

DV 2015-03

Résumés des conférences et des photoprésentations, Québec Exploration 2014

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



License

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

**Énergie et Ressources
naturelles**

Québec 



**QUÉBEC
MINES
2014**

CARREFOUR DES GÉOSCIENCES
ET DES RESSOURCES MINÉRALES

RÉSUMÉS DES CONFÉRENCES ET DES PHOTOPRÉSENTATIONS

**Les ressources minérales
pour transformer
le monde**

17 au 20 novembre 2014

Centre des congrès de Québec

DV 2015-03

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

- ▶ Marie-Eve Lagacé

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.

TABLE DES MATIÈRES

Équipe de Québec Mines..... 6

Résumés des conférences7

Résumés des photoprésentations..... 46

Localisation des projets 49

Acronymes..... 81



MOT DU MINISTRE DÉLÉGUÉ AUX MINES

C'est avec plaisir que je vous accueille à Québec Mines 2014, carrefour des géosciences et des ressources minérales.

Québec Mines est un moment privilégié non seulement pour diffuser les connaissances, mais aussi pour s'informer et échanger sur les bonnes pratiques dans l'industrie. L'acceptabilité sociale des projets miniers est un enjeu majeur auquel j'accorde une très grande importance, et le congrès Québec Mines nous permettra d'aborder cette question sous plusieurs angles. Le partage de l'expertise et de l'information géoscientifique ainsi que l'initiation au monde minier par le volet Québec Mines Découverte seront aussi au programme.

Ce congrès est une occasion de démontrer que le Québec est une place de choix pour investir dans le développement minier responsable. Québec Mines est un lieu de réseautage avec son exposition commerciale et ses diverses activités de maillage. De plus, de nombreux acteurs du développement du Québec nordique seront sur place; profitez de leur présence pour élargir vos horizons.

La communauté minière du Québec et les acteurs du développement du Nord sont au rendez-vous. J'espère vous y voir!

Luc Blanchette

Ministre délégué aux Mines

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles



MOT DE LA SOUS-MINISTRE ASSOCIÉE AUX MINES

C'est avec un immense plaisir que je vous souhaite la bienvenue à Québec Mines 2014.

Le Carrefour des géosciences et des ressources minérales du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles fête cette année 35 ans de rendez-vous avec les acteurs du développement minier au Québec! Pour l'occasion, Québec Mines vous propose un programme qui a du panache! Tous les aspects du développement minier seront abordés par des intervenants d'horizons divers et complémentaires. Les dossiers d'actualité tels que le Plan Nord, le développement minier durable et la place des communautés autochtones dans le développement minier au Québec seront bien sûr au premier plan. Les activités à portée internationale permettront d'ouvrir de nouveaux horizons. Les occasions de réseautage et d'échange seront nombreuses. En bref, Québec Mines 2014 sera l'événement incontournable dans le secteur minier.

Je tiens à souligner que ce congrès d'envergure compte encore cette année sur la précieuse collaboration de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole, de l'Association minière du Québec, de l'Institut national des mines du Québec, du Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines, du Groupe MISA, de 48^e Nord, d'Affaires autochtones et Développement du Nord Canada et de Québec International ainsi que sur celle de l'Association des économistes québécois et des organisateurs des Entretiens Jacques-Cartier. La qualité exceptionnelle du programme de Québec Mines témoigne de la qualité de leur engagement au profit de tous les participants au congrès.

Le volet jeunesse et grand public du congrès, Québec Mines Découverte, ouvrira de nouveau ses portes à plus de 3000 jeunes et citoyens. La visite des lieux leur permettra de mieux connaître et d'apprécier le rôle capital du développement minier dans leur quotidien et, surtout, de rencontrer les passionnés qui y travaillent.

Je vous souhaite un excellent congrès.

Line Drouin

Sous-ministre associée aux Mines
Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles

ÉQUIPE DE QUÉBEC MINES

COMITÉ ORGANISATEUR

Christian Fortin (Coordonnateur)
Robert Giguère

Charlotte Grenier
Jean-Yves Labbé

ÉQUIPE LOGISTIQUE ET COMMUNICATION

Andrea Amortegui
Yan Carette
Gladys Chamberland
André Cloutier
Diane Devault
Marie Dussault
Marie-Josée Hudon
Mariève Jean
Marie-Eve Lagacé

Sonia Montambault
Caroline Nadeau
Sylvie Otis
Catherine Poulin
Pierre-Thomas Poulin
Danny Simard
Gaétan Simard
André Tremblay

PROGRAMME TECHNIQUE

Michel Jébrak
Jean-Yves Labbé

Marcel Laflamme
Jean Vavrek

COMITÉ ORGANISATEUR QUÉBEC MINES DÉCOUVERTE

Julie Gagné
Charlotte Grenier
Julie Lépine
(Une mine de renseignements)

Sylvie Otis (coordonnatrice)
Catherine Poulin
Lucie Vincent (ICM)

COMITÉ ORGANISATEUR QUÉBEC MINES INTERNATIONAL

Robert Giguère
Chantal Guertin

Mariève Jean
Nicole McKinnon

PARTENAIRES

Affaires autochtones et Développement
du Nord Canada
Association minière du Québec
Association des économistes québécois
Centre Jacques Cartier
Comité sectoriel de main-d'œuvre
de l'industrie des mines
Groupe MISA

Institut canadien des mines,
de la métallurgie et du pétrole
Institut national des mines
Ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations
Ministère des Relations internationales
et de la Francophonie
Québec International
48e Nord International

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

Stéphane Baribeau
Noémie Beaupré
Diane Bélanger
Denis Blanchette
Marlène Bouchard
Julie Côté
Daniel Dubé
Clément Gaudreau
Nathalie Germain

Daniel Faustino Silvestre
Alexa Harvey
Terry McKinnon
Joanne Nadeau
Marie-France Rioux
Michaël Roy
Jérémi S.Pressé
Anne Veilleux
Émilie Villeneuve

RÉSUMÉS DES CONFÉRENCES

SÉANCE 2 - LES DÉFIS EN INGÉNIERIE MINIÈRE

Le projet de mine de diamant Renard : les défis du développement	10
Le développement minier du projet Qakimajurg de Mine Raglan	10
Meadowbank : les défis de l'ingénierie afin d'établir une planification minière intégrée dans un climat arctique	11
Affranchissement du diesel pour les mines et collectivités du Nord : l'alternative éolienne-GNL	11
Stabilité des excavations minières souterraines de grande taille, le concept du CCCP	12
Équipements électriques, la gamme de produits verts d'Atlas Copco	12
Optimisation des procédés dans la chaîne de création de valeurs minières : possibilités et défis	13

SÉANCE 3 - VISION ÉLARGIE DES ENSEMBLES GÉOLOGIQUES DU QUÉBEC ET NOUVEAUX HORIZONS D'EXPLORATION

Bilan des travaux géologiques récents du MERN et nouvelles cibles d'exploration au Québec	13
Les Appalaches du sud du Québec : état des connaissances et implications pour l'exploration minérale	14
Aperçu des minéralisations en chrome, nickel et vanadium dans le secteur de la Baie-James, dans un contexte métallogénique type « Ring of Fire »	14
Les roches supracrustales des Escoumins : un environnement d'arrière-arc pinwarien bien préservé dans le Grenville central québécois	15
Fosse du Labrador : état des connaissances et perspectives	15
Magmatisme alcalin et ressources en ETR : un survol européen et liens avec le Canada	16

SÉANCE 4 - LES MINES ET LES COMMUNAUTÉS AUTOCHTONES DU NORD : AFIN QUE CHACUN Y TROUVE SON COMPTE

La Politique minière des Inuits du Nunavik	16
Conseil cri sur l'exploration minérale : développement minier sur le territoire d'Eeyou Istchee	17
Les gens d'affaires cris dans l'histoire du Québec, aspirations et faits	17
La relation de longue date entre la municipalité d'Aupaluk et le développement minier	18

SÉANCE 5 - LES PROJETS MINIERS AU QUÉBEC, DES DÉFIS POUR LE TRAITEMENT DES MINÉRAIS

Les défis de la qualité et des coûts pour le procédé du projet de mine de phosphore du Lac à Paul	18
Le projet de développement du lac Knife : du graphite cristallin de haute pureté pour les technologies vertes	19

Nemaska Lithium : vert et innovateur	19
Valorisation des gîtes ultramafiques de nickel à basse teneur	20
Survol du projet Crevier : nouvelle source québécoise de métaux critiques	20
Développement du complexe alcalin de Strange Lake : relever les défis de logistique, de traitement et environnementaux	21

SÉANCE 6 - EXPLORATION MINIÈRE : DU SATELLITE AU DRONE

Observation de la Terre à partir de l'espace : un survol de plus de 40 ans d'expertise	21
La télédétection appliquée à l'exploration minière : comparaison de données hyperspectrales, ASTER et WorldView-3	22
La télédétection hyperspectrale aéroportée comme outil d'exploration en territoire nordique	22
Imagerie satellite à haute résolution en support aux opérations minières : point de vue d'un utilisateur	23
Caractéristiques des drones et potentiel d'applications dans le secteur minier	23
La topographie minière et le drone : un mariage de raison	24

SÉANCE 7 - LES DÉFIS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE DANS L'INDUSTRIE MINIÈRE

Mines et développement durable, comment aborder la quadrature du cercle?	24
Le développement responsable de l'industrie minière au Québec : une perspective cycle de vie	25
Arianne Phosphate : le développement d'une mine au Saguenay-Lac-Saint-Jean	25
Construire un comité de suivi dans un milieu social en transformation	26
L'indice de risque social : un nouvel outil d'évaluation des projets miniers accessible à toutes les parties prenantes	26

SÉANCE 8 - LA GÉOMÉCANIQUE MINIÈRE : DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ À L'APRÈS-MINE

Mine Lapa - pratiques de contrôle de terrain dans des conditions de convergence	27
Revue des coups de terrain pour améliorer l'efficacité du support de terrain à la mine LaRonde	27
Modèle des pressions de terrain adjacentes à la Faille de Cadillac (en postulant la stabilité marginale de la masse rocheuse à grande échelle et à grande profondeur)	28
Les essais d'impact sur les boulons d'ancrage : résultats et interprétation	28
Utilisation du remblai en pâte à la mine Goldex	29
Gestion des anciennes ouvertures souterraines dans une mine à ciel ouvert	29

Suivi LIDAR et rétro-analyse d'un glissement actif : le cas de la mine de LAB Chrysotile	30
---	----

SÉANCE 9 - INTÉGRATION DES DONNÉES GÉOPHYSIQUES ET GÉOLOGIQUES DE SOURCES MULTIPLES EN EXPLORATION MINÉRALE

Signatures géophysiques des systèmes minéralisateurs : notre compréhension actuelle	30
Exploration des gisements de type Ni-Cu magmatique : forces et limites des levés Mag et EM	31
L'importance d'intégrer la géophysique et la géologie pour avoir du succès en exploration : l'exemple de la mine Raglan	31
Intégration et interprétation des données géophysiques à l'aide de la géologie structurale : le cas du gisement de sulfures massifs volcanogènes de Lalor à Snow Lake, Canada.....	32
Intégration de la géophysique aéroportée avec l'imagerie Landsat TM et de la géologie pour évaluer le potentiel minier du Bassin des Iullemmeden, au Niger	32
Définition d'un cadre pour l'intégration des données géologiques et géophysiques	33

SÉANCE 10 - EXPÉRIENCES INDUSTRIELLES DE DÉVELOPPEMENT MINIER DURABLE EN AFRIQUE FRANCOPHONE

Développement minier durable en Afrique francophone : cas de la mine Essakane au Burkina Faso	33
Principales avancées scientifiques découlant de cinq années de coopération canado-marocaine dans le domaine de l'environnement minier	34

SÉANCE 11 - LES DÉFIS DE LA RESTAURATION DES SITES MINIERS

Le recouvrement monocouche avec nappe surélevée pour contrôler le DMA provenant de parcs à résidus : principe et méthodologie pour le design	34
Approche et études pour la restauration des sites miniers abandonnés	35
Restauration des résidus miniers en climat nordique : cas de la mine Meadowbank, au Nunavut	35
Étude et revue des concepts de restauration du parc à résidus de Mine Raglan	36

SÉANCE 12 - MINÉRALISATIONS AURIFÈRES ET DÉFORMATIONS LE LONG DE LA FAILLE DE CADILLAC EN ABITIBI

La Faille de Larder Lake-Cadillac : un survol historique	36
La Faille de Larder Lake-Cadillac, perspectives ontariennes et comparaison avec la Faille Ridout.....	37
L'architecture des groupes de Malartic, de Piché et de Cadillac et de la Faille de Cadillac, Abitibi : révision géologique, nouvelles datations et interprétations	37

Évolution structurale de la Faille de Cadillac, relations avec les minéralisations aurifères orogéniques et caractérisation du Groupe de Piché, Sous-province de l'Abitibi, Québec.....	38
---	----

Typologie des minéralisations aurifères associées à la Faille de Cadillac	38
--	----

SÉANCE 13 - LE DÉVELOPPEMENT MINIER DURABLE EN EUROPE FRANCOPHONE

Gestion durable des ressources minérales wallonnes (Belgique) : quelques pistes de réflexion en vue d'une meilleure intégration de la problématique.....	39
Conséquences environnementales et gestion des mines abandonnées et dispersées dans les Alpes françaises.....	39
Dissémination des terres rares dans l'écosphère et évaluation de leurs impacts écologiques : approches du Labex Ressource 21.....	40
Stratégie, outils et politique environnementale de Variscan Mines (France) : la mine durable.....	40

SÉANCE 14 - L'INNOVATION AU SERVICE DE LA SANTÉ ET SÉCURITÉ DU TRAVAIL

La sécurité comme effet secondaire : les gestes que les superviseurs posent et qui, par coïncidence, améliorent la sécurité des employés	41
L'apport des technologies de reconnaissance morphologique à la prévention des collisions engins-piétons.....	41
Développement de la caméra Visi+	42
Le tableau de suivi électronique TopVu ^{MC}	42
Aspects de santé et de sécurité à considérer pour les opérations de forage et de sautage.....	43

SÉANCE 15 - NOUVELLES CIBLES POUR LES MINÉRALISATIONS ASSOCIÉES AUX INTRUSIONS

Les éléments d'un gisement de Cu (Au-Mo) porphyrique : formation et conservation	43
Les gisements de type « Reduced intrusion-related gold » (RIRG) : un modèle d'or périgranitique fréquent au Paléozoïque?.....	44
À la recherche de porphyres Cu-Au subalcalins dans les terrains de haut grade métamorphique au Québec : critères géochimiques et cibles d'exploration.....	44
La mine d'or Lac Bachelor : un nouveau modèle plutonique pour l'Abitibi	45
Altération hydrothermale à la mine Canadian Malartic : distribution, minéralogie et géochimie d'un système aurifère archéen complexe et multiphasé	45

SÉANCE 2

Le projet de mine de diamant Renard : les défis du développement

GHISLAIN POIRIER (LES DIAMANTS STORNOWAY)

Les défis liés au développement d'un projet minier sont nombreux, qu'ils soient d'ordre technique, social, environnemental ou financier, que ce soit à l'étape de l'exploration, de la mise en valeur, de la construction ou de l'exploitation. C'est encore plus vrai lorsque le projet se situe en milieu isolé, et d'autant plus si la société qui développe ce projet n'est pas déjà un producteur minier. Le financement devient alors un enjeu clé! Cette présentation portera sur les nombreux défis auxquels a fait face Les Diamants Stornoway au cours du développement de son projet Renard. Elle abordera également les prochaines étapes à franchir avant de devenir non seulement le premier producteur de diamant du Québec, mais aussi un important producteur de diamant à l'échelle de la planète.

SÉANCE 2

Le développement minier du projet Qakimajurq de Mine Raglan

MARTIN VERREAULT (GLENCORE)

Le développement de nouvelles mines comprend toujours des exigences de plus en plus élevées en ce qui a trait à la sécurité des travailleurs, le respect de l'échéancier et le contrôle des coûts.

Avec le projet Qakimajurq, Mine Raglan a surmonté ces défis en maintenant une performance en santé et sécurité exemplaire, tout en incorporant de nouvelles façons de faire afin d'améliorer la productivité des travailleurs.

L'esprit de coopération constant avec l'entrepreneur minier, l'instauration d'un système de gestion efficace ainsi que l'utilisation de foreuses de type jumbo pour l'installation du soutènement, méthode couramment utilisée en Australie, ont fait du projet Qakimajurq un succès.

Ce succès est le résultat d'une série de mesures fructueuses et cette présentation se veut un sommaire de cette évolution.

SÉANCE 2

Meadowbank : les défis de l'ingénierie afin d'établir une planification minière intégrée dans un climat arctique

**STÉPHANE FRÉCHETTE ET PIERRE MCMULLEN
(MINES AGNICO EAGLE)**

Située au Nunavut, à 300 kilomètres du cercle polaire, la mine Meadowbank est aujourd'hui le plus grand producteur d'or de Mines Agnico Eagle (AEM). Dès les premiers jours suivant son acquisition en 2007, l'équipe de Meadowbank a dû surmonter d'importants défis afin de mettre en production la première mine d'or du Nunavut. L'historique de cette mine comprend quatre étapes charnières. Chacune d'elles a été franchie grâce au savoir-faire, à l'ingéniosité et à la détermination des employés d'AEM.

La première grande étape fut celle de la construction qui s'échelonna de 2008 à 2010. Les difficultés liées au climat, la logistique et le peu d'infrastructures à proximité ont constitué des obstacles majeurs pour la société minière. La mise en service de la mine en février 2010 constitue la deuxième étape critique. Les défis liés à l'atteinte des objectifs de production deviennent une priorité et requièrent un effort collectif de tous les instants. Cette dure période d'apprentissage a abouti à la mise en place de plans d'action où tous les départements sont mis à service afin d'atteindre des objectifs communs nécessaires au bon fonctionnement des opérations.

La troisième étape survient en 2012, alors qu'une gestion des coûts optimale devient une priorité incontournable pour assurer un développement durable à long terme dans un contexte difficile. L'équipe de Meadowbank s'engage alors dans un plan de réduction du coût à l'once qui assure le développement à long terme d'AEM.

La quatrième et dernière étape est le développement d'AEM au Nunavut. À moins de trois ans de la fermeture de la mine Meadowbank sur papier, l'équipe explore des possibilités d'expansion intéressantes. AEM travaille à élaborer un plan qui permettra de maintenir les emplois et de mettre à profit cette expertise d'exploitation en climat arctique acquise au cours des dernières années. Plusieurs options sont sur la table.

AEM a toujours su se démarquer par la qualité de ses opérations et sa grande responsabilité. Une exploitation minière dans un écosystème aussi fragile que l'Arctique canadien requiert l'implication de chaque employé. Cette conférence présentera les réalisations du département d'ingénierie depuis les débuts de Meadowbank ainsi que les défis qui les attendent. L'ingénierie minière nécessaire à l'exploitation d'une mine à ciel ouvert en milieu arctique sera couverte ainsi que les ouvrages géotechniques conçus afin de mener à bien les opérations. La gestion des eaux et des résidus miniers sera également abordée.

SÉANCE 2

Affranchissement du diesel pour les mines et collectivités du Nord : l'alternative éolienne-GNL

PIERRE RIVARD (TUGLIQ)

Les réseaux autonomes du Nord, qu'ils soient miniers ou publics, fonctionnent exclusivement au diesel ou au mazout lourd. Or, le prix du pétrole brut a triplé en dix ans, pendant que le prix de certaines matières premières demeurait constant ou chutait durant la même période. Devant de telles incertitudes et fluctuations, comment assurer la pérennité et la croissance des mines dans le Nord, un secteur-clé pour l'économie du Québec? Les auteurs traiteront du besoin et des solutions en diversification des sources d'énergie et feront état de certains projets novateurs en cours.

SÉANCE 2

Stabilité des excavations minières souterraines de grande taille, le concept du CCCP

JEAN GARANT ET PHILIPPE BELZILE (GLENCORE)

Mine Matagami, une compagnie Glencore, exploite la mine souterraine Bracemac-McLeod près de la ville de Matagami, dans le nord-ouest du Québec.

La minéralisation prouvée jusqu'à présent se présente sous forme de trois dépôts physiquement éloignés les uns des autres. Le minerai est monté en surface par des camions diesel, sans avoir été concassé. La mine utilisait initialement des camions 45 t, mais avec le développement du gisement McLeod, à plus de 3 km de rampe de la surface, le département de production a opté pour des camions 60 t.

Pour permettre aux camions 60 t de circuler sans entrave, il est nécessaire d'excaver des galeries ayant 6 m de largeur nominale. Dans certaines zones, le toit est à 8 m de hauteur. Les travailleurs étant constamment exposés à de grandes ouvertures, il faut assurer la stabilité de la structure.

Problématique

La nécessité de soutenir de façon convenable, du premier coup et à un coût minimum est d'autant plus importante du fait de la difficulté d'identifier les problèmes de soutènement, à cause des limites d'éclairage des lampes de mineur. Des inspections régulières sont réalisées par des membres de l'équipe de terrain. Toutefois, les équipements lourds peuvent aussi abimer le treillis, dans des endroits demeurant accessibles aux piétons.

Le soutènement des grandes ouvertures est plus dispendieux et la réhabilitation, si nécessaire, est plus complexe. Plus les roches tombent de haut, plus leur potentiel destructeur est important.

Il est reconnu que la qualité du forage et du dynamitage dans les galeries influence le profil et la stabilité de l'excavation. La côte de conformité du contrôle périmétrique, et son acronyme facilement mémorisable « CCCP », a été créé pour voir ce qu'il était permis d'obtenir du procédé actuel.

Cet indice exprimé en pourcentage correspond aux traces de trous d'une longueur de 1 m ou plus (en un seul morceau ou en petits bouts) qui sont dénombrables sur un nombre maximum potentiel de traces établi d'avance selon la taille de la galerie. Les géologues responsables de la géologie structurale et économique (de la « cartographie ») aident le département d'ingénierie en donnant le pointage pour chaque volée dynamitée.

Cet exposé présente un outil en développement pour quantifier l'effet du dynamitage sur le massif rocheux et améliorer les pratiques de forage et de dynamitage afin d'en garantir l'intégrité. Un meilleur contrôle du profil de l'excavation engendre également des bénéfices.

SÉANCE 2

Équipements électriques, la gamme de produits verts d'Atlas Copco

JAMIE TOMPOROWSKI (ATLAS COPCO)

À quoi peut-on s'attendre dans l'avenir pour les équipements non alimentés au diesel?

Les avantages liés à l'utilisation d'équipements alimentés à l'électricité comprennent : un meilleur environnement de travail pour les opérateurs, des émissions de gaz d'échappement réduites ou nulles, une demande énergétique globale plus faible, une productivité plus élevée et des coûts d'exploitation plus faibles.

