Canada en métallogénie magmatique, Université du Québec à Chicoutimi

CRCMM-UQAC : *Canada Research Chair in Magmatic Metallogeny, Université du Québec à Chicoutimi*

CRÉ : Conférence régionale des élus

CRÉBJ : Conférence régionale des élus de la Baie-James

CREM : Centre de recherches en exploration minérale, Université Laurentienne

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

CSMO-Mines : Comité sectoriel de main dœuvre de l'industrie des mines

CSST : Commission de la santé et de la sécurité du travail

DIVEX : Diversification de l'exploration minérale du Québec (Réseau de recherches géoscientifiques)

ENSG/CRPG : Université Nancy, École nationale supérieure de Géologie / Centre de recherches pétrographiques et géochimiques

FEMN : Fonds d'Exploration Minière du Nunavik

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

GEMOC: ARC National Key Centre for Geochemical Evolution and Metallogeny of Continents, Macquari University, Sydney, Australia

GEOTOP UQAM-McGILL : Centre de recherche en géochimie et en géodynamique de l'Université du Québec à Montréal et de l'Université McGill

GESRIM : Chaire de recherche CRDI (Canada) en gestion et stabilisation des rejets industriels et miniers, Université de Cadi Ayyad, Marrakech

GSC: Geological Survey of Canada

GSC-O: Geological Survey of Canada – Ottawa

GSC-Q: Geological Survey of Canada – Québec

GSNL: Geological Survey of Newfoundland and Labrador

INRS-ETE : Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau, Terre et Environnement

LAGAGE : Laboratoire de Géologie appliquée et Géo-Environnement

LAMEQ : Laboratoire de métallogénie expérimentale et quantitative

LERME : Laboratoire d'études des ressources minérales et énergétiques

MDDEFP : Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs

MERC: Mineral Exploration Research Centre

MISA : Mines, innovations, solutions et applications

MPMPS: Mineral potential maps production system

MERN : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles

NAP: North American Palladium

NRC: National Research Council Canada

NTS: National Topographic Series

OGR: Osisko Gold Royalties

OGS: Ontario Geological Survey

PDAC: Prospectors and Developers Association of Canada

RAO : Redevances aurifères Osisko

SKLODG: State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guanshui Road, Guiyang, China.

SPCPM : Système de production des cartes de potentiel minéral (MRN)

UdeS : Université de Sherbrooke

UL: Université Laval

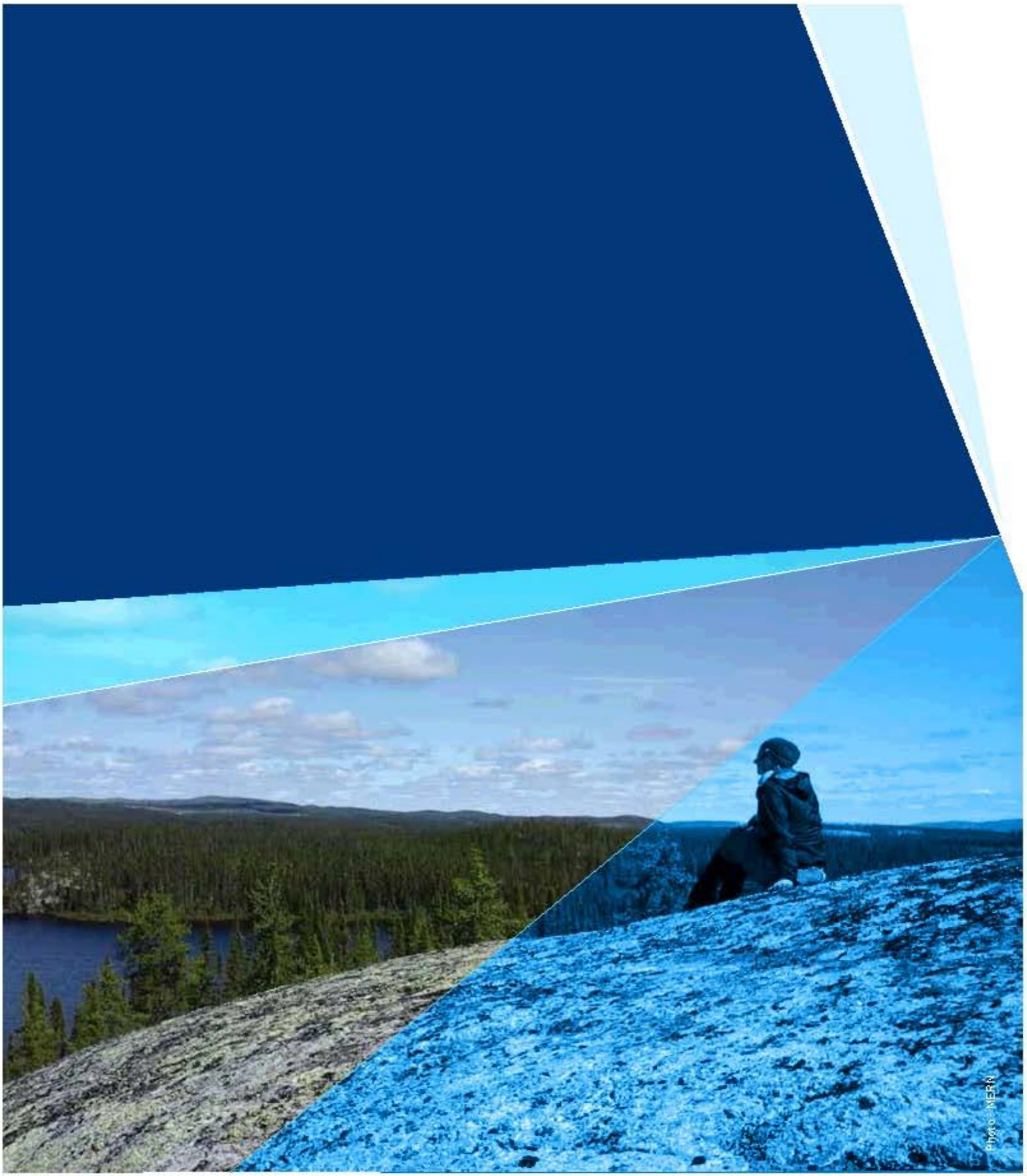
UQAC : Université du Québec à Chicoutimi

UQAC-IRME : Université du Québec à Chicoutimi – Institut de recherche en mines et en environnement

UQAM : Université du Québec à Montréal

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



Québec