Cette présentation abordera les défis éventuellement associés à chaque type d'équipement alimenté à l'électricité, ainsi qu'une description des différents équipements électriques d'Atlas Copco. Les types d'équipement qui font partie de notre gamme de produits verts sont : les chargeurs-transporteurs électriques (munis d'un câble et d'une prise électrique), les camions de halage avec trolley (alimentés par une ligne de trolley aérienne), les engins munis de batteries et les unités hybrides qui utilisent le diesel comme source d'énergie pour le transport, mais qui fonctionnent à l'électricité.

SÉANCE 2

Optimisation des procédés dans la chaîne de création de valeurs minières : possibilités et défis

MOHAMAD SABSABI
(CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES CANADA)

L'industrie minière est confrontée à d'importants défis : une baisse des teneurs des minerais, des minerais de plus en plus complexes avec des quantités d'impuretés croissantes et une forte pression pour améliorer leur performance environnementale, ce qui génère des coûts de production plus élevés. Par ailleurs, pour être concurrentiels, l'industrie minière et les producteurs de métaux s'efforcent de réduire les coûts et de maximiser les bénéfices qu'ils retirent des équipements existants. Pour demeurer concurrentielles et prospérer dans notre économie actuelle et future, les entreprises doivent prendre les mesures qui s'imposent pour implanter les infrastructures technologiques qui permettront d'optimiser la chaîne d'approvisionnement, depuis la mine jusqu'au point d'exportation, d'importation ou de consommation. Les sociétés minières qui ne font pas l'effort d'optimiser la chaîne d'approvisionnement de bout en bout en intégrant et en automatisant les opérations, la logistique et le contrôle des procédés se rendent vulnérables à des risques considérablement accrus qui peuvent éroder les profits, freiner la productivité et compromettre la qualité du produit. Il est essentiel de comprendre les défis liés à l'optimisation de cette chaîne d'approvisionnement et de savoir comment les aborder pour assurer des opérations efficaces et rationalisées qui maximiseront les profits.

Les exploitants miniers au Canada sont traditionnellement cachotiers à propos de leurs méthodes et de leurs procédés et ne s'impliquent pas auprès des fournisseurs et des équipementiers pour approfondir les possibilités d'innovation et d'amélioration des procédés. Cette approche tend à restreindre la capacité des exploitants miniers canadiens à améliorer la compétitivité de leurs opérations sur la scène mondiale. La transformation des idées en innovation technologique, puis en croissance d'affaires provoque et nécessite un renforcement progressif de la chaîne de création de valeurs, en intégrant la recherche et la capacité de suivi afin de contrôler les risques techniques tout au long de cette chaîne.

Parmi les technologies qui contribueront à relever ces défis, citons l'ensemble des mesures en ligne fiables qui fournissent des données d'analyse critiques à toutes les étapes, de la mine jusqu'au métal. Par exemple, dans le procédé pyrométallurgique, la fabrication de métal implique des étapes de base comme le chargement du four, la fusion de la charge et l'affinage. Dans le traitement du minerai, la caractérisation élémentaire est essentielle pour suivre et optimiser le taux de récupération sur le site minier et lors des opérations de traitement subséquentes. À toutes ces étapes, il est critique que les paramètres opérationnels soient ajustés et contrôlés de façon à ce que la composition chimique des produits en fusion, en solution ou des boues demeure à l'intérieur des limites prédéfinies. Dans cette présentation, nous ferons part des résultats obtenus lors de l'analyse en temps réel de métaux en fusion et d'effluents dans le cadre du traitement métallurgique, de l'analyse en ligne de boues de minerai métallurgique et d'échantillons de minerai, de la caractérisation minière, etc. Nous mettrons surtout l'accent sur l'application de la SCL pour l'analyse d'échantillons de minerai aurifère.

SÉANCE 3

Bilan des travaux géologiques récents du MERN et nouvelles cibles d'exploration au Québec

PATRICE ROY, GUILLAUME ALLARD, MEHDI AMINE GUEMACHE, DANIEL BANDYAYERA, PÉNÉLOPE BURNIAUX, JEAN GOUTIER, HANAFI HAMMOUCHE, ISABELLE LAFRANCE, FRANÇOIS LECLERC, ABDELALI MOUKHSIL, PIERRE PILOTE ET FABIEN SOLGADI (MERN)

Le Bureau de la connaissance géoscientifique du Québec (BCGQ) réalise des levés géologiques afin d'améliorer les connaissances géoscientifiques et de mettre en valeur le potentiel minéral du territoire québécois. En 2014, les 22 projets géoscientifiques en cours – 4 projets de géophysique, 8 projets de cartographie du roc et 8 projets de cartographie du quaternaire, un inventaire sur la pierre et les minéraux industriels et une étude de potentiel – ont déjà permis d'identifier 53 cibles d'exploration. À ces travaux s'ajoutent plusieurs études thématiques réalisées en collaboration avec nos partenaires institutionnels et universitaires.

Les levés cartographiques du BCGQ s'étendent parfois sur plus d'une année. Voici un état de la situation des projets menés à terme, des projets en cours et des nouveaux projets.

La campagne de cartographie dans le secteur de Manicouagan, maintenant terminée, a permis de mettre en relief le potentiel en Ni-Cu-EGP, en oxydes de Fe-Ti-P-V, en terres rares et en graphite de ce secteur. Au total, 46 nouvelles cibles d'exploration ont été identifiées.

Plusieurs projets prendront fin au cours des prochains mois. Ainsi, dans la partie sud-est de la Province de Churchill, la cartographie de reconnaissance a permis de différencier les grands ensembles géologiques et de définir certains contextes propices à l'exploration. À la Baie-James, la cartographie du contact nord entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande est terminée. En plus de mieux cerner le potentiel pour l'or, plusieurs ceintures volcanosédimentaires ont été définies ou mieux circonscrites. Dans le secteur de Chibougamau-Chapais, les travaux récents ont permis de raffiner la stratigraphie, de découvrir les plus vieilles roches volcaniques de l'Abitibi et de mieux cerner le potentiel en métaux usuels et précieux. La cartographie du segment Malartic-Val-d'Or permettra à terme de compléter la mise à jour cartographique du segment Rouyn-Val-d'Or. La stratigraphie et le potentiel pour l'or et le nickel ont déjà été précisés.

Enfin, de nouveaux projets de cartographie ont été amorcés dans le secteur du réservoir Gouin, dans le Complexe d'Attic en Abitibi et au sud de Rimouski dans les Appalaches. La réalisation du projet Gouin permettra de détailler la géologie autour du réservoir, un secteur au potentiel prometteur pour plusieurs substances telles que les terres rares, le graphite, le cuivre, le zinc, l'apatite et la phlogopite. Enfin, le projet de vérification cartographique au sud de Rimouski permettra de compléter la compilation géologique des Appalaches.

SÉANCE 3

Les Appalaches du sud du Québec : état des connaissances et implications pour l'exploration minérale

ALAIN TREMBLAY (UQAM)

Dans les Appalaches canadiennes, les zones de Humber et de Dunnage, amalgamées durant l'orogénie taconienne, représentent les vestiges de Laurentia et de terrains océaniques adjacents qui, au Québec, sont recouverts par une série sédimentaire siluro-dévonienne, la Ceinture de Gaspé. Depuis une vingtaine d'années, l'analyse structurale détaillée et l'acquisition d'âges U-Pb et $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 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 de l'Ordovicien, du Silurien tardif-Dévonien précoce et du Dévonien moyen. Les âges ordoviciens (D1) 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 de Laurentia. Les âges siluro-dévonien (D2) sont issus d'une série de plis et de failles à vergence SE et fournissent des contraintes compatibles avec l'exhumation de Laurentia et la formation de la Ceinture de Gaspé. La zone de Dunnage affleure dans le toit de la ligne Baie Verte-Brompton qui a été redéfinie comme une importante faille normale au contact avec la zone de Humber. La zone de Dunnage est constituée d'ophiolites, du Mélange de Saint-Daniel, du Groupe de Magog et du Complexe d'Ascot. Des âges isotopiques synchrones à D1 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 taconien. Le Mélange de Saint-Daniel et le Groupe de Magog forment un bassin discordant sur un « socle » de roches continentales, ophiolitiques ou volcaniques. Les lithologies « exotiques » du Mélange de Saint-Daniel sont soit des fenêtres structurales exposant sa base ou son socle, soit des séries volcaniques stratiformes ou des variations latérales de faciès. Le Groupe de Magog est un bassin sédimentaire de 300 km reposant sur le Mélange de 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. Le métamorphisme et les structures (localement polyphasées) associées à l'orogénie acadienne au Dévonien (D3) sont d'intensité variable, mais sont souvent associés à la superposition de plis qui compliquent la « lecture » de la déformation finie, aussi bien dans les roches postordoviciennes que dans celles du Humber et du Dunnage.

Les implications métallogéniques des travaux des dernières décennies sont variables selon les domaines lithologiques. Quelques exemples : dans la zone de Humber, D2 est marquée par une circulation hydrothermale importante qui s'exprime par d'abondantes veines de quartz offrant un potentiel de minéralisations filoniennes; au sein de la zone de Dunnage, le sommet des ophiolites est marqué par une surface d'érosion majeure qui implique le recyclage probable de chromitites à EGP et la formation possible de paléopla-cers dans le Mélange de Saint-Daniel ou le Groupe de Magog; enfin, ces deux dernières unités sont, quant à elles, contemporaines d'un magmatisme régional possiblement à l'origine de minéralisations aurifères de type SEDEX.

SÉANCE 3

Aperçu des minéralisations en chrome, nickel et vanadium dans le secteur de la Baie-James, dans un contexte métallogénique type « Ring of Fire »

MICHEL HOULÉ (CGC-Q), JEAN GOUTIER (MERN),
C. MICHAEL LESHER (UNIVERSITÉ LAURENTIENNE),
ANNE-AURÉLIE SAPPIN (CGC-Q), RIKU METSARANTA
(OGS) ET VICKI MCNICOLL (CGC-Q)

Les minéralisations en chrome, en nickel et en vanadium associées aux intrusions mafiques-ultramafiques dans la Province du Supérieur étaient considérées comme relativement marginales, jusqu'à la découverte de gisements de premier plan de Cr et de Ni-Cu-(EGP) et de minéralisations substantielles en Fe-Ti-V-(P) dans la ceinture de roches vertes de McFaulds Lake (Ring of Fire ou RoF), dans le nord de l'Ontario. De plus, les travaux récents dans cette région minière émergente ont considérablement renouvelé l'intérêt pour ces types de minéralisation à travers la Province du Supérieur.

Le RoF est une ceinture de roches vertes méso- à néoarchéennes qui s'étend sur plus de 200 km dans la partie centrale du domaine d'Oxford-Stull (Ontario). Cette ceinture est caractérisée par la présence d'une variété d'intrusions mafiques-ultramafiques, hôtes de gisements de classe mondiale de chromite (Black Thor et Blackbird), d'un important gisement de Ni-Cu-(EGP) (Eagle's Nest) et de minéralisations substantielles en Fe-Ti-V-(P) (Thunderbird). Au moins deux générations d'intrusions mafiques-ultramafiques (aux environs de 2810 et 2735 Ma) ont été identifiées. Toutes deux sont l'hôte de ces minéralisations, bien que la majeure partie de celles-ci semblent associées aux intrusions néoarchéennes. Les minéralisations en Cr et en Ni-Cu-(EGP) se trouvent au sein d'intrusions à dominance ultramafique, alors que celles en Fe-Ti-V-(P) se trouvent principalement dans les intrusions à dominance mafique.

Les domaines de La Grande et d'Eastmain à la Baie-James, qui semblent être corrélatifs avec le RoF, contiennent également de nombreuses intrusions mafiques-ultramafiques mésoarchéennes et néoarchéennes. De nombreux indices de chromite ont été identifiés au cours des années, mais les plus importants sont associés au Complexe de Menarik (Néoarchéen) et à l'intrusion du lac des Montagnes (Mésoarchéen). Chaque complexe présente une zone ultramafique qui comprend plusieurs niveaux de chromite centimétriques à métriques, est latéralement continue et est surmontée d'une zone mafique. Ces gisements de chromite se distinguent par leur âge de ceux du RoF qui sont uniquement néoarchéens. D'autres intrusions (par ex., l'intrusion de Nisk) contiennent également des minéralisations de Ni-Cu-(EGP) près de leur base. Bien que restreintes, des minéralisations de Fe-Ti-V se trouvent aussi dans certaines intrusions mafiques-ultramafiques (Pyroxénite de Baie Chapus). Cette minéralisation se présente sous forme d'une accumulation massive à semi-massive de titanomagnétite à proximité de la partie supérieure de l'intrusion.

Les travaux en cours visent à établir le cadre géologique et les caractéristiques dominantes de ces gisements orthomagmatiques de Cr-(EGP), de Ni-Cu-(EGP), EGP et de Fe-Ti-V dans ces secteurs. Une meilleure connaissance de ces types de minéralisations permettra aussi d'augmenter la probabilité de découvrir des nouvelles ressources non seulement à la Baie-James, mais aussi dans d'autres secteurs de la Province du Supérieur et du Bouclier canadien.

SÉANCE 3

Les roches supracrustales des Escoumins : un environnement d'arrière-arc pinwarien bien préservé dans le Grenville central québécois

PIERRE-ARTHUR GROULIER, APHRODITE INDARES (MEMORIAL UNIVERSITY OF NEWFOUNDLAND), ABDELALI MOUKHSIL (MERN), GREG DUNNING ET STEPHEN J. PIERCEY (MEMORIAL UNIVERSITY OF NEWFOUNDLAND)

Les régions des Escoumins et du Petit-Saguenay situées au sein de la Province de Grenville (Québec) sont caractérisées par la présence de roches volcaniques métamorphisées au faciès des amphibolites. Les travaux antérieurs ont permis de définir les grandes unités de la région : le Complexe de Tadoussac et le Groupe de Saint-Siméon. Le Complexe de Tadoussac est formé de migmatites et de gneiss tonalitiques, granodioritiques ou granitiques alors que le Groupe de Saint-Siméon est subdivisé en trois formations : Saint-Paul-du-Nord, Moulin à Baude et Port-aux-Quilles. Ces formations sont constituées d'un assemblage de roches supracrustales métasédimentaires (quartzite, méta-arkose, conglomérats, roches calcosilicatées, métagrauwacke et quelques rares niveaux de marbre et de paragneiss) et métavolcaniques (basalte, basalte andésitique et andésite). Ces dernières se présentent sous forme de niveaux plus ou moins massifs d'amphibolites interprétées comme des coulées et dépôts volcanoclastiques (hyaloclastites, brèches et tuf à cendres, à lapilli, à ponces, à flammes et à bombes), le tout étant injecté par des roches intrusives (dykes, sills et plutons felsiques à ultramafiques). Quelques faciès felsiques (dacitique à rhyolitique) probablement d'origine volcanoclastique sont observés localement au sein des amphibolites. Ces données permettent de redéfinir le Groupe de Saint-Siméon en tant que Ceinture volcano-sédimentaire des Escoumins. D'un point de vue structural, les roches supracrustales se retrouvent au sein de synformes alors que les roches migmatitiques et plutoniques forment des reliefs topographiques faisant ainsi ressortir une organisation structurale en dômes et en bassins. La Ceinture volcano-sédimentaire des Escoumins, qui comprend plusieurs indices d'Au-EGP-Ni-Cu, mais aussi de Zn-Cu-Pb-Ag, possède un potentiel économique non négligeable pour les métaux de base et précieux associés à des gîtes de type filonien, de type volcanique et de type exhalatif.

La datation d'un tuf à bombes dacitique a donné un âge de 1493 ± 3 Ma (U-Pb sur zircon par TIMS) confirmant l'origine pinwarienne de l'assemblage supracrustal, avec un âge métamorphique à 1000 Ma. L'analyse U-Pb sur titanite (TIMS) du même tuf confirme un métamorphisme tardi-grenvillien avec deux groupes d'âge à 1000 Ma et 985 Ma. L'observation sur le terrain de basalte en coussin, de tuf à ponces-flammes-bombes, de quartzite à structures entrecroisées et de conglomérats suggère une mise en place en milieu marin. La géochimie des éléments majeurs et traces des métavolcanites les moins altérées et des roches intrusives favorisent un contexte de type arc-arrière arc.

SÉANCE 3

Fosse du Labrador : état des connaissances et perspectives

CARL BILODEAU (MERN) ET THOMAS CLARK (UQAT-MERN)

La Fosse du Labrador constitue un segment paléo-protérozoïque d'environ 800 km de longueur de l'Orogène du Nouveau-Québec. Son potentiel minéral est parmi les plus importants du Québec. Diverses substances, notamment le fer, le nickel et le cuivre, ont fait l'objet de nombreux travaux d'exploration depuis les années 50. Ces travaux se sont appuyés sur une base de connaissances géoscientifiques, particulièrement des cartes géologiques, développées par les géologues gouvernementaux. Au cours des années, les outils et les méthodes d'exploration se sont modernisés et de nouveaux acteurs avec des pensées innovatrices sont venus nourrir l'effort de mise en valeur de nouvelles substances, en plus de celles qui ont rendu la Fosse célèbre.

Le MERN a réalisé récemment un levé géophysique aéroporté à haute résolution (magnétique et spectrométrique) couvrant l'intégralité de la Fosse du Labrador au Québec. La réinterprétation des cartes géologiques en cours démontre qu'en associant les nouvelles données géophysiques aux produits modernes d'imagerie (p. ex., RapidEye), il est possible de raffiner les contacts lithologiques et de redéfinir l'arrangement structural de nombreux secteurs. De plus, le MERN coordonne depuis 2009 des travaux de cartographie dans la Province de Churchill-SE, approfondissant les connaissances de domaines moins connus et définissant de nouvelles cibles de prospection dans l'est de l'Orogène du Nouveau-Québec.

En proposant de nouveaux programmes d'acquisition de données sur le terrain, le MERN et la Commission géologique du Canada collaborent à la mise en valeur de nouvelles cibles d'exploration et à la révision de certains contextes géologiques. Les travaux prévus auront comme objectifs : le raffinement des cartes géologiques, l'acquisition d'une nouvelle banque de données lithogéochimiques et géochronologiques ainsi que la réalisation d'études métallogéniques thématiques. Un programme quinquennal sera aussi mené par le MERN dans les secteurs jugés prioritaires, plus spécifiquement dans les secteurs stratégiques et moins connus de la Fosse, tels que la région au sud de la baie aux Feuilles, le secteur entre les baies Payne et Hopes Advance, le synclinal du lac Roberts dans l'extrémité nord de la Fosse, la région de la carbonatite du lac Le Moyne et le secteur du horst de Romanet et du dôme de Wheeler.

Les nouvelles données géologiques et géophysiques serviront à redéfinir le modèle géodynamique et le potentiel minéral de la Fosse du Labrador et du domaine interne de l'orogène. À la veille du Plan Nord, l'industrie et les populations locales bénéficieront du support de données géoscientifiques et de guides d'exploration améliorés.

SÉANCE 3

Magmatisme alcalin et ressources en ETR : un survol européen et liens avec le Canada

KATHRYN GOODENOUGH, EIMEAR DEADY (BRITISH GEOLOGICAL SURVEY), ADRIAN FINCH (ST ANDREWS UNIVERSITY), RICHARD SHAW, PAUL LUSTY (BRITISH GEOLOGICAL SURVEY) ET FRANCES WALL (UNIVERSITY OF EXETER)

Au cours des dernières années, l'Union européenne (UE) a ciblé les matières premières critiques(a) comme étant un enjeu prioritaire – ces matières sont importantes pour l'économie, mais leur approvisionnement est confronté à des risques. Parmi les substances identifiées comme étant critiques, les éléments des terres rares (ETR) sont considérés comme ceux dont l'approvisionnement court le plus grand risque, puisque plus de 90 % de la production mondiale provient de Chine. Plusieurs programmes sont en cours en Europe pour étudier la chaîne d'approvisionnement des ETR et autres matériaux critiques. Il s'agit notamment du projet EURARE(b), un projet financé par l'UE visant à jeter les bases pour le développement d'une industrie européenne des ETR, et le programme de recherche du Royaume-Uni intitulé Security of Supply of Mineral Resources (SoS Minerals).

Dans le cadre de ces projets, nous avons étudié les ressources européennes en ETR, en particulier les ressources primaires associées au magmatisme alcalin dans les zones de rift continental. Les ressources les plus importantes en ETR connues jusqu'à présent en Europe se trouvent au Groenland et en Suède et sont associées au magmatisme alcalin d'âge mésoprotérozoïque en marge des cratons archéens. Au Groenland et en Scandinavie, les carbonatites qui se sont formées durant des épisodes de rift au Néoprotérozoïque, au Dévonien et au Jurassique représentent également des gîtes potentiels en ETR. Ceux-ci sont typiquement enrichis en ETR légères, de moindre valeur. Des rifts cénozoïques auxquels est associé un magmatisme alcalin traversent l'Europe centrale et méridionale, notamment dans le graben du Rhin et le Massif central. Tous ces systèmes de rift ont le potentiel d'encaisser des ressources en ETR. Toutefois, alors que les provinces plus anciennes du nord de l'Europe sont exposées en profondeur, les affleurements dans le sud de l'Europe sont largement au niveau supracrustal, de telle sorte que les roches plutoniques qui pourraient contenir des enrichissements en ETR ne sont pas exposées en surface.

Le Canada partage une grande part de son histoire tectonique avec certaines parties de l'Europe et présente plusieurs similitudes au niveau des ressources primaires en ETR. Le pluton de Strange Lake, à la frontière entre le Québec et Terre-Neuve, a un âge similaire à celui des intrusions de la Province de Gardar au Groenland et pourrait représenter une partie du même système de rift mésoprotérozoïque. Les plutons de Strange Lake et d'Ivigtut (Province de Gardar) sont tous deux des granites peralcalins où les métaux rares ont été mobilisés et concentrés par des fluides hydrothermaux tardi-magmatiques. Le gîte d'ETR de Thor Lake au Canada se trouve à l'intérieur d'un complexe intrusif lité de composition alcaline à peralcaline d'âge paléoprotérozoïque, qui rappelle le Complexe Ilímaussaq au Groenland. Les carbonatites néoprotérozoïques du système de rift du Saint-Laurent au Canada ont des âges similaires aux carbonatites ayant un potentiel pour les ETR à travers l'Europe. Nous avons ainsi tout à gagner en étudiant ces systèmes ensemble, et plus spécifiquement les processus d'enrichissement des ETR.

SÉANCE 4

La Politique minière des Inuits du Nunavik

JOBIE TUKIAPIK (SOCIÉTÉ MAKIVIK)

Au cours des dernières années, le nombre de projets d'exploration et d'exploitation de ressources minérales a augmenté considérablement au Nunavik. Deux mines de nickel-cuivre sont en exploitation et plusieurs autres projets sont actuellement à des stades de développement avancés. La région recèle un potentiel minéral varié et considérable qui doit encore être défini.

Lors des consultations organisées dans les communautés dans le cadre de Parnasimautik en 2013 afin de définir une vision globale du développement régional, les Inuits du Nunavik ont demandé l'élaboration de leur propre politique minière. La nouvelle Politique minière des Inuits du Nunavik définit clairement les conditions d'exploitation des ressources minérales du Nunavik, soit :

- ▶ maximiser les effets à court et à long terme des avantages sociaux et économiques de l'exploitation minière pour les Inuits du Nunavik;
- ▶ réduire au minimum les impacts environnementaux et sociaux négatifs de l'exploitation minière;
- ▶ assurer un dialogue ouvert et une bonne communication entre les promoteurs de projets et les Inuits du Nunavik;
- ▶ assurer un équilibre entre la conservation et le développement minier.

Cette politique appuiera les projets de développement minier au Nunavik qui sont responsables et équitables, à condition que les projets permettent aux Inuits du Nunavik de tirer d'importants avantages lors des phases d'exploration, de développement, d'exploitation et de restauration des activités minières. De plus, ces activités prendront en compte leur mode de vie et seront réalisés dans le respect de leurs droits et de la Convention de la Baie-James et du Nord québécois ainsi que de toutes les lois fédérales et provinciales applicables relatives à la protection de l'environnement et du milieu social.

SÉANCE 4

Conseil cri sur l'exploration minérale : développement minier sur le territoire d'Eeyou Istchee

JACK R. BLACKSMITH (CONSEIL CRI SUR L'EXPLORATION MINÉRALE)

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

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 sur le territoire d'Eeyou Istchee étant la propriété de compagnies minières. La création du CCEM a encouragé la participation des Cris à l'activité minière sur le territoire et a permis d'évaluer l'impact environnemental sur celui-ci.

Le Conseil cri sur l'exploration minérale entend principalement : (a) favoriser l'accès des Cris à l'exploration minérale; (b) faciliter le développement des activités d'exploration minérale et les études d'impact environnemental sur le territoire d'Eeyou Istchee; (c) faciliter et encourager l'accès des Cris et des entreprises cries au programme de financement du Québec et aux autres programmes encourageants les activités d'exploration minérale (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 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 sentier de piéage (*trapline*) cri. 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 et se comparent également avec ce qui existe ailleurs au Canada et dans le reste du monde, cherchant ainsi à s'améliorer et à atteindre l'excellence.

SÉANCE 4

Les gens d'affaires crie dans l'histoire du Québec, aspirations et faits

SAM R. BOSUM (NIMSKEN CORPORATION ET NATIVE EXPLORATION)

De la Paix des Braves jusqu'à maintenant, les Cris impliqués dans le secteur minier ont beaucoup changé leur relation avec l'industrie minière.

Nimsken Corporation et Native Exploration sont le résultat de cette évolution, deux organisations privées crie nées dans le sillage de l'importante ruée minière sur le territoire d'Eeyou Istchee.

Auparavant, l'exploitation minière ne faisait pas partie de la culture de la nation crie et les ressources minérales d'Eeyou Istchee étaient les biens de compagnies minières. La création de sociétés telles que Nimsken et Native Exploration permet la participation des Cris aux activités minières sur le territoire. Des entreprises et des collaborations dans des projets concernant l'exploration ou l'environnement dans la région de la Baie-James sont continuellement développés. Nous avons développé différentes techniques dans le domaine de l'exploration, de la géophysique et de la géochimie des altérations.

Les principaux objectifs de ces entreprises sont : l'accès aux projets d'exploration minérale, le développement des activités minières, l'accès aux programmes de financement du Québec, en plus de la formation des jeunes crie dans le domaine de l'exploration minérale et de l'environnement.

En outre, toutes les organisations minières crie agissent comme une source de travail pour toutes les communautés, avec la collaboration de l'industrie minière. Nous travaillons conjointement avec les communautés impliquées dans l'exploitation minière, en particulier avec les prospecteurs crie.

Les programmes et les projets de Nimsken Corporation et de Native Exploration sont gérés par des personnes différentes, où chaque groupe a sa propre expertise. Nous croyons que les communautés crie ou les individus ont la volonté de surfer sur la vague de l'exploitation minière des dernières années sur le territoire d'Eeyou Istchee.

SÉANCE 4

La relation de longue date entre la municipalité d'Aupaluk et le développement minier

DAVID ANGUTINGUAK (MAIRE D'AUPALUK)

« La terre rouge ». La signification du nom d'Aupaluk évoque bien la coloration des roches et la géologie locale observées dans la région immédiate de notre communauté. Situé sur la rive sud de la baie Hopes Advance, une avancée dans l'ouest de la baie d'Ungava, Aupaluk est le plus petit village du Nunavik avec une population d'environ 200 personnes. Contrairement aux autres localités inuites, Aupaluk ne s'est pas bâtie autour d'un comptoir de traite de la Compagnie de la Baie d'Hudson, mais occupe plutôt un site ancestral de chasse et de pêche où des ressources naturelles renouvelables et essentielles au mode de vie de plusieurs générations de familles inuites étaient accessibles et abondantes. Le développement du village actuel d'Aupaluk s'ancre donc dans le passé et l'histoire, mais fut planifié par la communauté inuite même.

Bien avant la signature de la Convention de la Baie-James et du Nord québécois en 1975 et l'établissement officiel du village d'Aupaluk en 1981, la communauté a vu défiler une foule de prospecteurs et de compagnies d'exploration qui se sont intéressés à la partie septentrionale de la Fosse du Labrador, riche en dépôts ferrifères et en autres minéraux. Depuis les premières observations d'Albert Peter Low en 1893, jusqu'à l'actuel développement de projets de niveaux avancés, en passant par les campagnes des années 50-60, les résidents de la communauté ont entendu toute sorte de promesses et d'opportunités de développement, sans pour autant qu'elles se concrétisent.

Aujourd'hui, les Aupalummiut se voient encore une fois confrontés à un possible développement minier de leur région et, par le fait même, doivent envisager le développement voulu pour leur communauté. Dans le contexte actuel, d'importantes réflexions sont en cours au sein de la population et des décisions seront éventuellement prises afin de définir un équilibre entre la préservation du droit de subsistance et les activités traditionnelles et le déploiement d'activités minières. Si cette fois les promesses sont tenues, cette activité contribuera à l'amélioration du niveau de vie des gens d'Aupaluk, communauté composée en majorité de jeunes Inuits, comme c'est le cas dans tous les villages du Nunavik.

SÉANCE 5

Les défis de la qualité et des coûts pour le procédé du projet de mine de phosphore du Lac à Paul

GHISLAIN GOYETTE (ARIANNE PHOSPHATE)

Fondée en 1997, sous le nom de Ressources d'Arianne, puis cotée à la Bourse de Toronto (TSX-V) en 2003, Arianne Phosphate est une société canadienne qui possède un gisement de phosphore de classe mondiale, l'un des plus importants au pays. Elle se consacre actuellement au développement de ce gisement, le projet du Lac à Paul, localisé à environ 200 km au nord de la ville de Saguenay.

Les premiers indices de phosphore au Lac à Paul ont été découverts il y a plus de quinze ans. À la suite de la croissance de la demande de fertilisants et du prix du phosphore au cours de la dernière décennie, la société a déployé les efforts nécessaires au développement du projet.

Cette présentation donnera un aperçu du projet et présentera les travaux réalisés au cours des cinq dernières années afin de développer un procédé de concentration. Les concentrés de phosphore sont utilisés pour la production de fertilisants qui serviront à favoriser la croissance de végétaux destinés à l'alimentation humaine et animale. L'aspect de la qualité du produit final était au cœur des préoccupations lors du développement du procédé. La volatilité des prix des matières premières au cours des dernières années fait en sorte qu'il est essentiel de produire au meilleur coût possible pour assurer la pérennité d'un tel projet. Cet aspect a aussi mené à la réalisation d'essais métallurgiques visant à diminuer les coûts du procédé.

SÉANCE 5

Le projet de développement du lac Knife : du graphite cristallin de haute pureté pour les technologies vertes

DON BAXTER (FOCUS GRAPHITE)

Le projet Lac Knife, détenu à 100 % par Focus Graphite, est localisé à 27 km au sud de Fermont. La minéralisation métamorphisée du gisement Lac Knife est massive à disséminée et se classe parmi les meilleures au monde quant à sa teneur et à la taille des cristaux de graphite en format de flocons. Ces paramètres sont importants lorsqu'on évalue une minéralisation de graphite. La qualité exceptionnelle du gisement est associée au métamorphisme régional intense (du faciès à amphibolites supérieur au faciès à granulites).

Le gisement de graphite cristallin contient des réserves prouvées et probables de 7,86 millions de tonnes à une teneur de 15,13 % de carbone graphitique (Cg). L'étude de faisabilité qui décrit le plan de l'exploitation sur une période de 25 ans prévoit un taux de rendement interne de 30,1 % (24,1 % après impôt), une valeur actualisée nette calculée à 8 % de 383 millions de dollars (224 M\$ après impôt) et une période de rendement des investissements de 3 ans (3,2 ans après impôt).

Les études métallurgiques ont démontré la capacité de produire uniquement par flottation (sans procédés de purification) un concentré de graphite à haute teneur (98 % C) pour les granulométries supérieures à une maille > 200. Cette haute teneur initiale de 98 % C du concentré permet de réduire de beaucoup les coûts de purification thermique ou hydrométallurgique en vue de produire du graphite à une teneur > 99,95 % C, soit la teneur requise pour la fabrication des batteries au Li-ion destinées aux automobiles électriques. C'est le grand avantage du Lac Knife par rapport à d'autres gisements.

Focus Graphite prévoit devenir un producteur de concentré de graphite dont les coûts de production seront parmi les plus bas et s'est positionnée pour le futur en tant que société minière de technologies vertes avec une stratégie d'affaires intégrée « de la mine à la commercialisation ». Du fait d'une entente historique de promesse d'achat de son concentré, des tests de performance exceptionnels de son concentré dans des piles Lithium-ion et de la réalisation d'une étude de faisabilité, Focus est en mesure de concurrencer le marché du graphite synthétique.

SÉANCE 5

Nemaska Lithium : vert et innovateur

JEAN-FRANÇOIS MAGNAN ET GARY PEARSE
(NEMASKA LITHIUM)

Le gisement de lithium Whabouchi de Nemaska Lithium est situé sur le territoire Eeyou Istchee/Baie-James, au Québec. Deuxième gisement de spodumène au monde, tant du point de vue de sa teneur (moyenne de 1,53 % Li_2O) que de son volume (27 Mt de réserves prouvées et probables), il présente des caractéristiques qui rendent son exploitation intéressante sur le plan environnemental et économique. En effet, le gisement Whabouchi est exceptionnel de par la largeur et le pendage du corps minéralisé. L'étude de faisabilité publiée récemment a démontré qu'il était possible d'exploiter une fosse ayant un ratio de décapage de 2,2/1 et un faible taux de dilution (10 %). Un concentré à 6 % Li_2O serait produit au deux tiers à l'aide d'une séparation en milieu dense (DMS), un procédé robuste qui utilise moins de produits chimiques, et au tiers à l'aide d'un procédé par flottation optimisé. L'eau du procédé serait entièrement recyclée et la roche stérile, un minerai granitique avec très peu de minéraux lixiviables, serait disposée de manière à minimiser les impacts sur l'environnement et le milieu social. Le corps minéralisé de Whabouchi est homogène et présente de faibles teneurs en sodium, en potassium et en mica. Ces impuretés sont reconnues pour les problèmes qu'elles causent et les coûts supplémentaires qu'elles entraînent, autant lors de la production du concentré de spodumène que lors de sa transformation en composés de lithium. Toutefois, en raison de la nature du corps minéralisé, Nemaska Lithium ne rencontre pas ces problèmes. De plus, grâce à de nombreux travaux rigoureux de développement effectués à partir d'un échantillon représentatif de 50 tonnes, à une étroite collaboration et à une approche respectueuse du milieu social, Nemaska Lithium est en mesure de relever les défis liés à l'exploitation du gisement Whabouchi. En aval, la société a développé un procédé unique pour transformer le lithium extrait du minerai concentré en composés de lithium de haute qualité à faible coût : l'hydroxyde de lithium de qualité batterie ainsi que le carbonate de lithium de qualité batterie. Ces matières premières sont nécessaires à la fabrication des batteries utilisées dans les véhicules électriques (notamment la Tesla S et la Prius Hybride-Rechargeable) et le stockage d'énergies renouvelables. Par rapport au procédé de transformation traditionnel, Enviro-Accès a estimé que le procédé de Nemaska permettrait de réduire les émissions de GES de l'ordre de 191 000 t_{eq} CO_2 /an, l'équivalent de 47 000 voitures, en plus des réductions indirectes des utilisateurs de véhicules électriques. Ce procédé permettrait aussi d'éliminer un sous-produit nocif pour l'environnement (Na_2SO_4) et de réduire drastiquement la consommation de produits combustibles et chimiques.

SÉANCE 5

Valorisation des gîtes ultramafiques de nickel à basse teneur

JOHNNA MUINONEN, MICHELLE SCIORTINO, JOHN KORCZAK
ET ALGER ST-JEAN (ROYAL NICKEL CORPORATION)

Le gisement Dumont est un grand projet (1 179 Mt en réserves prouvées et probables) de sulfures de nickel à basse teneur (0,27 % nickel) situé dans la région de l'Abitibi, à 25 km à l'ouest d'Amos, au Québec. Royal Nickel Corporation a acquis le projet en 2007 et, depuis, l'a fait progresser, passant par l'étude de faisabilité en 2013 jusqu'à la conception détaillée.

La minéralisation de sulfures et d'alliages de nickel disséminés est encaissée dans la sous-zone de dunite serpentinisée du filon-couche de Dumont; un filon-couche ultramafique différencié, fortement serpentinisé et d'affinité komatiitique. La pentlandite, l'heazlewoodite et l'awaruite sont les principales phases métalliques nickelifères qui peuvent être récupérées par des méthodes conventionnelles (flottation, séparation magnétique). Du nickel irrécupérable est aussi présent dans la gangue silicatée de la dunite serpentinisée. Il est emprisonné soit dans la serpentine (variantes riches en Fe et en Mg), soit, dans une moindre mesure, dans l'olivine.

Un programme minéralogique détaillé comportant 1 420 échantillons analysés par QEMSCAN® et 3 295 points analysés par microsonde électronique a été entrepris dans le but d'améliorer la compréhension de la répartition du nickel dans les différentes phases récupérables et irrécupérables, dans le contexte spatial du gisement. Les 105 essais métallurgiques effectués selon une procédure standard ont permis d'établir des liens entre la minéralogie et le comportement métallurgique. Il a ainsi été possible de définir et de modéliser des domaines géométallurgiques selon une méthode bloc par bloc, afin d'expliquer les variations du taux de récupération et du comportement métallurgique à travers le gisement.

En plus de la nécessité de comprendre la minéralogie détaillée et la récupération du nickel dans le gisement, la nature ultramafique du gisement occasionne des défis rhéologiques lorsque le minerai est mélangé à de l'eau. L'élimination de la portion fine (les schlamms) du circuit de broyage primaire est la clé qui nous a permis d'atteindre le taux de récupération du nickel et les teneurs attendues en concentré pour le gisement Dumont. Cette présentation passera en revue l'élaboration du schéma de traitement pour le gisement Dumont, de l'étape de la préfaisabilité jusqu'à l'ingénierie détaillée.

SÉANCE 5

Survol du projet Crevier : nouvelle source québécoise de métaux critiques

CLAUDE DUFRESNE (MDN)

Le gîte Crevier est situé au nord-ouest de la municipalité de Dolbeau-Mistassini, dans la région du Lac-Saint-Jean. À la suite de l'étude économique préliminaire, conformément au Règlement 43-101, il a été déterminé que le gîte contient une ressource de classe mondiale de deux métaux critiques, soit le niobium et le tantale.

Cette présentation du projet Crevier couvre l'ensemble des travaux effectués à ce jour et passe en revue les marchés et applications de ces métaux méconnus de la population. Le niobium qui sera extrait de la mine sera principalement destiné à un secteur à forte croissance et bien établi au Québec, celui de l'aérospatial, tandis que le tantale servira surtout à la production de produits électroniques dans les technologies de pointe.

Les opportunités de développement économique du projet Crevier sont très attrayantes pour toutes les parties prenantes. De plus, les récentes études internes démontrent que le projet est techniquement et financièrement viable. La société étudie également la transformation en aval du niobium au Québec, par la recherche de partenaires stratégiques. En définitive, avec le projet Crevier, MDN deviendra le seul producteur d'oxyde de niobium et de tantale en Amérique du Nord.

SÉANCE 5

Développement du complexe alcalin de Strange Lake : relever les défis de logistique, de traitement et environnementaux

DIRK NAUMANN, YEMI OYEDIRAN ET MIKE ROBERT
(MINÉRAUX RARES QUEST)

Cette présentation décrit le développement du complexe alcalin de Strange Lake (CASL), en mettant l'accent sur la métallurgie et le traitement dans un contexte de défis logistiques, environnementaux et de traitement. Elle considère aussi les travaux réalisés par Minéraux rares Quest et les diverses options élaborées pour surmonter ces défis. Découvert initialement par la Iron Ore Company of Canada (IOC) au Québec et au Labrador, le CASL est l'un des plus grands gisements d'yttrium, de terres rares lourdes et de zirconium au monde. Situé dans le nord-est du Bouclier canadien, il fait partie d'un complexe post-tectonique, d'âge précambrien, constitué de granites peralcalins qui se sont mis en place le long du contact entre des gneiss et des monzonites de la Province de Churchill. La minéralisation d'intérêt économique se trouve dans des pegmatites et des aplites encaissées dans des granites peralcalins et, dans une moindre mesure, à l'intérieur des granites eux-mêmes, particulièrement dans les granites intrapegmatitiques. La minéralisation ayant les teneurs les plus élevées et la métallurgie la plus favorable est présente dans les parties supérieures du CASL, lesquelles sont exploitables par fosse à ciel ouvert. En raison de l'emplacement isolé du gisement, le projet envisage deux principaux sites d'activités, soit la mine et le concentrateur dans le nord, à Strange Lake, et l'usine de traitement au sud, à Bécancour. Cette façon de faire nécessite des infrastructures logistiques importantes, y compris une route reliant le site minier à un port et le transport maritime de ce port jusqu'à l'usine de traitement de Bécancour. Le CASL contient principalement des minéraux uniques qui nécessitent un procédé de traitement fait sur mesure pour assurer leur valorisation. Une quantité appréciable de travaux a été accomplie pour élaborer un schéma de traitement robuste afin de produire un oxyde de terres rares mixtes de haute pureté. L'uranium et le thorium sont des enjeux environnementaux importants pour les projets de terres rares et les stratégies retenues pour la gestion des flux contenant des éléments radioactifs seront abordées.

SÉANCE 6

Observation de la Terre à partir de l'espace : un survol de plus de 40 ans d'expertise

ROBERT SAINT-JEAN (AGENCE SPATIALE CANADIENNE)

C'est l'avènement de la photographie aérienne qui a incité les chercheurs à prendre du recul afin d'obtenir une vision synoptique de la surface de la Terre. Il faudra toutefois attendre le lancement de Landsat-1 en 1972 pour que l'ère de l'observation de la Terre à partir de l'espace puisse vraiment prendre son essor. Les capteurs ont d'abord utilisé la partie visible du spectre électromagnétique, pour ensuite s'intéresser au proche infrarouge, à l'infrarouge thermique et aux micro-ondes; les résolutions spatiales et spectrales des capteurs n'ont cessé de se raffiner. Depuis quelques années, les tendances se portent vers des satellites plus petits, moins coûteux, plus efficaces et plus spécifiques, avec une fréquence d'acquisition encore plus rapide qu'auparavant. Les recherches s'intéressent également aux capteurs super- et hyperspectraux, aux lidars, aux gravimètres, aux nouveaux systèmes GPS, aux radars mono- et bistatiques dont on acquiert la phase et la polarisation du signal ainsi qu'aux autres systèmes spatioportés qui ouvrent la voie à de nouvelles techniques.

Cette présentation fera un survol de l'évolution des technologies utilisées depuis l'avènement de Landsat-1, en visant plus particulièrement les applications en matière de cartographie géologique et d'exploration minière.

SÉANCE 6

La télédétection appliquée à l'exploration minière : comparaison de données hyperspectrales, ASTER et WorldView-3

LORI WICKERT (CONSULTANTE), JAN M. PETER, J.R. HARRIS (CGC), BILL BAUGH (DIGITALGLOBE) ET DAVID COULTER (GEOSPECTRAL ANALYTICS)

Les données de télédétection sont utilisées pour appuyer l'exploration minière depuis des décennies, avec des applications portant sur la cartographie du socle rocheux ou de l'altération minérale. Elles sont fréquemment intégrées à d'autres données géoscientifiques lors de la génération de cartes préparatoires pour le terrain (remote predictive mapping). Des exemples d'applications de la télédétection en exploration seront présentés pour un gisement aurifère orogénique (gisement de Hope Bay) et pour un gisement de sulfures massifs volcanogènes (gisement de Hackett River), tous deux situés au Nunavut (Canada). Les données de trois différents capteurs sont examinées : l'imagerie hyperspectrale aéroportée acquise en 2009 lors du levé SINED de la Commission géologique du Canada, les données du capteur ASTER (radiomètre spatial avancé d'émission et de réflexion thermiques) et les données du satellite WorldView-3 lancé le 13 août 2014 et exploité par la firme DigitalGlobe. L'objectif est de montrer comment les données de télédétection peuvent fournir des cibles d'exploration de dépôts métallifères dans le nord du Canada et de comparer les résultats obtenus entre ces différents capteurs. Lancé par la NASA et le METI japonais (Japan Space Systems) en décembre 1999, ASTER est un capteur doté de 14 bandes spectrales : dans le visible et proche-infrarouge, dans l'infrarouge à ondes courtes et dans la partie thermique (avec une résolution spatiale de 15,30 et de 90 m, respectivement). Il a été largement utilisé à travers le monde pour générer des cibles d'exploration minérale à l'échelle régionale. WorldView-3 est un capteur doté de 17 bandes multispectrales et d'une bande panchromatique à 31 cm de résolution. Huit bandes sont situées dans le visible et le proche infrarouge, alors que les huit autres bandes sont situées dans l'infrarouge à ondes courtes (IRCL), avec une résolution spatiale de 1,2 et de 3,7 m respectivement. Depuis le lancement du satellite WorldView-3, la réglementation en vigueur aux États-Unis limite la résolution spatiale du capteur IRCL à 7,5 m.

SÉANCE 6

La télédétection hyperspectrale aéroportée comme outil d'exploration en territoire nordique

BENOIT RIVARD (UNIVERSITY OF ALBERTA) ET DEREK ROGGE (GERMAN REMOTE SENSING DATA CENTER)

L'imagerie hyperspectrale est une voie prometteuse pour faciliter la cartographie géologique en région subarctique. Cette présentation se concentre sur l'utilisation de données hyperspectrales aéroportées acquises par le capteur AISA et sur des données satellites simulées ENMAP (2 m et 30 m de résolution spatiale respectivement), afin de démontrer la capacité de ces données à produire des cartes minérales détaillées d'assemblages ultramafiques associés à des dépôts de Ni-Cu-(EGP), et ce, en présence d'une couverture de lichen. Un total de vingt lignes de vol AISA a été acquis en 2008 sur une partie de la Ceinture protérozoïque de Cape Smith (Nunavik, Canada). Les données ont été nivelées radiométriquement et intégrées dans une seule mosaïque couvrant une région d'environ 10 km sur 20 km. Cette mosaïque a ensuite été utilisée pour simuler une image du prochain satellite hyperspectral EnMAP.

Un outil d'extraction des éléments extrêmes a été utilisé sur les deux blocs de données AISA et EnMAP simulées, en vue de reconnaître les spectres représentatifs des différentes unités lithologiques. Les signatures spectrales identifiées sur les images ont ensuite été comparées avec des mesures spectrales prises à partir d'échantillons de terrain, afin d'établir les indicateurs minéraux spécifiques aux lithologies discriminées sur les images. Les éléments extrêmes (endmembers) ainsi dérivés ont été utilisés pour cartographier les différents assemblages lithologiques. Les résultats indiquent que les données aéroportées, comme prévu, permettent une cartographie plus précise par rapport aux données EnMAP simulées. Cependant, les résultats montrent que même à une résolution spatiale de 30 m, les données EnMAP offrent de bonnes capacités de discrimination lithologique à de plus petites échelles. Avec le lancement prochain du satellite hyperspectral EnMAP, on devrait être en mesure de poursuivre la cartographie de reconnaissance sur des terrains mafiques-ultramafiques en région subarctique.

SÉANCE 6

Imagerie satellite à haute résolution en support aux opérations minières : point de vue d'un utilisateur

MARC DESCHÊNES (LAFARGE)

Avec plus de 500 sites actifs, le suivi des opérations de carrières chez Lafarge représente un défi constant. Ces sites sont généralement de petites tailles comparativement aux mines métalliques et, par conséquent, ont un personnel et des moyens limités. Le suivi topographique régulier n'est pas systématique. Un levé topographique annuel ou semestriel est le moyen privilégié pour suivre la progression des fronts et la cohérence avec le plan d'exploitation. La méthode la plus fréquemment utilisée est la photogrammétrie aérienne, cependant cette approche peut être très coûteuse, voire prohibée dans certains pays émergents. Le développement de l'imagerie satellite à haute résolution permet une approche globale avec des coûts réduits, en s'affranchissant des contraintes locales. Depuis 10 ans, cette méthode a permis de réaliser de nombreuses topographies. La précision, de l'ordre du mètre, s'est avérée suffisante pour les besoins du suivi de l'exploitation. Lorsque plus de précision était nécessaire, comme pour le suivi géochimique, des levés de terrain étaient effectués. Les délais d'acquisition dans certaines régions dus à la couverture nuageuse sont contraignants et représentent parfois un inconvénient. Le faible coût des levés relativement à la surface permet d'élargir la zone couverte, ce qui en fait un support idéal pour la planification et le suivi de la réhabilitation ainsi que pour les campagnes d'exploration. Dans certains cas, l'utilisation de diverses fréquences spectrales a permis de suivre la progression de la revégétalisation et même d'en évaluer la santé. De plus, les images obtenues représentent un vecteur intéressant pour la communication externe.

Les prix très concurrentiels des drones, la résolution plus fine et l'abstraction des problèmes de couverture nuageuse offrent une alternative à la technologie de l'imagerie satellite. L'évolution du mode d'exploitation des carrières réclamera de plus en plus des mises à jour fréquentes avec l'intégration et l'automatisation croissante des équipements. Qu'elle soit embarquée sur satellite, sur drone ou fixe au sol, la technologie qui permettra un suivi à haute fréquence précis à faible coût et avec un minimum d'intervention humaine sera toujours privilégiée.

SÉANCE 6

Caractéristiques des drones et potentiel d'applications dans le secteur minier

YACINE BOUROUBI ET MICHEL RHEAULT
(EFFIGIS GÉO-SOLUTIONS)

La télédétection a commencé avec les ballons à air chaud, évolué vers l'utilisation de plateformes aéroportées puis spatiales et revient pour ainsi dire sur Terre avec le développement récent des drones qui connaissent une popularité croissante pour les applications civiles. Les drones sont des véhicules aériens sans pilote, télécommandés manuellement ou automatiquement grâce à un GPS précis à leur bord. Dans la catégorie des « mini-drones », plusieurs types sont utilisés actuellement : les parapentes, les avions à ailes fixes et les hélicoptères à une ou plusieurs hélices. Leur autonomie peut varier de 20 à 120 minutes, selon le type de véhicule et de charge. Les vitesses de vol peuvent dépasser les 70 km/h et les distances de contrôle, atteindre une dizaine de kilomètres. Selon les altitudes de vol, les images numériques sont captées avec des résolutions spatiales centimétriques ou décimétriques. La couverture est souvent effectuée par un balayage du site et une mosaïque automatique des images localisées grâce au GPS à bord. Les constructeurs de capteurs embarqués sur ces drones se sont adaptés aux limites de charge, en offrant des caméras multispectrales, thermiques et même hyperspectrales de plus en plus légères.

La télédétection est utilisée pour les besoins du domaine minier depuis le début du vingtième siècle, grâce à l'avènement de la photographie aérienne. Elle fournit de l'information spatiale et spectrale capitale à toutes les étapes d'un projet minier. Lors de la phase d'exploration, les images satellites et les MNT qui peuvent en être dérivés sont utilisés afin d'étudier la géomorphologie du site ainsi que le cadre minéral et structural. Au cours de la phase d'exploitation, la télédétection permet de réaliser les cartes d'occupation du territoire et de dépôts de surface, utilisées pour mieux planifier l'implantation d'infrastructures ou l'entreposage des résidus et supporter les études d'impacts environnementaux. À la phase de fermeture et de réhabilitation, la télédétection est utilisée pour le suivi de l'état général du site, de la stabilité des zones restaurées et de la revégétalisation. Pour certains besoins, les drones peuvent offrir des avantages liés au gain en résolution spatiale, à la logistique de déploiement et à l'utilisation par ciel couvert.

SÉANCE 6

La topographie minière et le drone : un mariage de raison

MARCEL LABERGE (GEOMATECH)

De la réglementation aérienne aux relevés topographiques de précision, cette conférence vous informera sur les méthodes d'acquisition et d'exploitation d'imagerie aérienne aéroportée à l'aide des drones.

Quels sont les bénéfices d'acquisition d'imagerie aérienne par les technologies du drone dans le domaine minier? Est-ce un rêve ou une réalité? Les levés topographiques à partir de cette technologie d'acquisition sont-ils possibles, réalistes et précis? Comment se développe la réglementation aérienne adaptée à ces nouveaux outils d'acquisition?

SÉANCE 7

Mines et développement durable, comment aborder la quadrature du cercle?

CLAUDE VILLENEUVE, OLIVIER RIFFON ET DAVID TREMBLAY (UQAC)

Est-il possible de qualifier de « durable » une activité qui exploite des ressources non renouvelables? La conciliation entre le développement de l'industrie minière et les exigences du développement durable représente un grand défi.

En effet, la consommation toujours accrue d'une population en expansion dans une économie mondialisée exerce une pression grandissante sur les ressources, le territoire et l'énergie, et souvent au détriment des populations locales. Or, dans les choix de développement minier, l'indicateur économique demeure le principal facteur justifiant l'exploitation d'un gisement.

La prépondérance de la dimension économique, au détriment d'autres indicateurs clés, est à l'origine de différentes controverses socio-environnementales qui ont nui à cette industrie au cours des dernières décennies, conduisant à une plus grande mobilisation de l'ensemble des parties prenantes, voire à une opposition grandissante au développement minier en général.

Dans ce domaine, nous constatons effectivement certaines insuffisances en matière d'opérationnalisation du concept de développement durable. Les enjeux du développement durable liés à l'industrie minière se révèlent complexes et nous croyons qu'il importe d'aborder cette problématique à deux niveaux de gestion, soit au niveau de la gestion organisationnelle (stratégie planificatrice) et au niveau de la gestion des projets miniers (stratégie pragmatique).

Au niveau organisationnel, une stratégie planificatrice du développement durable devrait permettre à une entreprise d'instaurer une vision globale, multidimensionnelle et à long terme de son développement et d'utiliser des outils pertinents et adaptés afin d'encadrer cette démarche dans un processus d'amélioration continue. Des systèmes de gestion du développement durable permettent de prendre en compte l'ensemble des considérations économiques, sociales, écologiques et éthiques dans les processus de gestion et de gouvernance en vue d'analyser cette complexité.

Au niveau des projets, une stratégie pragmatique du développement durable suppose de répondre à des problématiques soulevées par des projets miniers, en fonction de leur contexte territorial et des enjeux soulevés par une ou des parties prenantes.

Les entreprises minières, en fonction de leur contexte d'implantation, font face à différentes contraintes, mais aussi à des opportunités pour appliquer les principes du développement durable. Comme il existe de nombreux outils de développement durable, il importe que ces entreprises réfléchissent sur leur approche et leur finalité afin de choisir les bons outils (typologie du développement durable, grilles d'analyse, RSE, etc.). Cette présentation utilisera des exemples d'outils et des applications concrètes pour illustrer ces propos et souligner les limites, les difficultés et les éléments porteurs pour les deux stratégies, et cela, en lien avec l'industrie minière.

SÉANCE 7

Le développement responsable de l'industrie minière au Québec : une perspective cycle de vie

EDOUARD CLÉMENT (QUANTIS CANADA)
ET JEAN-MICHEL COUTURE (GROUPE AGÉCO)

Dans un environnement d'affaires en évolution, l'industrie minière fait face à de nombreux nouveaux défis, tels que l'acceptabilité sociale des projets, les attentes du public et des gouvernements pour des produits et pratiques d'affaires plus respectueux de l'environnement, la hausse des coûts de l'énergie et une demande accrue pour une reddition de compte transparente. Les entreprises voulant anticiper les risques reliés à ce contexte et continuer à évoluer de façon rentable gagneront à ajuster leurs opérations en adoptant le développement durable comme modus operandi.

Cette conférence présentera les résultats de l'étude réalisée pour l'Association minière du Québec (AMQ) portant sur les enjeux du développement durable spécifiques au secteur minier québécois ainsi que sur l'identification des meilleures pratiques visant à améliorer le positionnement de ce secteur. Préalablement à l'élaboration de son plan d'action en développement durable, l'AMQ a souhaité établir un portrait de la situation initiale du secteur et de ses membres. L'ensemble du projet a été réalisé en adoptant une approche « cycle de vie », qui permet en fait d'appréhender les enjeux du développement durable selon une perspective globale (c'est-à-dire en prenant en compte l'ensemble de la chaîne de valeur, de l'extraction des matières premières, en passant par la fabrication, le transport, l'utilisation et la fin de vie) et selon une vision multi-indicateurs environnementaux et sociaux (émissions de GES, eau, déchets, conditions de travail, santé et sécurité, engagement communautaire, etc.). Le cadre de détermination des enjeux prioritaires du développement durable de même que les constats de l'analyse seront tout d'abord présentés. Suivra un survol des meilleures pratiques et des référentiels et initiatives supportant la gestion du développement durable dans le secteur minier. Finalement, le positionnement sommaire des membres de l'AMQ en matière d'adoption des meilleures pratiques ainsi que les recommandations stratégiques pour le développement d'une industrie minière responsable au Québec seront présentés.

SÉANCE 7

Arianne Phosphate : le développement d'une mine au Saguenay-Lac-Saint-Jean

JEAN-SÉBASTIEN DAVID (ARIANNE PHOSPHATE)

Le développement du Saguenay-Lac-Saint-Jean est en grande partie attribuable à l'industrie de la forêt et à celle de l'aluminium. Depuis quelques années, ces secteurs font toutefois face à une baisse significative du nombre d'emplois offerts. La région, qui est reconnue tant pour son dynamisme que pour la qualité de sa main-d'œuvre, tente de diversifier son économie.

Parallèlement aux défis que se donne la région, la planète voit sa population augmenter d'année en année. Les changements de régime alimentaire combinés à la croissance de la population mondiale l'amènent à se questionner sur ses ressources disponibles pour l'alimentation et sur la qualité de celles-ci. Avec des ressources de grande qualité pour au moins 26 ans, le projet Lac à Paul d'Arianne Phosphate fait partie de la solution, puisqu'il pourrait notamment être une source d'approvisionnement à long terme pour le marché nord-américain.

En contribuant à nourrir le monde, Arianne Phosphate deviendra également un moteur économique important pour tout le Saguenay-Lac-Saint-Jean. Voilà donc un projet porteur d'avenir.

Pour ce faire, la société doit relever les défis majeurs auxquels font face de nombreuses sociétés minières. Parmi ceux-ci, la mise en valeur d'un projet minier dans une région qualifiée de région non minière, la compréhension et l'acceptation des défis techniques reliés au transport du produit fini, la gestion des ressources humaines et le processus d'autorisation. En plus de l'acceptabilité sociale, Arianne Phosphate doit également attirer des partenaires stratégiques et trouver les capitaux requis afin de rendre possible la réalisation de son projet.

Le projet Lac à Paul, c'est nourrir le futur d'une région, et du monde.

SÉANCE 7

Construire un comité de suivi dans un milieu social en transformation

MICHEL GILBERT ET SYLVIANE LEGAULT
(COMITÉ DE SUIVI D'OSISKO)

La nouvelle Loi sur les Mines qui vient d'être adoptée au Québec exige de mettre sur pied un comité de suivi, et ce, pour la majorité des projets miniers. Actuellement, le gouvernement se questionne sur les détails relatifs à ces comités qui seront déterminés par règlement.

Les comités de suivi ne devraient-ils pas être construits à l'image de leur milieu?

La quête de l'acceptabilité sociale par les entreprises comme objectif à atteindre est louable, mais utopique, au sens où cette acceptabilité sociale ne peut jamais être considérée comme acquise. L'acceptabilité sociale repose sur la perception des risques et sur les attentes du milieu et de la société face à un projet minier. Le milieu d'accueil s'inscrit dans une société où d'autres groupes sociaux exercent une influence sur la perception des risques et des attentes. Ces perceptions se transforment inévitablement à travers le temps, selon les informations transmises et les expériences vécues.

Comment développer un projet minier dans ce contexte social?

L'émergence des comités de suivi s'inscrit dans un mode de gestion élargie ou intégrée incluant une participation plus grande des populations locales et régionales dans le développement et la mise en valeur de leur territoire. La connaissance d'un milieu permet notamment de percevoir si une mobilisation citoyenne est amorcée et le discours qui l'anime.

Pour ces raisons, nous pensons qu'il n'existe aucune règle pouvant s'appliquer uniformément à tous les comités de suivi.

À Malartic, différents regroupements citoyens ont vu le jour avant même l'octroi du bail minier et la tenue des consultations par le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement.

Dans ce contexte, comment construire un comité de suivi à Malartic?

Quelle place peut-il occuper?

La construction d'un comité de suivi fonctionnel, à la fois utile et légitime aux yeux de la communauté, devait se faire dans le respect des comités existants. Nous avons choisi d'être l'agent de liaison entre la société minière et la communauté, à travers un dialogue constant permettant de saisir la perception des risques et des attentes de chacun.

Pour travailler efficacement au sein du comité, il faut d'abord reconnaître une connaissance du milieu et une capacité d'action propre aux citoyens, puis la soutenir d'une expertise. Un comité de suivi devient alors un dispositif d'apprentissage des savoirs de ses membres.

SÉANCE 7

L'indice de risque social : un nouvel outil d'évaluation des projets miniers accessible à toutes les parties prenantes

KRISTINA MAUD BERGERON ET MICHEL JÉBRAC
(UQAT-UQAM)

Lorsqu'un projet minier prend forme, peut-on anticiper les réactions qu'il provoquera dans les communautés locales avoisinantes? Peut-on savoir si une entreprise minière saura recevoir profitablement les suggestions et requêtes des résidents et des autorités locales? Quels éléments attirent davantage l'attention et la contestation dans un projet minier en phase d'exploration? En se basant sur ces questions, une équipe multidisciplinaire a été mise en place pour identifier les facteurs influençant le plus la relation entre les communautés et les entrepreneurs miniers au cours du développement d'un projet. Il s'agit d'une relation plus complexe que ne le laisse entendre l'expression « acceptabilité sociale », souvent utilisée au cours des dernières années, mais encore mal conceptualisée.

À partir de la synthèse des facteurs identifiés, l'équipe a développé un outil d'évaluation pratique pour les entrepreneurs miniers, les investisseurs, les communautés et toutes autres parties prenantes concernées par le développement minier au Québec. Combinant des aspects objectifs et subjectifs de même que des caractéristiques sociales, physiques, communicationnelles et de gestion, cet outil permet d'identifier les points sur lesquels les différents acteurs partagent un point de vue et ceux pour lesquels leurs perspectives diffèrent. Il se veut aussi une invitation au dialogue entre les différentes parties prenantes d'un projet en phase d'exploration.

Bénéficiant de l'apport de multiples disciplines (géologie, science politique, sociologie, économie, communication, gestion de projet, anthropologie et sciences de la gestion), l'indice de risque social des projets miniers au Québec propose une approche concrète et pragmatique d'un enjeu incontournable pour le monde minier.

La présentation fera le point sur les différentes étapes ayant mené à la création de l'indice du risque social, sur les défis rencontrés par l'équipe lors de son développement et sur les possibilités d'étendre son application à d'autres territoires.

SÉANCE 8

Mine Lapa – pratiques de contrôle de terrain dans des conditions de convergence

FRÉDÉRIC MERCIER-LANGEVIN ET DEVIN WILSON
(MINES AGNICO EAGLE)

Plusieurs mines souterraines doivent fonctionner dans des conditions de terrain dites « convergentes ». Dépendamment de la sévérité du phénomène, des investissements considérables en support de terrain peuvent être nécessaires afin de maintenir l'intégrité des tunnels ayant subi leur effet. Dans les pires cas, de telles conditions peuvent nécessiter des activités de réhabilitation majeures, lesquelles sont susceptibles d'entraver la production. Afin de minimiser les conséquences néfastes de ce phénomène sur l'exploitation, il est primordial d'avoir une bonne compréhension de la masse rocheuse et des mécanismes en jeu afin de développer un système de soutènement. Les conditions de sécurité et d'exploitation de ce dernier seront adéquates pour toute la vie de l'excavation, et ce, au coût le plus faible.

La mine Lapa d'Agnico Eagle en Abitibi fonctionne dans des conditions de convergence extrêmes. Un mécanisme de rupture en accord avec les observations sur le terrain est proposé. La stratégie de soutènement qui en résulte et sa performance sur le terrain seront présentées.

SÉANCE 8

Revue des coups de terrain pour améliorer l'efficacité du support de terrain à la mine LaRonde

PASCAL TURCOTTE (MINES AGNICO EAGLE)

La mine LaRonde est localisée dans la région de l'Abitibi, dans le nord-ouest du Québec, à environ 650 km de Montréal. Mines Agnico Eagle exploite ce gisement de classe mondiale en Au-Ag-Cu-Zn sous forme d'un complexe de lentilles de sulfures massifs. Avec plus de quatre millions d'onces d'or en réserves prouvées et probables, la mine LaRonde est l'un des plus importants gisements d'or en exploitation au Canada. Ces réserves s'étendent de la surface jusqu'à 3,1 km et le gisement demeure ouvert en profondeur. La production est de 6 300 tonnes par jour, incluant l'exploitation d'un nouvel horizon à 2 930 m sous la surface depuis 2013.

La sismicité est enregistrée à la mine LaRonde depuis 2004. Certains événements sismiques passés ont provoqué des dommages aux infrastructures. Cette présentation fait état d'une revue critique des événements sismiques ayant causé des dommages. Elle décrit les observations et l'intégration de ces informations pour adapter le design du support de terrain à la mine. Cette revue a permis une meilleure évaluation du risque sismique pour des excavations souterraines et, par le fait même, une approche proactive de la mise à jour du support de terrain, avant que des événements sismiques considérables ne surviennent.

SÉANCE 8

Modèle des pressions de terrain adjacentes à la Faille de Cadillac (en postulant la stabilité marginale de la masse rocheuse à grande échelle et à grande profondeur)

DENIS LABRIE (CANMETMINES) ET STEVE D. MCKINNON (QUEEN'S UNIVERSITY)

Des pressions de terrain in situ ont été mesurées au voisinage de la Faille de Cadillac, dans la région de Cadillac, au Québec (Canada). La profondeur des quatre sites de mesure varie entre 1 450 et 2 200 m. Les mesures effectuées aux profondeurs intermédiaires, p. ex. à 1 460 et à 1 500 m de profondeur, sont généralement conformes aux niveaux de contrainte attendus à ces profondeurs. Quant aux niveaux de contrainte déterminés à plus grande profondeur, autour de 2 200 m, ils étaient non seulement plus faibles que ceux obtenus aux profondeurs intermédiaires, mais aussi inférieurs aux valeurs espérées. L'analyse générale des mesures de pression effectuées au voisinage de la Faille de Cadillac montre que les caractéristiques des tenseurs de contrainte déterminés près de celle-ci diffèrent de celles d'autres régions de l'Est du Canada. En postulant un état de stabilité marginal de la masse rocheuse à grande échelle et à grande profondeur, une méthode d'analyse des données de mesure de pression a été développée. L'analyse constitue une méthode rationnelle pour expliquer les faibles niveaux de contrainte déterminés au voisinage de la Faille de Cadillac à grande profondeur ainsi que les changements observés quant à leurs orientations principales.

SÉANCE 8

Les essais d'impact sur les boulons d'ancrage : résultats et interprétation

FRANÇOIS CHARETTE (NORMET CANADA)

La présentation portera sur les essais d'impacts effectués sur les boulons d'ancrage. Ces essais sont utilisés pour évaluer le potentiel d'absorption dynamique des boulons en vue de leur utilisation en conditions de coups de terrain. Plusieurs types de boulons d'ancrage seront comparés selon l'énergie d'impact et le nombre d'impacts ainsi que selon leur mécanisme de dissipation d'énergie spécifique. La discussion mettra en relation les résultats des essais dynamiques et leur applicabilité pour satisfaire à la demande énergétique liée aux différents modes de rupture observés lors d'événements dynamiques dans les mines souterraines en roches dures et fragiles. L'importance de la compatibilité entre le boulon et les accessoires utilisés sera aussi discutée.

SÉANCE 8

Utilisation du remblai en pâte à la mine Goldex

CHANTALE DOUCET (MINES AGNICO EAGLE)

La mine Goldex a redémarré ses opérations en septembre 2013 avec l'exploitation des zones M et E. Ces zones sont exploitées dans des chantiers selon la méthode d'abattage par longs trous en séquence primaire et secondaire avec remblayage en pâte. La mise en service de l'usine de remblai était une condition essentielle au début des opérations de la mine.

La présentation portera sur le design original du remblai en pâte (teneur en liant, barricades et séquence de remblayage) et son optimisation depuis le début des opérations qui a entraîné des économies substantielles pour la mine.

SÉANCE 8

Gestion des anciennes ouvertures souterraines dans une mine à ciel ouvert

PATRICK FRENETTE (MINE CANADIAN MALARTIC)

La mine Canadian Malartic, la plus importante mine d'or au Canada, est aussi l'une des premières mines à ciel ouvert d'importance le long de la faille de Cadillac, en Abitibi, puisque les gisements ont été historiquement exploités de façon souterraine dans cette région. Avec l'avènement de connaissances et de technologies nouvelles, des gisements à plus faibles teneurs peuvent maintenant être exploités par fosse, y compris certains gisements ayant été exploités en souterrain et où d'importantes ressources ont été laissées en place en raison de leur trop faible teneur. C'est le cas de la mine Canadian Malartic où quatre mines souterraines exploitées entre 1935 et 1983 se trouvent dans ce qui est aujourd'hui l'emprise de la fosse. La présence de ces excavations pose d'importants problèmes de sécurité, surtout si une gestion efficace de celles-ci n'est pas effectuée. Il est de ce fait primordial de connaître l'emplacement et la stabilité de ces excavations. Dans le cas de la mine Canadian Malartic, les plans d'archives des anciennes mines étaient disponibles, ce qui a permis une première analyse. Cependant, l'exhaustivité et la précision de ces plans ainsi que l'évolution de la stabilité au fil des ans ne permettent pas de s'y fier aveuglément. Des investigations sur le terrain ont permis de bien délimiter les secteurs à risque et une gestion des accès près de ces secteurs a été mise en place pour assurer la sécurité du personnel. Cette présentation détaillera les outils mis en place et leur évolution depuis le début de l'exploitation de la fosse.

SÉANCE 8

Suivi LIDAR et rétro-analyse d'un glissement actif : le cas de la mine de LAB Chrysotile

MARTIN GRENON ET PHILIPPE CAUDAL
(UNIVERSITÉ LAVAL)

Cette présentation traite de l'analyse du glissement actif sur le mur Est de la mine de LAB Chrysotile au Québec. Ce glissement a eu des conséquences importantes sur les infrastructures routières à proximité de la fosse, entraînant la fermeture de la route 112 et son déplacement. Un suivi LIDAR a permis d'obtenir une série de modèles numériques de terrain (MNT) de la pente de l'exploitation avant et après la rupture du mur Est. Ces MNT ont été utilisés pour reconstituer et quantifier les volumes déplacés. Ils ont également été utilisés pour la rétro-analyse du glissement. Finalement, ces profils ont été repris pour réaliser une analyse prospective préliminaire de l'impact du rehaussement de la nappe sur la stabilité du mur Est.

SÉANCE 9

Signatures géophysiques des systèmes minéralisateurs : notre compréhension actuelle

KEN WITHERLY (CONDOR CONSULTING)

L'exploration minière est le principal moyen de découvrir de nouvelles ressources minérales. Après la fin de la Seconde Guerre mondiale, le monde a connu un boom économique qui a nécessité la découverte et l'exploitation de nombreux nouveaux gisements afin de fournir les matières premières requises pour répondre à la demande. De façon générale, les gisements peu profonds, et faciles à définir, ont été les premiers à être reconnus et développés. Au cours des vingt dernières années, le taux de découverte dans pratiquement tous les secteurs de l'industrie minière a chuté, générant une inquiétude collective à l'effet que si rien n'était fait, il pourrait y avoir des pénuries de plusieurs substances au cours des vingt prochaines années. La croyance collective est qu'il reste des gisements à découvrir, mais qu'ils sont à de plus grandes profondeurs que ceux habituellement ciblés par le passé. Pour être fonctionnel dans ce contexte, de nouvelles approches sont nécessaires en vue de permettre la découverte de ces gisements. Le concept d'une approche visant les systèmes minéralisateurs suggérée il y a vingt ans est apparu comme étant un moyen efficace pour aller de l'avant dans l'élaboration de nouvelles stratégies et le développement de nouvelles capacités. En termes d'exploration géophysique, le plus grand changement requis est une transition entre le processus actuel qui mise presque entièrement sur le ciblage direct, avec des levés géophysiques des gisements, vers un processus par étapes où les approches géophysiques sont d'abord utilisées pour aider à définir les trajectoires de circulation des solutions minéralisées dans la Terre qui ont contribué à la formation des gisements ciblés. Ces trajectoires offriraient une cible beaucoup plus large. Une fois détectées et cartographiées, elles devraient permettre aux géologues d'exploration de les suivre afin de découvrir l'emplacement de gisements potentiels.

Cette tâche diffère de la plupart des études géophysiques. En effet, l'accent est le plus souvent mis sur l'amélioration des capacités de ciblage direct plutôt que sur une problématique de cartographie à plus grande échelle, comme l'approche visant les systèmes minéralisateurs l'exige. Un survol des façons de faire actuelles pour plusieurs grands types de gisement illustrera comment les données géophysiques sont présentement utilisées en exploration dans le cadre d'une problématique de cartographie à plus grande échelle. Le bilan global est encourageant, mais il reste des défis majeurs à relever, mis à part les enjeux techniques associés à la définition d'une stratégie visant les systèmes minéralisateurs, qui relèvent principalement des ressources humaines et du milieu commercial. En ce qui a trait au problème des ressources humaines, y aura-t-il suffisamment de personnes compétentes en mesure de développer et de mettre en œuvre les programmes requis? Les universités jouent un rôle essentiel dans la production de nouveaux géoscientifiques, mais l'industrie doit prendre la responsabilité de former et d'offrir un mentorat à ces personnes pour qu'elles puissent devenir des professionnels fonctionnels. Dans le milieu commercial, il y a présentement peu d'intérêt pour les programmes stratégiques à long terme, que ce soit le soutien fiscal nécessaire ou l'engagement requis pour entreprendre la mise en œuvre des produits résultants. Bien qu'il soit probable que les gouvernements ressentent un plus grand sentiment d'urgence face à ce problème, il pourrait être difficile d'aborder et de résoudre cet enjeu complexe de façon unilatérale.

SÉANCE 9

Exploration des gisements de type Ni-Cu magmatique : forces et limites des levés Mag et EM

CIRCÉ MALO-LALANDE ET CLÉMENT DOMBROWSKI
(ANGLO AMERICAN EXPLORATION CANADA)

Certains gisements de type Ni-Cu magmatique consistent en une série de lentilles minéralisées qui se sont déposées à la base (footwall) d'un horizon de roches ultramafiques. Dans certains cas, ce dernier repose sur une bande de roches sédimentaires plus ou moins riches en graphite. Le cas présenté ici est celui du projet Payne Bay, au Nunavik. Les travaux antérieurs ont permis de découvrir plusieurs indices minéralisés à l'intérieur de la bande de roches ultramafiques du secteur de Qarqasiaq, avec des teneurs en nickel variant de 2,1 à 6,5 %. En 2010, Anglo American, en partenariat avec Mines Virginia, a effectué un levé magnétique aéroporté à haute résolution. Ce levé a été réalisé non seulement en support à la cartographie, mais aussi afin de délimiter adéquatement l'horizon ultramafique. Au cours des deux années suivantes, des levés TDEM au sol ont été réalisés au-dessus de l'horizon ultramafique, dans le but de détecter des corps conducteurs pouvant être associés à des lentilles de sulfures massifs. Les levés sur la propriété sont problématiques en raison du contexte géologique, puisque les zones minéralisées reposent sur des sédiments graphitiques qui génèrent également une réponse électromagnétique. Le défi consiste de ce fait à repérer un conducteur discret (sulfures massifs) situé à l'interface entre les roches ultramafiques et sédimentaires (conducteur formationnel).

Afin de déterminer des cibles de forage, les résultats magnétiques ont été inversés pour générer une image 3D de la susceptibilité magnétique qui a servi à interpréter le volume et la géométrie de l'horizon ultramafique. En l'absence de données de forage, l'inversion a été effectuée sans contrainte initiale. Par contre, des valeurs de susceptibilité ont été recueillies sur les affleurements en vue de les corrélérer aux résultats. Les anomalies TDEM définies lors des levés en surface ont été modélisées afin d'établir la géométrie des sédiments et des zones minéralisées potentielles sur carte. Le modèle combiné 3D a permis d'identifier des conducteurs discrets localisés à la base de l'enveloppe magnétique qui coïncident avec les zones minéralisées en surface.

Les résultats de la campagne de forage 2013 ont mis en lumière les forces et faiblesses de l'inversion magnétique et de la modélisation numérique des anomalies TEM.

SÉANCE 9

L'importance d'intégrer la géophysique et la géologie pour avoir du succès en exploration : l'exemple de la mine Raglan

MATHIEU LANDRY (GLENCCORE)

Les méthodes géophysiques jouent un rôle important dans le cadre des stratégies d'exploration, et ce, mondialement. Il y a en effet un lien fondamental entre la géophysique et la géologie. L'importance de bien identifier les propriétés physiques des roches qui composent le terrain investigué est primordiale. L'addition de données géophysiques peut permettre de raffiner les modèles géologiques et même de considérer de nouvelles alternatives. Pour ce faire, un processus d'intégration des différentes sources de données est essentiel. Considérant la conductivité relativement élevée du minerai d'intérêt économique à la mine Raglan, lequel est constitué de sulfures de nickel, les techniques électromagnétiques sont privilégiées comme méthode de détection directe de ces amas sulfureux très localisés. Le plein développement d'un terrain d'exploration requiert aussi que le géologue d'exploration examine toutes les sources de données afin de développer des modèles géologiques holistiques qui expliquent l'ensemble de ces données, dans le but d'obtenir des programmes d'exploration viables. Prenons l'exemple du magnétisme. Ce dernier a non seulement permis de bien délimiter les formations mères ultramafiques des dépôts à la mine Raglan, mais a aussi été utilisé pour mieux comprendre le potentiel global de ce camp minier. À mesure que l'exploration progresse en profondeur à la mine Raglan, la contextualisation des nouvelles données, comme celles provenant des levés audiomagnétotelluriques, doit se faire en considérant les données géologiques et géophysiques existantes. Avec une approche créative, mais fiable, qui respecte l'ensemble des données géologiques et géophysiques, le géologue d'exploration augmente ses chances de succès et ses interprétations, de par leur clarté, guideront le forage d'exploration.

SÉANCE 9

Intégration et interprétation des données géophysiques à l'aide de la géologie structurale : le cas du gisement de sulfures massifs volcanogènes de Lalor à Snow Lake, Canada

PEJMAN SHAMSIPOUR, ERNST SCHETSelaar
ET GILLES BELLEFLEUR (CGC-O)

La modélisation de la sous-surface nécessite l'intégration de différentes sources d'information en un seul modèle. Deux principaux problèmes sont inhérents à cette modélisation. Premièrement, il y a un problème d'échelle lorsque la taille du voxel (élément de volume) du modèle diffère de l'échelle des renseignements provenant d'autres sources de données. Deuxièmement, l'intégration de données géologiques existantes dans des modèles d'inversion est une tâche difficile.

De façon générale, l'intégration de différentes sources d'information dans un modèle final nécessite une solution itérative pour un problème inverse mal posé. Dans les approches stochastiques, des solutions d'échantillonnage ont été introduites. Toutefois, l'application de telles méthodes est exigeante au niveau des calculs que cela nécessite.

Dans cette présentation, deux exemples seront abordés pour démontrer comment les contraintes géologiques connues peuvent favoriser l'interprétation des données géophysiques. Dans le premier exemple, nous démontrons comment l'intégration de données géologiques existantes dans des méthodes d'inversion peut, avec efficacité, réduire l'ambiguïté et améliorer les résultats de l'inversion. Dans la plupart des applications d'inversion, les problèmes sont sous-déterminés et ont des solutions non uniques, c'est-à-dire qu'il existe un nombre infini de modèles qui pourraient reproduire les observations géophysiques. Le but de toute méthode d'inversion bien fondée est d'arriver à un modèle qui cadre adéquatement avec toutes les données géophysiques, pétrophysiques et géologiques disponibles.

Nous présentons une nouvelle méthode qui intègre des contraintes quant à l'orientation structurale dans la méthode d'inversion linéaire au moyen d'un cadre stochastique. La méthode tient compte des interfaces géologiques connues et des données d'orientation en plan comme la stratification estimée d'après des levés sismiques ou des données de forage. La méthode est appliquée à l'inversion des données gravimétriques recueillies au-dessus du gisement de sulfures massifs volcanogènes de Lalor près de Snow Lake, dans le centre du Manitoba (Canada).

Dans le deuxième exemple, nous démontrons comment les données lithogéochimiques peuvent aider à l'interprétation géologique des données gravimétriques en sondage récemment acquises dans le camp minier de Lalor. Des diagrammes de densité apparente ont été calculées à partir des données gravimétriques en sondage et comparées aux diagrammes des lithofaciès et des ratios Zr/TiO_2 , ce dernier étant un indice géochimique permettant de différencier les roches volcaniques de composition felsique à mafique. Les anomalies de densité apparente reflètent principalement l'alternance des unités de volcanites mafiques et felsiques dans les épontes supérieure et inférieure du gisement de sulfures massifs. Lorsqu'elles sont intégrées avec des données géologiques auxiliaires, les données gravimétriques en sondage peuvent, en plus de détecter directement la minéralisation, être employées comme outil de cartographie géologique en sous-surface.

SÉANCE 9

Intégration de la géophysique aéroportée avec l'imagerie Landsat TM et de la géologie pour évaluer le potentiel minier du Bassin des Iullemeden, au Niger

NASREDDINE BOURNAS, JEAN LEGAULT (GEOTECH),
DJIBO-MAÏGA ABDOUL-WAHAB (MINISTÈRE DES MINES
ET DU DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL DU NIGER),
KARL KWAN, MARTA ORTA, GEOFF PLASTOW,
ALEX PRIKHODKO, SHAOLIN LU ET KEEME MOKUBUNG
(GEOTECH)

Des levés géophysiques aéroportés comprenant la gradiométrie magnétique et la spectrométrie gamma avec un système à voilure-fixe ainsi que des levés électromagnétiques par hélicoptère avec le système VTEM ont été entrepris dans le Bassin des Iullemeden, au Niger occidental, en vue de l'exploration minière et de la cartographie géologique. La partie orientale du bassin est reconnue pour ses importants gisements de phosphate, de charbon à lignite et de minerai de fer alors que la partie ouest, qui appartient à la Province métallogénique du Liptako, contient plusieurs indices, incluant des minéralisations de métaux de base, de métaux précieux ou de métaux spéciaux, de styles et types variables.

Les données géophysiques ont été intégrées aux autres informations disponibles, incluant l'imagerie Landsat ETM ainsi que les données géologiques, en utilisant une approche innovatrice basée sur les réseaux de neurones (RN) et la méthode de classification supervisée par la méthode du maximum de vraisemblance rehaussée (MVR). La combinaison de ces deux techniques s'est avérée très utile durant l'analyse des données multidisciplinaires, permettant une meilleure compréhension de la distribution des minéralisations. Ces résultats ont été utilisés pour mieux cibler et pour sélectionner de nouveaux sites d'exploration pour les différentes minéralisations dans la région d'étude.

Les résultats de l'interprétation des données gamma-spectrométriques, aéromagnétiques et Landsat TM et leur intégration avec la géologie connue suggèrent l'existence de trois domaines métallogéniques dans la région du levé. Les deux premiers domaines sont associés aux sédiments tertiaires du bassin des Iullemeden et contiennent des indices de minéralisation en uranium et en thorium. Le troisième domaine est associé à des intrusions et des formations métavolcaniques et métasédimentaires qui forment le socle d'âge birimien du Liptako. Celui-ci affleure partiellement sur la rive est du fleuve Niger et contient de nombreuses zones à minéralisation polymétallique de styles variés (Cu, Pb, Zn, Ag) ou minéralisées en métaux précieux (or et diamant), en métaux spéciaux (Sn, W, Ta, Bi, Li, Ti), en fer, en ETR ou en Ni-EGP.

SÉANCE 9

Définition d'un cadre pour l'intégration des données géologiques et géophysiques

GERVAIS PERRON, JOHN MCGAUGHEY, GLENN PEARS (MIRA GEOSCIENCE) ET PETER FULLAGAR (FULLAGAR GEOPHYSICS)

Les géoscientifiques œuvrant dans le domaine de l'exploration minérale font face à de nouveaux défis. Les cibles d'exploration sont de plus en plus profondes, les environnements géologiques sont complexes et, souvent, les roches hôtes de la minéralisation ne sont pas directement accessibles. Le contexte à l'intérieur duquel se développe l'exploration minérale est appelé à évoluer afin de tenir compte de ces facteurs. L'émergence d'une approche multidisciplinaire basée sur la compréhension de la signature des systèmes de mise en place des gisements dans un espace 3D prend de l'ampleur. Un cadre, basé sur un modèle 3D unique, est proposé en vue de faciliter la mise en œuvre de projets d'exploration minérale multidisciplinaires, en mettant l'accent sur le lien entre la géologie et la géophysique. Dans ce cadre, il est important de comprendre le contexte géologique véhiculé par les propriétés physiques des roches et d'utiliser les technologies appliquées à l'inversion des données géophysiques, et ce, afin de valider ou de mieux définir les modèles géologiques à la base du processus de prise de décision en exploration. L'efficacité et la qualité des interprétations intégrées reposent sur un processus itératif de modélisation géologique et géophysique effectué au sein d'une équipe multidisciplinaire. Un exemple de l'application de ce cadre à l'exploration de cuivre en périphérie du bassin de Sudbury sera présenté.

SÉANCE 10

Développement minier durable en Afrique francophone : cas de la mine Essakane au Burkina Faso

ANNIE BLIER (IAMGOLD)

IAMGOLD adopte une approche partenariale en ce qui a trait à ses relations avec la communauté. Au moyen d'une communication proactive, elle favorise une discussion directe avec ses communautés hôtes afin de les aider à tirer pleinement profit des avantages de l'exploitation minière à l'échelle locale.

En mai 2014, IAMGOLD remportait le Prix de l'initiative Vers le développement minier durable (VDMD) en engagement communautaire décerné par l'Association minière du Canada pour le projet de jardins maraîchers à la mine Essakane, au Burkina Faso.

Cette présentation décrit comment une approche de développement durable et une stratégie basées sur les valeurs communes ont été mises en œuvre et intégrées à la mine Essakane, en activité depuis 2011. Essakane, une mine moderne d'envergure internationale, est non seulement le premier employeur dans la région, mais aussi au Burkina Faso. Respectueuse des exigences nationales, c'est un modèle d'engagement avec les parties prenantes et un leader en responsabilité sociale. Les différents projets et programmes d'appui aux fournitures de biens et services locaux (Sahel), de formation, d'investissements communautaires (eau et assainissement, agriculture, éducation, personnes vulnérables) seront aussi présentés.

SÉANCE 10

Principales avancées scientifiques découlant de cinq années de coopération canado-marocaine dans le domaine de l'environnement minier

RACHID HAKKOU (UNIVERSITÉ CADI AYAAD, MARRAKECH) ET MOSTAFA BENZAAZOUA (UQAT)

Le Maroc compte environ 200 sites miniers abandonnés d'ampleur et de potentiel de contamination variables. Aucun dispositif efficace n'a été mis en place pour gérer l'abandon de ces anciennes mines et pour maîtriser leurs éventuels impacts négatifs à long terme sur l'environnement.

Depuis 2009, dans le cadre d'une chaire du Centre de recherche pour le développement international (CRDI, Canada) entre l'université Cadi Ayyad (Marrakech, Maroc) et l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (Canada), une intense activité de recherche et développement a été mise en place au Maroc afin de développer des solutions de restauration des sites miniers qui seraient efficaces, économiques et adaptées au climat aride. L'objectif était également de former du personnel hautement qualifié, à travers un transfert des connaissances et de l'expertise canadienne dans le domaine de l'environnement minier.

Le partenariat canado-marocain a permis de réaliser plusieurs projets de recherche (stages, maîtrises et doctorats) sur dix anciennes mines : Tiwine (Mn); Tiouit (Ag, Au, Cu); Zgounder (Ag); Erdouz (Pb, Zn); Azegour (Cu, Mo, W); Kettara (FeS); Zaïda et de Mibladen (Pb); Jerada (Anthracite); Touissit (Zn, Pb). Un SIG pour la gestion des enjeux environnementaux autour des sites miniers a été mis en place, en prenant la mine Kettara (site-école) comme exemple.

Concernant les rejets miniers stables chimiquement, il a été démontré que le domaine de la construction peut constituer une filière intéressante. Nous citons comme exemple la valorisation des rejets miniers de Zaida et de Mibladen (Haute Molouya) et ceux du district minier Pb-Zn de Touissit-Boubker (région orientale du Maroc) comme sable de mortier. Il est possible également de valoriser les boues de lavage de phosphates (Groupe OCP) dans la céramique industrielle et les rejets de calamine (Groupe MANAGEM) dans le domaine de la brique.

Par ailleurs, un schéma pour la réhabilitation complète du site Kettara tenant compte du climat semi-aride de la région a été élaboré. Les résultats obtenus au laboratoire et à l'échelle pilote sur le terrain ont confirmé qu'une couche de rétention constituée de rejets calcaires phosphatés comme couverture évapo-transpirante permet l'infiltration de l'eau et, par conséquent, la réactivité des rejets sous-jacents. Grâce au CRDI et au transfert du savoir-faire de l'IRME/UQAT, Kettara sera, à notre connaissance, le premier site minier restauré en Afrique du Nord-Ouest. Les travaux découlant de cette coopération sont considérés comme novateurs par les pairs scientifiques, car le concept de restauration adapté aux climats arides est efficace et moins coûteux.

SÉANCE 11

Le recouvrement monocouche avec nappe surélevée pour contrôler le DMA provenant de parcs à résidus : principe et méthodologie pour le design

BRUNO BUSSIÈRE (UQAT) ET MICHEL AUBERTIN (POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL)

Un défi environnemental important de l'industrie minière est la restauration des parcs à résidus miniers, particulièrement lorsque les résidus ont un potentiel de génération de drainage minier acide (DMA). Ce dernier est produit lorsque les résidus contiennent des minéraux sulfureux qui, lorsqu'exposés à l'oxygène et à l'eau, s'oxydent pour produire de l'acidité qui favorise la dissolution des métaux et métalloïdes, en raison de la baisse du pH. Dans les climats tempérés, des barrières à l'oxygène sont souvent construites sur les parcs à résidus miniers pour empêcher la production de DMA. Parmi les techniques pouvant être utilisées pour contrôler les flux d'oxygène, on retrouve une nouvelle approche appelée le recouvrement monocouche avec nappe surélevée. Cette approche se base sur le fait que le coefficient de diffusion effectif de l'oxygène dans l'eau est très faible. En condition saturée (ou presque saturée), le taux d'oxydation des sulfures contenus dans les résidus miniers sera réduit de façon importante, en raison de la faible disponibilité de l'oxygène, ce qui contrôlera la génération de DMA. Avec cette technique, les résidus ne sont qu'en partie submergés, contrairement à la méthode de la couverture aqueuse, ce qui a un effet bénéfique sur la stabilité géotechnique des infrastructures de retenue. Pour s'assurer de limiter les pertes par évaporation et favoriser le maintien de la nappe phréatique à un niveau élevé, la technique de la nappe surélevée nécessite la mise en place d'une couche de protection par-dessus les résidus miniers générateurs de DMA.

Cette conférence porte sur les principes qui sous-tendent la technique du recouvrement monocouche avec nappe surélevée ainsi que sur les principaux paramètres d'influence. L'approche méthodologique proposée par les auteurs pour un design optimal de la technique est aussi résumée. Enfin, quelques exemples des résultats obtenus au laboratoire et sur le terrain sont présentés.

SÉANCE 11

Approche et études pour la restauration des sites miniers abandonnés

MARTINE PARADIS, JEAN DIONNE
ET PHILIPPE-ANDRÉ LAFRANCE (MERN)

L'activité minière a généré au cours des ans de nombreuses aires d'accumulation de résidus miniers sur le territoire québécois. Un certain nombre de ces sites miniers n'ont pas de responsable connu ou solvable et sont sous la responsabilité¹ de l'État. Ces sites, souvent abandonnés depuis longtemps et généralement sans ouvrage de confinement des résidus miniers, ont un impact sur l'environnement et parfois sur la santé. La restauration de ces sites présente un défi considérable, compte tenu des superficies et des problématiques en cause, mais également des coûts qui y sont associés.

La Direction de la restauration des sites miniers (DRSM) du Secteur des mines du MERN a le mandat de voir à la restauration des sites miniers, y compris la responsabilité de l'avancement, de l'approbation et du suivi des projets de restauration des sites miniers abandonnés. La conceptualisation de la restauration du site est élaborée avec l'aide des firmes de consultants. Ces dernières vont déterminer et comparer les méthodes applicables à la restauration du site minier, puis identifier celle qui est la mieux adaptée au contexte et à la problématique rencontrée. Les techniques de restauration sont sélectionnées sur la base des trois sphères du développement durable, soit la sphère sociale, la sphère environnementale et la sphère économique, de même que sur l'aspect de l'efficacité et de la performance anticipées à court, moyen et long terme. L'entretien et le suivi post-restauration du site minier doivent être réduits au minimum.

Plusieurs techniques de restauration existent et se divisent en deux catégories, soit les couvertures aqueuses et les couvertures sèches. Une connaissance approfondie du milieu est requise pour en confirmer la faisabilité. C'est le cas notamment pour le recouvrement monocouche avec nappe surélevée, le recouvrement multicouche avec barrière capillaire et le traitement passif. Ces techniques, qui arrivent souvent au premier plan lors de la sélection de scénarios, demandent des connaissances des propriétés physiques, géochimiques, hydrologiques et hydrogéologiques du site ainsi qu'une caractérisation géotechnique et chimique des matériaux. Certains sites abandonnés présentent une complexité additionnelle, car la conception initiale du site, datant souvent de plusieurs décennies, n'a pas été réalisée en tenant compte de la fermeture du site minier. Il faut aussi considérer l'historique de contamination du site minier lors du choix du scénario de restauration. Divers cas seront présentés : cas à l'étape de l'analyse des techniques de restauration proposées par la DRSM et cas nécessitant des études supplémentaires à la suite de la conception technique. Il peut s'agir d'essais en colonne, de modélisations et d'essais spécifiques en laboratoire et sur le terrain sur des matériaux de recouvrement typiques ou innovateurs.

1 - La responsabilité gouvernementale réside dans le niveau de prise en charge des coûts. Elle n'implique pas une reconnaissance de la responsabilité légale à l'égard de la contamination.

SÉANCE 11

Restauration des résidus miniers en climat nordique : cas de la mine Meadowbank, au Nunavut

THOMAS LÉPINE ET ERIKA VOYER (MINES AGNICO EAGLE)

Avec une température journalière moyenne de -35,4 degrés Celsius durant les mois les plus froids de l'année, la mine d'or Meadowbank d'Agnico Eagle Mines (AEM) s'est vu octroyer le titre de la mine opérant dans le milieu le plus froid par l'organisme Mining.com en janvier 2014. La mine Meadowbank se trouve à environ 110 km au nord de la communauté de Baker Lake, dans la région du Kivallik, au Nunavut. En exploitation depuis le début de 2010, la mine comprend actuellement trois fosses, soit plus de 100 000 tonnes de matériel déplacées par jour.

La fin des opérations minières est pour l'instant prévue à la fin de 2017. La planification de la fermeture est actuellement mise en chantier, entre autres, avec la restauration progressive des résidus durant l'exploitation et s'intensifiera au cours des prochaines années. L'un des principaux éléments concernant la restauration des résidus miniers de Meadowbank est basé sur l'encapsulation des résidus et stériles potentiellement acidogènes dans le pergélisol, au moyen d'un recouvrement constitué de matériel non générateur d'acide. Un programme combinant défis opérationnels et travaux de recherche fut initié afin de concevoir un recouvrement optimum, tant au point de vue de l'économie que de la performance à long terme. Le design du recouvrement comprend de nombreuses contraintes techniques et logistiques et nécessite un investissement financier important. Il est donc primordial pour AEM de développer un design de recouvrement assurant une performance adéquate à long terme, mais également optimal en matière de coûts et de logistique.

Le concept particulier de restauration des résidus miniers de la mine Meadowbank sera présenté, en détaillant les travaux en cours et ceux planifiés dans les prochaines années. Un programme d'instrumentation et de surveillance est actuellement implanté afin de corroborer les conditions prévues et le plan de fermeture proposé. Un programme de recherche comprenant des cellules expérimentales construites sur les résidus joue également un rôle-clé dans la conception du recouvrement et la performance anticipée de ce dernier. Les différents défis rencontrés lors de la construction d'un recouvrement de résidus miniers en milieu arctique seront également abordés, en particulier ceux spécifiques à la mine Meadowbank.

SÉANCE 11

Étude et revue des concepts de restauration du parc à résidus de Mine Raglan

LOUIS MARCOUX ET MÉLANIE CÔTÉ (MINE RAGLAN)

Les installations minières de Mine Raglan sont situées à la hauteur du 62^e parallèle, au Nunavik. De par sa situation géographique, Mine Raglan fait face à plusieurs défis particuliers en ce qui concerne la restauration minière de ses fosses à ciel ouvert, de ses haldes à minerai et à stériles ainsi que de son parc à résidus miniers. De plus, les changements climatiques observés au cours des dernières années soulèvent des inquiétudes chez les communautés d'intérêts, ce qui incite Mine Raglan à remettre en question les concepts de restauration adoptés en 2001. Plus précisément, le design original de la restauration du parc à résidus a été fait sur la prémisse que les résidus seraient intégrés au pergélisol et qu'ils demeureraient ainsi gelés en permanence, après la cessation des activités minières. Puisqu'il est anticipé que les changements climatiques provoquent une augmentation de la température globale dans le futur, cela remet en question la performance à long terme du concept de restauration actuel. Les résidus acidogènes pourraient ainsi dégeler en surface durant l'été et générer du drainage minier acide.

Pour ces motifs, en 2005, Mine Raglan a mis en place un comité d'experts afin de soutenir l'équipe de direction de la société dans l'analyse à court, moyen et long terme des enjeux associés à la gestion des résidus miniers. À partir des recommandations de ce comité, Mine Raglan a procédé, à l'automne 2011, à la construction de cellules expérimentales au parc à résidus, afin de valider quatre scénarios de recouvrement des résidus miniers : cas de base (Base Case Cover), barrière thermique capillaire (Thermal Capillary Barrier Cover), géomembrane (Geomembrane Cover) et cas de base modifié (Modified Base Case – Convective Air Flow Cover). Une étude de préféabilité des différents concepts a été réalisée en 2014 en utilisant, entre autres, les résultats des suivis des cellules expérimentales. À partir des résultats de cette étude, Mine Raglan choisira deux scénarios qui seront étudiés plus en détail et n'en retiendra qu'un seul, qui fera l'objet d'une étude de faisabilité. Par la suite, le scénario de recouvrement choisi sera présenté aux communautés d'intérêts de Mine Raglan ainsi qu'aux ministères concernés.

SÉANCE 12

La Faille de Larder Lake-Cadillac : un survol historique

HOWARD POULSEN (ATIAT)

C.W. Knight avait identifié deux « lignes aurifères » dans la partie sud-ouest de la ceinture de l'Abitibi en 1922 et arguait que leur caractéristique géologique déterminante était la présence de conglomérat. L.V. Bell a par la suite décrit une « zone de schiste chloritisé et talqueux » à Cadillac et a postulé qu'elle était étroitement associée à la minéralisation « d'un point de vue génétique ». H.C. Gunning a subséquemment introduit le terme « Cadillac Break » (littéralement « Cassure de Cadillac ») pour cette structure méridionale et l'a prolongée vers l'est jusqu'à Malartic et vers l'ouest jusqu'à Rouyn-Noranda, où une structure similaire était connue sous différents noms, dont la faille de la rivière Thompson ou la faille du lac Bouzan. J.E. Thomson a cartographié un segment comparable dans les secteurs de Kirkland Lake et de Larder Lake, de telle sorte que vers la fin des années 1940, l'existence d'une seule et même structure persistante faisant office de métalotecte aurifère, la Faille de Larder Lake-Cadillac, était bien établie.

De Matachewan jusqu'à Val-d'Or, cette structure régionale présente six caractéristiques géologiques unificatrices :

- ▶ Une association spatiale avec des roches ultramafiques (principalement le Groupe de Piché décrit par Latulippe);
- ▶ Une association spatiale avec des roches sédimentaires conglomératiques (principalement le Groupe de Timiskaming);
- ▶ Un lieu de prédilection pour les intrusions intermédiaires à felsiques, particulièrement les « albitites » et les « porphyres »;
- ▶ Un lieu de prédilection pour l'altération carbonatée;
- ▶ Un lieu de prédilection pour les roches phyllonitiques, les zones de cisaillement et les plis mineurs;
- ▶ Un site de mise en place pour de nombreux gîtes et indices d'or.

Malgré certaines différences au niveau de l'approche et du détail, plusieurs chercheurs ont conclu que la Faille de Larder Lake-Cadillac était une structure géologique ayant été active sur une longue période, y compris possiblement pendant la construction volcanique du Groupe de Blake River, lors de laquelle elle pourrait avoir été une faille synvolcanique définissant la bordure du bassin. Plusieurs auteurs ont aussi proposé qu'elle soit ensuite devenue une faille synsédimentaire le long de laquelle des conglomérats du Groupe de Timiskaming et des intrusions de même âge se sont mis en place. La réactivation de la structure s'est soldée par un mouvement de faille inverse du sud vers le nord qui a juxtaposé les roches plus anciennes et plus profondes des groupes de Malartic et de Pontiac sur les niveaux supérieurs du Groupe de Timiskaming, un contexte bien préservé à Kirkland Lake. L'altération carbonatée et l'or ont probablement été introduits dans et autour de la faille à cette époque. La contraction orogénique qui a suivi a donné lieu à un plissement d'intensité variable et des déversements, tant de la faille que de la discordance à la base du Groupe de Timiskaming. Les effets de ces déformations superposées augmentent en intensité de Larder Lake vers l'est et s'étendent bien au-delà des limites de la zone de faille elle-même. Il pourrait en avoir résulté un épisode tardif de décrochement oblique dextre à certains endroits le long de la zone de faille, particulièrement dans des lithologies altérées et rhéologiquement faibles; les zones aurifères au sein de la zone de faille auraient été déformées en fonction de leur compétence relative.

SÉANCE 12

La Faille de Larder Lake-Cadillac, perspectives ontariennes et comparaison avec la Faille Ridout

BRUNO LAFRANCE (UNIVERSITÉ LAURENTIENNE)

Plusieurs gisements d'or sont associés à la Faille de Larder Lake-Cadillac en Ontario. La géologie le long de la faille comprend les roches tholéitiques et komatiitiques de l'assemblage du Tisdale (2710-2704 Ma) en discordance stratigraphique sur les grès, les conglomérats, les laves et les intrusions alcalines de l'assemblage du Timiskaming (2676-2670 Ma). Plusieurs styles de minéralisation aurifère sont présents : (1) pyrite disséminée associée à des roches volcaniques tholéitiques riches en fer (flow ore); (2) veines de quartz-carbonates encaissées dans des roches komatiitiques altérées en carbonate et fuchsite (green carbonate ore), (3) veines de quartz-carbonates à l'intérieur de zones d'altération en séricite, en carbonate, en arsénopyrite et en pyrite dans des grès, des laves et des intrusions alcalines. Ces trois styles de minéralisation diffèrent par leur roche hôte, mais tous se sont mis en place soit durant la formation ou durant la réactivation de la Faille de Larder Lake-Cadillac. Cette dernière a été interprétée comme : (1) une zone de transpression dextre et senestre; (2) une faille normale contemporaine à la sédimentation du Timiskaming, par la suite réactivée en faille de charriage du nord vers le sud et de nouveau réactivée en faille senestre et puis dextre; (3) une faille de charriage du sud vers le nord réactivée en faille de décrochement dextre. Cette dernière interprétation est préférée, car elle est compatible à celle proposée pour plusieurs mines le long de la faille, y compris la mine Young-Davidson située dans le segment ouest de la faille.

La Faille Ridout est située dans la ceinture du Swayze, à l'ouest de la mine Young-Davidson. Cette faille, une structure majeure, est parallèle à la Faille de Larder Lake-Cadillac. Plusieurs gisements aurifères se retrouvent le long de cette faille qui a été interprétée comme l'extension ouest de la Faille de Larder Lake-Cadillac dans la ceinture du Swayze. Elle a toutefois une histoire cinématique différente de la Faille de Larder Lake-Cadillac. La Faille Ridout est une faille de charriage du nord vers le sud réactivée en faille de décrochement senestre et puis dextre. Elle constitue un nouveau corridor de déformation situé au sud de la Faille Larder Lake-Cadillac, lequel est également associé à plusieurs gisements d'or.

SÉANCE 12

L'architecture des groupes de Malartic, de Piché et de Cadillac et de la Faille de Cadillac, Abitibi : révision géologique, nouvelles datations et interprétations

PIERRE PILOTE (MERN), RÉAL DAIGNEAULT (CERM-UQAC), JEAN DAVID (MERN) ET VICKI MCNICOLL (CGC-O)

La Faille de Larder Lake-Cadillac est l'une des structures les plus prolifiques en matière de minéralisation aurifère. Dans la portion québécoise de la Sous-province de l'Abitibi, elle met en contact des roches sédimentaires et des roches volcaniques de nature et d'âge variés. Certaines déterminations géochronologiques permettent de contraindre les encaissements de cette faille. Ainsi, l'unité la plus jeune, le Groupe de Timiskaming bien exposé au sud de Rouyn-Noranda avec la Formation de Granada, s'est formé entre 2680 et 2670 Ma. Le Groupe de Cadillac, un bassin sédimentaire constitué de séquences de turbidites (wacke, siltstone et shale), est immédiatement adjacent à la faille, au nord de celle-ci. La formation de ce groupe est interprétée entre 2690 et 2680 Ma, mais deux âges récemment obtenus dans un faciès de grès-conglomérat dans les secteurs de Rivière-Héva et de Malartic (<2678 Ma et <2676 Ma) correspondent à l'âge du Timiskaming. Par conséquent, le prolongement des roches de type Timiskaming est beaucoup plus important vers l'est que ce qui était connu auparavant. Ces âges indiquent que de tels faciès peuvent se dissimuler au travers des lithologies assignées au Groupe de Cadillac, démontrant la complexité de ces bassins et le caractère épisodique de la sédimentation.

La Faille de Rivière Héva, considérée comme une subsidiaire de la Faille de Cadillac, présente une envergure régionale (> 60 km) et une empreinte de déformation ductile considérable. Cette faille recoupe de façon longitudinale l'ensemble du Groupe de Malartic. Elle sépare les roches mafiques de la Formation de Dubuison (2708-2712 Ma) de celles de la Formation de Jacola. Un âge de 2700 Ma a été récemment obtenu dans les volcanoclastites felsiques situées au nord de cette faille, au sud du lac Malartic. L'extension et l'importance de la Faille Rivière Héva sont comparables aux failles Parfouru et La Pause.

La Faille de Cadillac est historiquement associée à des schistes à talc-chlorite-serpentine, nommés depuis Groupe de Piché. Ce groupe, relativement mal connu, matérialise bien l'extension de cette faille. Constitué de volcanites ultramafiques et mafiques variablement déformées et carbonatées, cette bande de roches varie en épaisseur de moins de 100 m à plus de 1 500 m. Le Groupe de Piché s'étend de façon quasi continue de Louvencourt jusqu'à Rouyn-Noranda, soit sur plus de 150 km. Son origine demeure obscure; il pourrait s'agir d'une seule et même unité stratigraphique ou, encore, d'un assemblage composite. Une datation U-Pb récente d'un dyke felsique recoupant les ultramafites à la fosse Buckshot, au nord-est du gisement Canadian Malartic, révèle un âge de 2710 Ma, faisant du Groupe de Piché une unité corrélative à la base du Groupe de Malartic.

De nombreuses intrusions de formes, de dimensions, de compositions et d'âges différents parsèment également la Faille de Cadillac. Les intrusions calcoalcalines se sont introduites entre 2690 et 2680 Ma alors que les intrusions alcalines plus jeunes se sont mises en place entre 2680 et 2670 Ma. Ces éléments permettent de percevoir le rôle efficace de cette faille en tant que conduit, aussi bien pour les magmas que pour les fluides hydrothermaux, mais aussi sa longévité dans le temps ainsi que sa profondeur crustale.

La Faille de Cadillac a une importance non seulement au niveau métallogénique, mais également au niveau des modèles géodynamiques et de la juxtaposition d'ensembles lithologiques variés, tout au long de ses failles subsidiaires. Elle marque une asymétrie profonde dans la Sous-province de l'Abitibi, avec ses tronçons orientés E-W et WNW. Il s'agit d'éléments qui ont influencé les styles et les époques de minéralisations aurifères.

SÉANCE 12

Évolution structurale de la Faille de Cadillac, relations avec les minéralisations aurifères orogéniques et caractérisation du Groupe de Piché, Sous-province de l'Abitibi, Québec

PIERRE BEDEAUX (UQAC), PIERRE PILOTE (MERN),
SILVAIN RAFINI ET RÉAL DAIGNEAULT
(UQAC-CONSOREM)

La Faille de Cadillac (FdC) est considérée comme une faille majeure dans la Sous-province de l'Abitibi. Plusieurs événements de déformation y sont documentés : raccourcissement, extension et décrochement. Cependant, leurs relations chronologiques et leur intégration dans un modèle tectonique ne font pas consensus. D'importantes minéralisations aurifères sont associées spatialement à la FdC, mais leurs relations temporelles avec la déformation sont encore mal comprises. Enfin, le Groupe de Piché, qui constitue l'empreinte physique de la FdC, reste encore peu connu. Ce projet, soutenu par le MERN, vise : (1) à synthétiser les styles structuraux observés le long de la faille et les intégrer dans un modèle d'évolution structurale; (2) à tenter d'intégrer la minéralisation aurifère orogénique dans ce modèle; (3) à caractériser l'unité lithotectonique de Piché.

Au Québec, la FdC peut être découpée en tronçons en fonction de son orientation : les segments ouest et est sont orientés est-ouest, tandis que le segment central est orienté vers le sud-est. Une schistosité est-ouest à fort pendage vers le nord est développée régionalement. Elle est associée à des plis isoclinaux P1 et des zones de cisaillement inverses, indiquant un régime de raccourcissement. La linéation d'étirement associée est globalement à composante verticale. Dans le segment central, la schistosité régionale tend à se paralléliser aux failles sud-est. Dans le segment ouest, un clivage tardif subhorizontal indique un régime en extension postérieur au raccourcissement. À proximité de la FdC et d'autres failles de deuxième ordre, des plis mineurs en Z, des objets de formes sigmoïdes, des relations CS ainsi que des variations de la plongée de la linéation d'étirement confortent la présence d'un mouvement de décrochement tardif. Un clivage secondaire, orienté nord-est, est associé à cette phase et constitue le plan axial de la flexure de la FdC entre les segments ouest et central.

Le Groupe de Piché présente une épaisseur variable à l'échelle régionale. Les lithologies ultramafiques sont dominantes, bien que des roches basaltiques, voire andésitiques, soient localement présentes. L'empreinte de la déformation ductile est généralement très développée, surtout près des contacts, mais est localement absente ou faiblement développée, notamment au cœur de l'unité.

Dans le segment est, les relations de recoupement entre les veines à quartz-tourmaline et différents éléments structuraux indiquent que la minéralisation associée à ce type de veine s'est mise en place avant et pendant l'épisode de raccourcissement ainsi que pendant le décrochement dextre.

SÉANCE 12

Typologie des minéralisations aurifères associées à la Faille de Cadillac

SILVAIN RAFINI (CONSOREM)

Avec plus de 4 200 t Au, 37 gîtes aurifères de rang mondial (>10 t Au) et 4 gisements géants (>100 t Au), la Faille de Cadillac (FC) s'impose comme l'un des plus importants métallotectes aurifères au monde. La variabilité des styles géologiques aurifères que l'on y trouve est notoire et traduit vraisemblablement l'activité prolongée de cette structure, son enracinement transcrustal permettant la convergence de plusieurs moteurs hydrothermaux (magmatique, métamorphique et météorique). Les travaux présentés ici tentent de mieux caractériser cette variabilité par une synthèse exhaustive et objective de la vaste bibliothèque de données descriptives produites par quatre décennies d'exploration intensive sur ce métallotecte.

Il a été établi que les gîtes aurifères de la FC sont distribués en huit champs géologiques. La nature des caractéristiques discriminantes de ces champs est variable. À titre d'exemple, il peut s'agir de l'assemblage ou de l'abondance des sulfures (très peu de sulfures avec dominance de pyrite dans le champ des failles Marbanite-Norbénite vs sulfures abondants avec 30 % de pyrite-chalcopryrite dans le champ de Bourlamaque), de l'organisation de la minéralisation (veines massives rubanées du champ de Bourlamaque vs stockwerk et disséminations du champ de Malartic), des altérations caractéristiques (intense albitisation proximale très caractéristique du champ « Dykes d'albitite » vs carbonate-fuschite).

Cette étude a permis de mettre en perspective les modalités aurifères de la FC. Il apparaît que le champ de Malartic, occupant un tronçon marginal de la FC de par son orientation ESE, se distingue très nettement des styles voisins, avec un très fort gain métasomatique en potassium (corroboré par l'observation quasi systématique de microcline sur le terrain) et un assemblage de sulfures plus polymétallique, lequel est atypique des minéralisations orogéniques classiques. De plus, son empreinte efface ou occulte la signature à arsénopyrite présente dans tous les gîtes encaissés directement dans la FC (influence des sédiments clastiques juxtaposés). Cette empreinte hydrothermale est interprétée comme étant associée à un événement aurifère orthomagmatique (série alcaline tardi-tectonique) postérieur aux minéralisations voisines, lesquelles sont les plus communément encaissées « passivement » dans des intrusions calcoalcalines *ante*-Au. Enfin, bien que les champs de Kirkland Lake et de Malartic présentent des caractéristiques communes (altérations potassiques, encaissant syénitique tardi-tectonique, pyrite-molybdénite, absence d'arsénopyrite), ils ne peuvent constituer un même champ « Syénites tardi-tectoniques », principalement en raison de la disposition radicalement différente de la minéralisation entre ces deux gîtes, traduisant des états de contraintes très dissemblables et, notamment, une influence très inégale de la pression des fluides.

SÉANCE 13

Gestion durable des ressources minérales wallonnes (Belgique) : quelques pistes de réflexion en vue d'une meilleure intégration de la problématique

JOHAN YANS (UNIVERSITÉ DE NAMUR-NAGRIDD)

La Wallonie s'appuie sur un très riche passé minier : les silex taillés, les minerais de fer, les minerais « Calaminaire » Pb-Zn et les charbonnages sont autant de ressources du sous-sol exploitées à travers le temps. Aujourd'hui, le secteur demeure productif avec plus de 160 sites en activité (surtout calcaires, dolomies, sables, grès, argiles et porphyres). Ces matières qui entrent dans la fabrication de divers produits constituent une part substantielle de l'économie wallonne et forment la base d'un potentiel technologique innovant, rentable et générateur d'emplois diversement qualifiés.

En Wallonie, comme partout à divers degrés, les carrières et les mines sont perçues par l'opinion publique comme des lieux qui « polluent », « sentent mauvais », « détruisent le paysage », « augmentent le charroi », « alimentent le grand capital », « tuent la flore et la faune », des lieux exploitant des ressources naturelles par essence non renouvelables et en apparence contradiction avec le développement durable. En pleine période de transition, quels rôles allons-nous donner aux matières premières géologiques, omniprésentes dans les processus de fabrication de nombreux produits, et comment allons-nous les tolérer ? La problématique de l'exploitation future est clairement transdisciplinaire : les approches géologiques, économiques, sociales, politiques et environnementales sont à croiser, à toutes les échelles spatiales (commune, région, pays, continent, planète), sous peine de soustraire un des paramètres de la discussion.

Un inventaire prospectif des ressources du sous-sol wallon et des alternatives d'approvisionnement est requis, y compris en ce qui concerne les gaz de schiste et de houille. Pour ce faire, la création d'un service géologique wallon (les compétences du sous-sol sont régionalisées depuis plus de 20 ans en Belgique) est nécessaire. Cet organisme pourrait aussi servir de référence pour, notamment, conseiller le décideur politique afin de définir une stratégie claire en la matière. Favoriser le recyclage et les stériles, revoir les besoins et mieux gérer la demande et la durée de vie des produits sont autant de pistes utiles. Mais informer le citoyen demeure essentiel. Tant au niveau de la sécurité que de l'environnement, les exploitations wallonnes ne doivent souffrir d'aucune comparaison avec les situations parfois catastrophiques de l'activité extractive dans certaines régions du monde. C'est dans ce cadre que, depuis une vingtaine d'années, les industriels, le secteur public et les centres de recherche sensibilisent citoyens et décideurs politiques. La carrière « locale » serait-elle, tout bien considéré, un chaînon insoupçonné de la transition vers une voie plus durable, à l'échelle globale ?

SÉANCE 13

Conséquences environnementales et gestion des mines abandonnées et dispersées dans les Alpes françaises

MAGALI ROSSI ET DOMINIQUE GASQUET
(UNIVERSITÉ DE SAVOIE)

Les Alpes ont constitué depuis des millénaires une province minière majeure autour de laquelle se sont développées les différentes civilisations, puis, plus récemment, les industries. Les mines ont été ensuite définitivement abandonnées (pour la plupart au cours des 19^e et 20^e siècles). Dans les Alpes du Nord, des milliers de mines, de cavités et de carrières ont été recensées, certaines exploitant le fer, largement dominantes, le Pb-Zn-Ag et le Cu. D'autres métaux (U, Ni, Co, Mn, Mo, Hg, etc.) y ont été exploités en quantité très faible et sont inégalement répartis. Au total, la production des Alpes du Nord est estimée à quelques millions de tonnes pour le Fe, à 200 000 t pour le Pb, à 100 000 t pour le Zn et à 500 t pour l'Ag.

Les impacts de l'ensemble des exploitations minières sur l'environnement concernent : (i) les risques d'effondrement des galeries souterraines dans les régions désormais urbanisées, comme la station de ski de Mâcot-La Plagne (Savoie); (ii) l'ennoyage de certaines galeries; (iii) la pollution des eaux et des sols; (iv) l'impact sur le paysage des installations minières abandonnées.

La gestion et la responsabilité de ces mines sans propriétaires reviennent aux collectivités locales, régionales ou nationales. Le problème des mines alpines est un cas particulier, du fait de la très grande dispersion de celles-ci, souvent de taille modeste, sur l'ensemble du territoire. L'absence de suivi après l'abandon des exploitations et la revégétalisation des versants de montagne font que la localisation des résidus de mines est désormais oubliée. La gestion des risques miniers, en particulier des pollutions associées, ainsi que le traitement de ces risques sont de ce fait problématiques.

Certains sites miniers ont été valorisés sur le plan touristique. Ainsi, les galeries des mines de Pb-Ag du Fournel (Hautes-Alpes) et de Fe-Cu de Saint-Georges d'Hurtières (Savoie) sont ouvertes au public. D'autres sites proposent un musée des mines ou encore des panneaux explicatifs localisés aux abords des sites d'exploitation, comme le gisement cuprifère de Saint-Véran (Hautes-Alpes) et celui à Pb-Ag de Macôt-La Plagne (Savoie).

Une étude exhaustive de l'ensemble des gisements alpins serait nécessaire pour permettre de réévaluer le potentiel minier de ces gisements et de leurs « stériles », à la lumière des cours actuels et dans une politique d'approvisionnement local en matières premières minérales.

SÉANCE 13

Dissémination des terres rares dans l'écosphère et évaluation de leurs impacts écologiques : approches du Labex Ressource 21

LAURE GIAMBERINI, CORINNE LEYVAL
ET VERONICA GONZALEZ (UNIVERSITÉ DE LORRAINE)

L'augmentation de la production globale et de l'utilisation des terres rares en raison de leurs nombreuses applications dans divers domaines industriels a perturbé leurs cycles biogéochimiques (anomalies au gadolinium dans les eaux douces et de distribution, enrichissement des sols en ETR dû aux pratiques agricoles). Leur utilisation va continuer à augmenter dans le futur, entraînant des questions légitimes sur un éventuel risque biologique supplémentaire provenant de ces microcontaminants. Bien que les aspects géologiques et minéralogiques de ces éléments soient largement étudiés, leur écotoxicologie l'est encore très peu. Leurs propriétés atomiques ont été utilisées pour prédire leur écotoxicologie, montrant que les lanthanides lourds (Gd-Lu) sont généralement plus toxiques que les éléments légers (La-Eu). Cependant, les résultats expérimentaux ne correspondent pas tout le temps à ce schéma général pour différentes raisons : la formation d'espèces insolubles pendant l'exposition qui peut conduire à une sous-estimation de leur écotoxicité dans certains cas; les différents processus physiologiques au niveau des organismes qui peuvent expliquer des schémas dissemblables en fonction de l'organisme modèle utilisé et des réponses biologiques mesurées.

Comme les formes colloïdales jouent un rôle important dans la biogéochimie des lanthanides, la spéciation de ces éléments représente aussi un facteur important à considérer dans l'environnement. Les lanthanides d'origine anthropique se retrouvent sous forme dissoute (<10 kDa) et colloïdale/nanoparticulaire (10 kDa et $0,2 \mu\text{m}$), mais on ne sait pas encore si ces fractions peuvent différemment affecter leur toxicité, laquelle dépend aussi des organismes étudiés. En considérant la fraction soluble totale ($<0,22 \mu\text{m}$), nos études montrent que le risque environnemental reste acceptable, et ce, malgré quelques exceptions sur certains sites particuliers où le quotient de risque augmente pour le Ce et le Gd. Considérant que les émissions futures d'ETR ne vont pas diminuer, ces premiers résultats mettent en évidence la nécessité d'une meilleure compréhension de leur bioaccumulation et de leur écotoxicité, mais aussi de leurs effets à des niveaux biochimiques, afin d'obtenir une meilleure évaluation du risque environnemental.

SÉANCE 13

Stratégie, outils et politique environnementale de Variscan Mines (France) : la mine durable

MICHEL BONNEMAISON (VARISCAN MINES),
ÉRIC MARCOUX (UNIVERSITÉ D'ORLÉANS),
JACK TESTARD ET PATRICK LEBRET (VARISCAN MINES)

La dernière mine métallique française métropolitaine a fermé en 2004, malgré l'existence de cibles minières reconnues et pour certaines cubées. Créée en décembre 2010, Variscan Mines est une société junior d'exploration minière française, filiale d'une entreprise australienne, qui a pour but de découvrir et de développer des gisements de métaux de base et précieux jusqu'à la faisabilité, puis de les mettre en exploitation.

Variscan Mines applique une stratégie moderne d'exploration en accord avec la politique actuelle d'environnement et de développement durable. Celle-ci se traduit à toutes les étapes de l'exploration. Dès l'élaboration de la demande du PER, une concertation poussée sur le terrain a lieu avec les acteurs sociaux et les élus. Le programme de travaux prévoit l'emploi des meilleures technologies envisageables afin, si possible, de circonscrire plusieurs objets miniers et d'assurer ainsi une pérennité à la mine. En ce qui concerne l'exploitation, Variscan Mines a choisi de privilégier des modèles économiques acceptables et de réduire au maximum l'impact environnemental. Des techniques d'exploitation par back filling et des laveries souterraines seront favorisées, ce qui aura pour effet de minimiser la remontée des matériaux et de grandement limiter le volume de stériles en surface. Cette remédiation immédiate facilitera à terme la fermeture de l'exploitation. La mise en place de dispositifs géothermiques, pendant et après l'exploitation, sera confiée à des entreprises spécialisées.

L'ensemble de ces dispositions est rassemblé dans une charte qui sera un guide éthique et contractuel, respecté par Variscan Mines et l'ensemble des acteurs partenaires ou prestataires des projets générés.

SÉANCE 14

La sécurité comme effet secondaire : les gestes que les superviseurs posent et qui, par coïncidence, améliorent la sécurité des employés

MIKE ALLEN (ÉTATS-UNIS)

Comment se fait-il que les superviseurs dont les bilans de sécurité sont les meilleurs soient aussi ceux qui ont un meilleur rendement dans tous les autres domaines? Ils affichent une meilleure productivité, ont un taux de roulement plus faible et suscitent un meilleur esprit d'équipe. Il se trouve que les bons superviseurs créent ce que nous appelons « la sécurité comme effet secondaire ». Cette présentation abordera quelques compétences que les meilleurs patrons mettent à profit pour générer cet effet secondaire.

SÉANCE 14

L'apport des technologies de reconnaissance morphologique à la prévention des collisions engins-piétons

FRANCK GAYRAUD (ARCURE EN FRANCE)

La prévention des collisions engins-piétons constitue un défi important pour le secteur minier. Les technologies de traitement d'image permettent désormais, en complément des bonnes pratiques connues (formation, ségrégation des circulations), d'offrir une détection pertinente des personnes qui évite les fausses alarmes, sans ajouter à la charge de travail du conducteur.

SÉANCE 14

Développement de la caméra Visi+

FABIEN MILLER (INN-OXX)

Visi+ est une caméra optique portable placée au-dessus d'un véhicule. Elle permet d'aider les sauveteurs miniers à voir à travers la fumée, contrôler l'incendie et aider les sauveteurs en surface pour affronter les mauvaises conditions météorologiques comme des blizzards.

SÉANCE 14

Le tableau de suivi électronique TopVu^{MC}

MARC BRUNET (K4 INTEGRATION)

Le tableau de suivi électronique TopVu^{MC} a été conçu pour suivre, par voie électronique, la destination prévue du personnel minier sans nécessiter l'installation d'un système à la grandeur de la mine. Sa simplicité et son élégance résident dans le fait qu'il utilise les comportements existants afin de produire de nouveaux résultats qui ont un impact direct sur le rendement. Lors de cette présentation, vous serez introduits aux nombreux avantages et rapports tirés des données produites par le tableau de suivi électronique TopVu^{MC} et sa base de données. La gamme de produits TopVu^{MC} comprend aussi des lecteurs qui acheminent leurs données dans la même base de données que le tableau de suivi électronique TopVu^{MC}. En ajoutant simplement quelques-uns de ces lecteurs à des endroits stratégiques de la mine, vous serez en mesure d'exploiter un système de suivi efficace, dont la portée peut facilement être élargie au besoin.

SÉANCE 14

Aspects de santé et de sécurité à considérer pour les opérations de forage et de sautage

CHRISTIAN ROY (MINE CANADIAN MALARTIC)

Partenariat Canadian Malartic a fait l'acquisition de la mine Canadian Malartic en juin 2014. L'exploitation de cette mine à ciel ouvert à haut tonnage journalier est un défi en soi, et pour plusieurs motifs. Du début de l'exploration en 2005 jusqu'à l'exploitation de cette mine de calibre mondial, la direction et les travailleurs ont dû constamment innover pour minimiser l'impact de son implantation sur la population environnante.

En plus des contraintes opérationnelles normales d'une mine, des contraintes additionnelles sont apparues en raison de la proximité de la ville de Malartic. La majorité de ces problématiques ont été abordées dans l'étude de faisabilité, avant même qu'elles ne se présentent. Malgré tout, les exigences de la productivité minière jumelées à la proximité de la ville créent régulièrement des problématiques inattendues, auxquelles des solutions fiables et sécuritaires doivent être trouvées rapidement.

L'empreinte finale de la fosse Canadian Malartic se superposera aux infrastructures de quatre anciennes mines souterraines exploitées entre les années 30 et 80. Une réalité qui entraîne à son tour de nouvelles contraintes opérationnelles. Tous ces éléments deviennent des défis de taille qu'il faut absolument relever afin d'assurer la réussite du projet.

Le contexte géographique et l'historique d'exploitation du site de la mine Canadian Malartic donnent naissance à des contraintes opérationnelles de taille. Partenariat Canadian Malartic doit mettre en place des mesures particulières concernant les opérations de forage et de sautage afin de garantir aux travailleurs et aux citoyens un environnement des plus sécuritaire.

SÉANCE 15

Les éléments d'un gisement de Cu (Au-Mo) porphyrique : formation et conservation

RICHARD M. TOSDAL (PICACHOEX)

Le contexte tectonique joue un rôle critique pour déterminer quel type de gisement se forme à un endroit particulier à un moment particulier. Dans le cas des gisements de Cu (Au-Mo) porphyriques d'intérêt économique, une limite de plaque convergente ou un orogène de collision est nécessaire, tandis que d'autres types de gisements associés à des intrusions peuvent se former aux limites de plaques en extension. Au sein de ces orogènes, les gisements porphyriques se forment lors d'intervalles de temps plutôt restreints, dans un segment particulier de l'arc. En général, les gisements porphyriques se forment vers la fin d'un épisode magmatique ou lors d'un changement dans le style de déformation, lorsque l'arc subit une contraction limitée. Le déclencheur tectonique ultime pour ces événements n'est pas connu avec certitude, mais les scénarios proposés comprennent un changement dans la géométrie de subduction, une collision ou la subduction d'irrégularités dans la plaque descendante.

Les gisements de Cu porphyriques sont associés à des plutons et des dykes porphyriques oxydés et hydratés qui se sont mis en place à des profondeurs de >1 à 6 km et qui émanent de chambres magmatiques plus profondes dans la croûte supérieure (à des profondeurs de 6 à 12 km). La montée, la cristallisation et l'hydrofracturation du magma s'accompagnent de l'exsolution d'un autre fluide hydrothermal, donnant lieu à des réseaux de veines multidimensionnels si typiques des minéralisations porphyriques. Ce phénomène reflète l'interaction entre les contraintes régionales et celles plus locales associées au magmatisme. Il existe peu d'indications voulant que les gisements de Cu porphyriques soient accompagnés d'une déformation active au-dessus du pluton, contrairement à plusieurs autres systèmes hydrothermaux associés à des intrusions, comme les gisements épithermaux ou les SMV. Comme les gisements de Cu porphyriques sont des phénomènes de la croûte supérieure sujets à une dégradation rapide en raison de leur formation dans des régions de topographie positive, leur conservation dans des orogènes plus anciens (antérieurs au Crétacé) dépend entièrement du contexte tectonique, les systèmes de Cu porphyriques devant être rapidement enfouis par la sédimentation ou par des nappes de chevauchement.

SÉANCE 15

Les gisements de type « Reduced intrusion-related gold » (RIRG) : un modèle d'or périgranitique fréquent au Paléozoïque?

MICHEL JÉBRAK (UQAM) ET ÉRIC MARCOUX (UNIVERSITÉ D'ORLÉANS)

Les systèmes aurifères associés à des intrusions réduites (RIRGS ou SAAIR en français), autrefois dispersés dans différents types de gisement aurifère (skarns, porphyres, cisaillements aurifères, etc.), s'affirment aujourd'hui comme un nouveau type de gisement introduit par Hart en 2007. Ils ont d'abord été définis dans la cordillère Nord-américaine, dans la Province de Tintina, un orogène de collision d'âge mésozoïque. Il semble cependant que ce modèle puisse être plus largement réparti. Les critères propres à ce nouveau type de gisement demandent à être précisés et validés pour différents orogènes.

Le gisement aurifère de Tighza (Maroc central) appartient à ce nouveau type d'après une publication récente (2014) de Marcoux et autres collaborateurs. Ses caractéristiques montrent que les critères de base définis pour les RIRGS sont applicables à ce gisement tardi-hercynien (286 ± 1 Ma). Le gisement de Tighza, d'une morphologie surtout filonienne, présente la très caractéristique association Au-As-W-Bi $\pm$ Mo, sans Sn. La zonalité périgranitique est forte, avec une baisse des teneurs en or de 12 g/t à <1 g/t en s'éloignant de 500 m du granite. Les métaux de base, bien présents, semblent par contre ne pas relever d'une zonalité périgranitique, directement reliée au refroidissement d'un pluton. Les fluides sont chauds (300-350 °C), peu salés (1 mole % NaCl) et carboniques (18 moles % CO₂). Le caractère faiblement réduit se retrouve dans la paragenèse pauvre en sulfures, ces derniers étant souvent déficients en soufre (löllingite, pyrrhotite, tétradymite). Le synchronisme de l'intrusion ($286,0 \pm 0,4$ Ma) et du système minéralisé ($285,6 \pm 0,5$ Ma et $285,3 \pm 0,5$ Ma) est également confirmé.

Les caractéristiques du gisement de Tighza peuvent être retrouvées dans de nombreux gisements des orogènes paléozoïques, en particulier dans des gisements à tungstène légèrement aurifères (Salau, France) ou à or disséminé (Mokskro, République tchèque). Leur distribution est étendue, puisque l'on en connaît aussi bien en Europe, en Afrique du Nord, en Asie centrale et en Australie. En Amérique du Nord, la chaîne appalachienne pourrait également être l'hôte de gisements de ce type dans le sud du Québec. Ainsi, sur la base d'exemples hercyniens, nous proposons ici des pistes possibles pour borner les RIRGS, notamment pour les distinguer des systèmes à tungstène seul et des gîtes aurifères de type zone de cisaillement (orogénique).

SÉANCE 15

À la recherche de porphyres Cu-Au subalcalins dans les terrains de haut grade métamorphique au Québec : critères géochimiques et cibles d'exploration

STÉPHANE FAURE (CONSOREM)

Avant tout, les principales caractéristiques géochimiques d'intrusions porphyriques subalcalines minéralisées en Cu-Au sont présentées. La composition en éléments majeurs des protolithes a été estimée en soustrayant l'effet de l'altération hydrothermale, le but étant d'identifier les éléments géochimiques discriminants qui permettent de faire la distinction entre des intrusions minéralisées et non minéralisées. L'approche proposée a conduit à l'élaboration de plusieurs cibles d'exploration régionale, notamment dans la Province du Supérieur.

Une base de données lithogéochimiques provenant de 60 gisements porphyriques subalcalins à Cu-Au a été créée à partir de la littérature. L'effet de l'altération est neutralisé en calculant les oxydes prédits dans le logiciel LithoModeleur par la méthode des bilans de masse sur précurseurs modélisés. Le traitement montre que cette catégorie de porphyres est remarquablement regroupée selon une courbe de différenciation, avec une série allant des diorites gabbroïques jusqu'aux granites, et surtout qu'il n'existe aucune différence géochimique entre les porphyres Cu-Au archéens, protérozoïques et plus récents.

Le défi a été de reconnaître dans les terrains de haut grade métamorphique présents au Québec, la recette géochimique s'approchant le plus des porphyres minéralisés en Cu-Au. Pour ce faire, les 6 393 échantillons géochimiques d'intrusions du SIGÉOM ont été comparés à la banque géochimique des porphyres Cu-Au, afin d'évaluer par des filtres la performance des éléments et des ratios d'éléments les plus discriminants qui caractérisent ce type de minéralisation. L'objectif de cette comparaison est de conserver le maximum de données lithogéochimiques dans la banque de porphyres Cu-Au et d'en soustraire le plus possible de la banque SIGÉOM qui contiendrait, à priori, peu de porphyres minéralisés. Les critères discriminants les plus efficaces à réduire le nombre d'échantillons dans la banque SIGÉOM sont ceux qui utilisent les éléments des terres rares et les indices composites qui tiennent compte d'une série de filtres sur les éléments mineurs et traces. Ces nouveaux critères discriminants permettent dorénavant de reconnaître dans une banque de données lithogéochimiques d'éventuels porphyres subalcalins favorables aux minéralisations en Cu-Au.

Dans le sud de la Province du Supérieur, l'intrusion du Lac Ell près du gisement Roberto ainsi que plusieurs autres intrusions magnétiques au contact entre les roches métasédimentaires de Laguiche et la Ceinture volcaniques d'Eastmain ont été reconnues comme étant potentiellement fertiles. L'intrusion porphyrique minéralisée en Au du Lac Pau ainsi que d'autres intrusions adakitiques d'arc dans la Sous-province d'Ashuanipi sont également considérées comme des cibles d'exploration régionale.

SÉANCE 15

La mine d'or Lac Bachelor : un nouveau modèle plutonique pour l'Abitibi

NOÉMIE FAYOL, MICHEL JÉBRAK (UQAM)
ET LYALL B. HARRIS (INRS-ETE)

Les gisements d'or associés à des intrusions alcalines récentes sont connus à travers le monde (p. ex., les gisements Cripple Creek et Ladolam). Des gisements tardi-archéens sont également présents dans la Province du Supérieur au Canada, en particulier en Abitibi. Depuis l'ouverture des mines Canadian Malartic (2011) et Lac Bachelor (2013), les gisements aurifères liés au magmatisme alcalin tardi-archéen permettent la diversification de l'exploitation aurifère en Abitibi. Leur compréhension est nécessaire afin d'accroître les succès lors de l'exploration de ces systèmes.

Le gisement Lac Bachelor est situé à 165 km à l'WSW de Chibougamau, dans le corridor de déformation régional de Wedding-Lamarck (NW-SW) qui comprend des bassins de type « Timiskaming ». La minéralisation aurifère se trouve en bordure du pluton O'Brien, un intrusif de syénite à quartz polyphasée dans des andésites et des tufs néoarchéens. Les principaux faciès, soit les faciès équi-granulaires et porphyriques, sont recoupés par des aplites de composition similaire représentant les derniers événements magmatiques. La minéralogie du pluton est caractérisée par l'abondance de feldspaths sodiques et potassiques avec, en plus faible proportion, du quartz ainsi que de la biotite et de la chlorite. De la fluorine violette est également présente, soit disséminée dans la syénite, soit dans des veines comagmatiques subhorizontales de Qz-FI-Py-(Au) qui se prolongent dans les tufs encaissants.

Une forte zonalité apparaît depuis le cœur du système vers la périphérie. Des faciès porphyriques caractérisés par des stockwerks de veines de Mt, Qz, Qz-FI-Py-(Au) apparaissent dans l'intrusion et les roches encaissantes au contact. Dans les volcanites plus distales, l'or est essentiellement associé à des sulfures et des oxydes de fer disséminés (Py, Mt, Hm et, plus rarement, Po et Cpy) au sein de zones intensément métasomatisées (Hm-Cb). Les fluides auraient emprunté des discontinuités préexistantes dans les volcanites, en bordure de la syénite. L'étude des isotopes $\delta^{18}\text{O}$ et δD des veines de quartz indique une source magmatique autant pour les faciès porphyriques que pour les veines plus distales dans les zones métasomatisées. De plus, les relations chronologiques entre les phases intrusives et les zones minéralisées montrent des recoupements indiquant la poursuite du magmatisme lors de la formation des zones minéralisées.

L'événement hydrothermal minéralisateur est donc lié au magmatisme alcalin tardi-archéen. Par conséquent, le système minéralisé du gisement Lac Bachelor illustre les rôles complémentaires des processus structuraux et magmatiques tardi-archéens.

SÉANCE 15

Altération hydrothermale à la mine Canadian Malartic : distribution, minéralogie et géochimie d'un système aurifère archéen complexe et multiphasé

STÉPHANE DE SOUZA, BENOÎT DUBÉ, CÉLINE DUPUIS,
PATRICK MERCIER-LANGEVIN (CGC-Q), VICKI MCNICOLL
(CGC-O) ET ROBERT CREASER (UNIVERSITY OF ALBERTA)

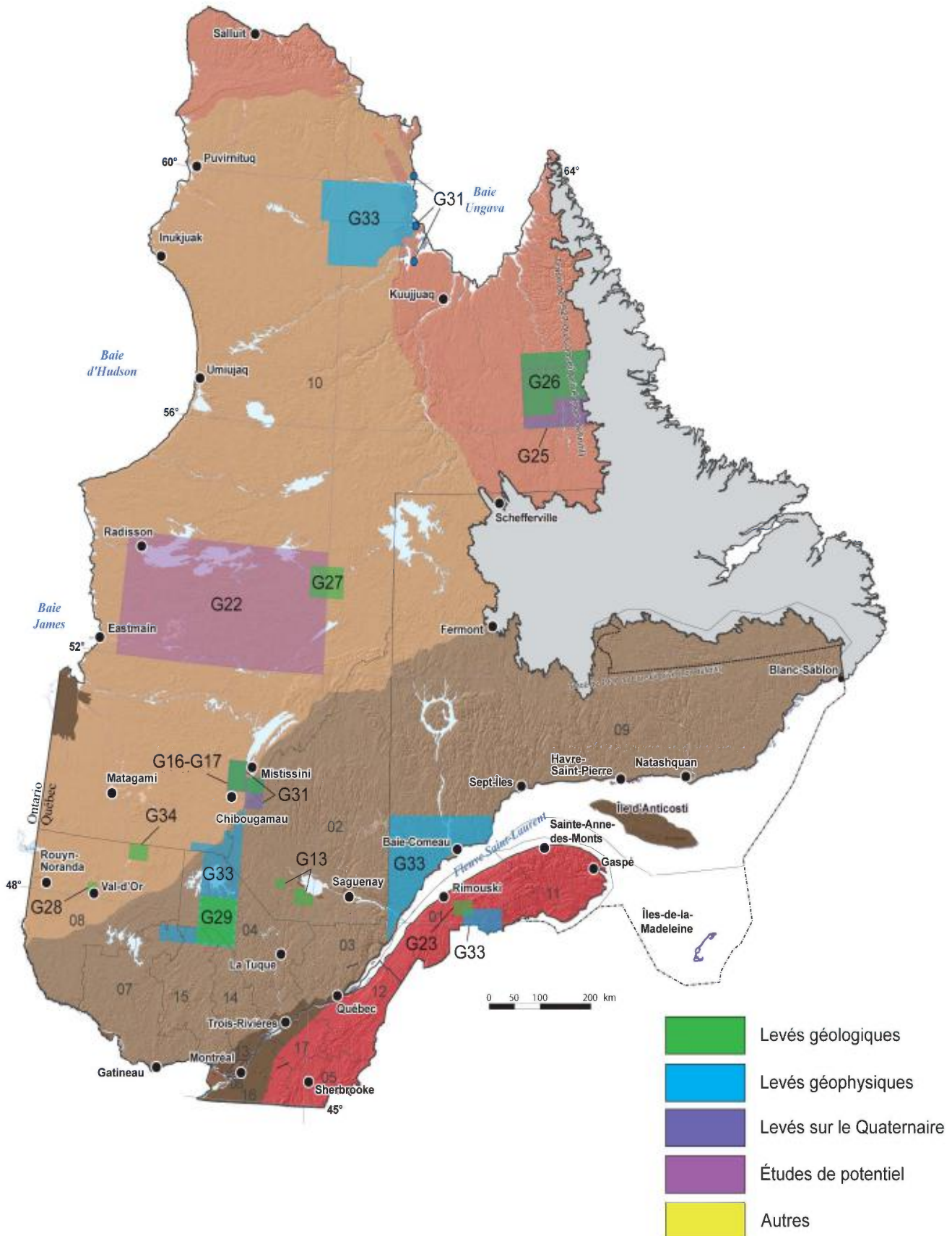
La mine Canadian Malartic exploite un gisement d'or à basse teneur et fort tonnage (réserves prouvées et probables de 10,7 Moz; 343 Mt à 0,97 g/t Au) situé dans la Sous-province de l'Abitibi. La minéralisation est principalement encaissée dans les roches métasédimentaires du Groupe de Pontiac (~70 %) et des intrusions de monzonite à quartz et de granite porphyriques d'âge timiskaming (vers 2678 Ma), au sud de la Faille de Larder Lake-Cadillac. Le Groupe de Pontiac est constitué de grauwacke et de mudrock à ab-qtz-bt-mu-chl $\pm$ py-po-ilm-mt déformés par des plis P2 et un clivage de plan axial S2 à pendage vers le nord-est (65-90°). Deux orientations principales sont reconnues pour les enveloppes minéralisées, NW-SE et E-W. Ces orientations correspondent respectivement à des zones de déformation D2 dans des charnières de plis P2 et à la Faille Sladen, une faille fragile-ductile à pendage vers le sud (45-80°) qui recoupe les intrusions de monzonite à quartz. Les roches minéralisées contiennent principalement de la pyrite (≤ 5 %) disséminée et la signature métallique est caractérisée par l'assemblage Au-Te-W-Bi-Ag. Le Pb et le Mo sont localement présents. L'altération hydrothermale se subdivise en deux assemblages principaux (proximal et distal) dont la distribution est contrôlée par la Faille Sladen et les zones de déformation D2. Cette altération est associée à des veinules et des stockwerks de qtz-cal($\pm$ ank)-bt-chl-ab-fk. Des veines aurifères de qtz-py $\pm$ ab-ga-mo-sph laminées et bréchiques ainsi que des veines aurifères de qtz-carb-tur-mica-felds « pegmatitiques » sont également présentes. Les principales altérations sont la carbonatation, l'albitisation et l'altération potassique (biotite et microcline). Dans les roches sédimentaires, l'enveloppe distale est composée d'un assemblage de bt-ms-pl $\pm$ cal-py-ilm. L'altération proximale correspond à un assemblage d'albite avec des proportions variables de phl-cal-py. Le microcline domine localement le long des principales structures minéralisées, comme celle de la Faille Sladen, et le contenu en Fe et en Mg de la biotite augmente des zones distales à proximales. Dans la monzonite à quartz, l'altération hydrothermale montre une forte zonation avec une enveloppe distale carbonatée à cal-hém, à laquelle se superpose une altération proximale à fk-ab-dol-qtz-py centrée sur la Faille Sladen. La présence de molybdénite et d'altération potassique, la signature Au-Te-W-Bi-Ag et les porphyres hôtes de la minéralisation sont compatibles avec une minéralisation magmatique-hydrothermale synchrone au Timiskaming. Toutefois, la distribution des zones d'altération aurifères le long de la Faille Sladen et dans le plan axial de plis P2 de même que la forte carbonatation qui caractérise le système hydrothermal indiquent l'existence d'une phase de minéralisation aurifère ou de remobilisation synchrone à la déformation principale (D2). La corrélation Au-Te, la nature de l'altération, l'association avec une faille fragile-ductile et l'âge des intrusions rappelle le contexte du gisement Kirkland Lake, tandis que l'albitisation et la carbonatation présentent des analogies avec ceux des gisements Harker-Holloway et Holt-McDermott en Ontario.

RÉSUMÉS DES PHOTOPRÉSENTATIONS

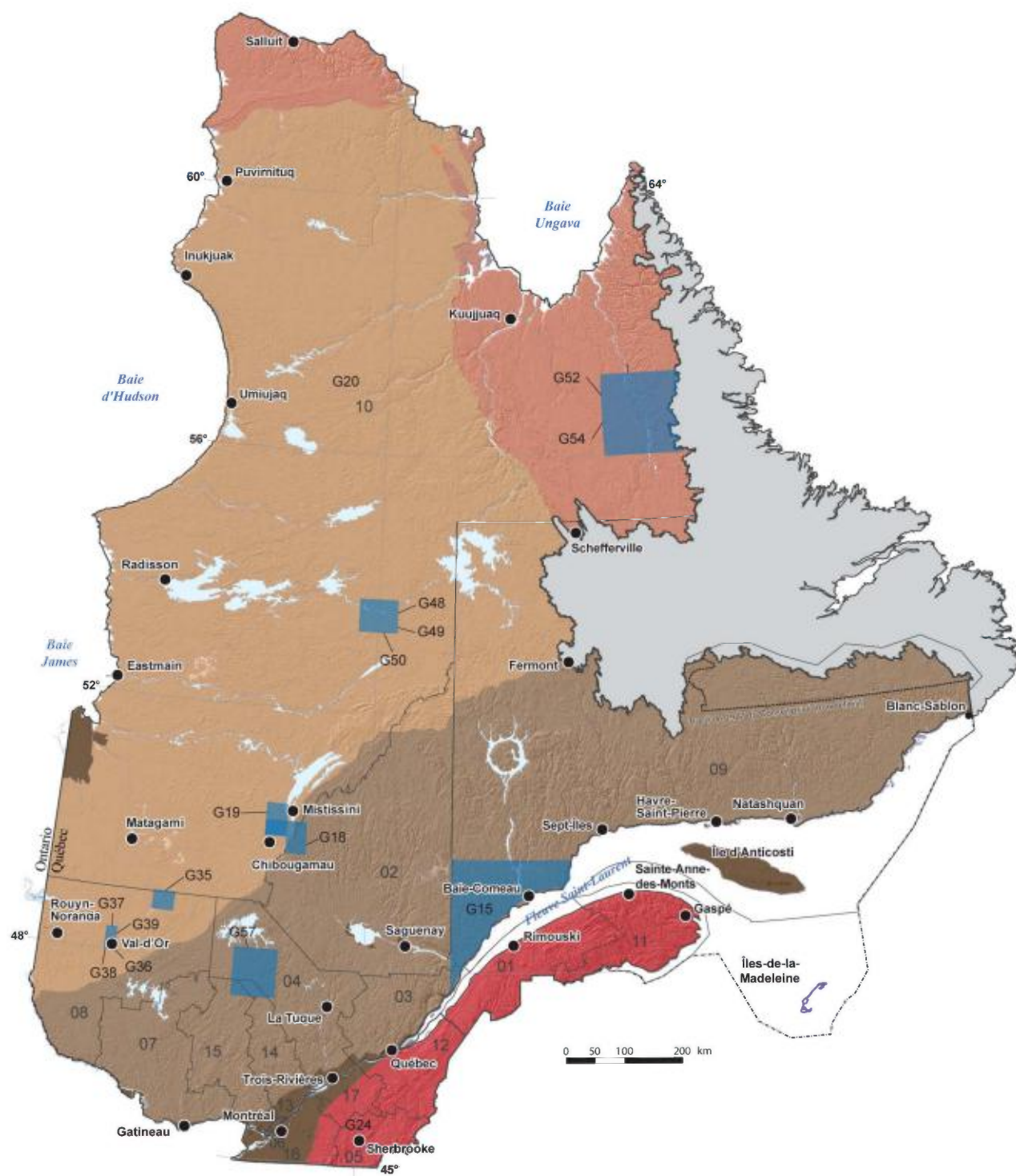
G01	Le diamant, précieuse ressource québécoise.....	51
G13	La pierre architecturale dans les régions de Portneuf, du Lac-Saint-Jean, des Cantons-de-l'Est et de la Côte-Nord	51
G14	Projet d'acquisition de connaissances sur les granites, les gîtes et la géochimie dans le secteur de Saint-Félicien, région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (SNRC 32A08, 32A09 et 32A10)	52
G15	Minéralisations en métaux de base et précieux de la Ceinture volcano-sédimentaire des Escoumins, Grenville central, Côte-Nord	52
G16	Géologie de la région du lac Waconichi (SNRC 32J01) et du lac des Canots (SNRC 32I04)	53
G17		
G18	Évolution tectono-métamorphique de la zone de contact Abitibi-Opatika : apport de la thermochronologie $40\text{Ar}/39\text{Ar}$	53
G19	Analyse structurale de la Zone de cisaillement de la rivière France et de ses minéralisations aurifères, région de Chibougamau, Québec	54
G20	La première croûte continentale du Canada	54
G21	Révision des cartes géologiques de la Fosse du Labrador à l'aide de cartes géophysiques de haute résolution et d'images RapidEye	55
G22	Potentiel en minéralisation de type or orogénique de la Baie-James	55
G23	Compilation géologique de la région du lac Mitis, Bas-Saint-Laurent	56
G24	Compilation géologique des roches siluro-dévonniennes du Synclinorium de Connecticut Valley-Gaspé, Appalaches du sud du Québec	56
G25	Prospection glacio-sédimentaire dans la partie sud-est de la Province de Churchill : échantillonnage combiné de sédiments glaciaires et fluvioglaciaires – Résultats préliminaires pour les régions des lacs Saffray (SNRC 24G), Henrietta (SNRC 24H) et Brisson (SNRC 24A)	57
G26	Géologie et potentiel économique de la région du lac Brisson, Churchill Sud-Est (SNRC 24A)	57
G27	Géologie et potentiel minéral de la région du lac Dalmas, Baie-James (SNRC 23E05, 23E12, 33H08 et 33H09)	58
G28	Géologie de la partie ouest du Groupe de Malartic : le secteur du lac De Montigny (SNRC 32C04-NW), phase 4	58
G29	Géologie de la région de Parent, Grenville ouest, Québec (SNRC 31O09, 31O10, 31O15, 31O16, 32B01 et 32B02)	59
G30	Potentiel de minéralisation en silice au Québec	59
G31	Inventaire des ressources en granulats des régions de Tasiujaq, Aupaluk et de Kangirsuk	60
G31	Cartographie des dépôts quaternaires dans la région de Chibougamau (SNRC 32H12, 32H13, 32J01 et 32J08) – Résultats préliminaires	60
G32	État des nouvelles compilations géoscientifiques au Québec	61
G33	Présentation des données géophysiques publiées en 2014	61
G34	Géologie et potentiel minéral de la région du lac Holmes (SNRC 32C15) : résultats préliminaires	62
G35	Étude structurale et métamorphique du Complexe d'Attic (phase 1) : la région du lac Holmes, Lebel-sur-Quévillon, Québec	62
G36	Caractérisation structurale et métallogénique de l'indice aurifère Malartic Lakeshore, Abitibi, Québec	63
G37	Évolution structurale de la Faille de Cadillac : relations avec les minéralisations aurifères orogéniques et caractérisation du Groupe de Piché, Sous-province de l'Abitibi, Québec	63
G38	Évolution de la Sous-province du Pontiac dans la région de Val-d'Or-Malartic : métamorphisme, déformation et minéralisation aurifère	64
G39	Environnement géologique à la mine Marbridge	64
G40	Les minéralisations aurifères tardi-archéennes associées à la Faille Porcupine-Destor : la propriété Duquesne-Ottoman, Abitibi, Québec, Canada	65
G41	Étude structurale et métallogénique des minéralisations aurifères de la région de Belleterre, Abitibi-Témiscamingue, Québec	65
G42	Assemblage du craton du Supérieur – Contraintes liées aux données géophysiques	66
G43	Étude de données multiparamétriques provenant de carottes de forage d'exploration du gisement Bracemac-McLeod, Matagami – Statistiques multivariées et vecteurs d'exploration	66
G44	Volcanologie et altération, Formation de Waconichi, Membre de Lemoine, Chibougamau (Sous-province de l'Abitibi) : implications pour l'exploration	67
G45	Géologie, styles de minéralisation et d'altération de l'indice aurifère Mustang, Ceinture de roches vertes de la Basse-Eastmain, Province du Supérieur, Québec	67
G46	Géologie et caractéristiques structurales du gisement aurifère Roberto, propriété Éléonore, Province du Supérieur, Baie-James, Québec, Canada	68
G47	Caractérisation pétrographique et géochimique de la Pyroxénite de Baie Chapus, Baie-James : un exemple de minéralisation en Fe-Ti-V dans la Province du Supérieur	68

G48	Minéralisation aurifère du gîte Orfée, Baie-James (Québec)	69	G69	Géoparcs : à quoi ça sert?	78
G49	Contact Opinaca-La Grande : une étude métamorphique et tectonique	69	G76	Cumulats ophiolitiques de King Mountain, Terrane de Cache Creek, Colombie-Britannique – Résultats préliminaires.....	78
G50	Caractérisations géochimiques des unités métasédimentaires des sous-provinces de La Grande et d’Opinaca, Baie-James	70	G77	Intégration et interprétation des informations tridimensionnelles pour les gisements de métaux de base, de métaux précieux et de terres rares.....	79
G51	Caractérisation d’une zone d’altération hydrothermale dans le Batholite de De Pas, Province de Churchill, Québec	70	G78	Études audiomagnétotellurique et pétrophysique du gîte de sulfures massifs Champagne	79
G52	Évolution tectono-métamorphique de l’Orogène des Torngat – Churchill Sud-Est : l’application du grenat comme géothermobaromètre et géochronomètre.....	71	G82	Assurance et contrôle de la qualité (QA/QC) des analyses géochimiques	80
G53	Les mylonites de la rivière George et de Moonbase, Zone noyau, Nunavik : porphyroclastes, linéations et recristallisation dans des zones de cisaillement crustales.....	71	G85	Acceptabilité sociale : définition, facteurs et autres pistes de réflexion	80
G54	Caractérisation pétrologique et géochimique de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk, partie sud-est de la Province de Churchill, Québec	72			
G56	Les EGP du dépôt Delta de la Ceinture de Cape Smith (Nord-du-Québec) : quand le métamorphisme influence le potentiel économique.....	72			
G57	Modélisation de diagrammes de phases comme outil d’exploration pour les gîtes d’oxydes de fer à cuivre-or dans les terrains métamorphiques de forte intensité : application à la Province de Grenville.....	73			
G58	Caractérisation des terres rares dans les apatites d’un dépôt Fe-Ti-P du Lac à Paul, dans la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean	73			
G59	Caractérisation du gisement de P-Ti du Lac à Paul, partie nord de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (Québec) : stratigraphie et chimie minérale	74			
G60	Méthodologies de la découverte minière au Québec au 21 ^e siècle	74			
G61	Méthode d’exploitation par bloc foudroyé.....	75			
G63	Développement d’une nouvelle technologie verte pour la revégétalisation de rejets miniers de mines d’or en utilisant des microorganismes symbiotiques spécifiques associés à l’épinette blanche	75			
G64	Caractéristiques des formations superficielles de la partie sud du projet PACES en Chaudière- Appalaches.....	76			
G65	Réévaluation de la géologie et des modèles d’exploration pour l’or au sud du camp minier de Chibougamau (Abitibi).....	76			
G66	Opportunité pour les sulfures massifs volcanogènes riches en Ag.....	77			
G68	Charlevoix - une région sculptée par le ciel?.....	77			

LOCALISATION DES PROJETS DE GÉOLOGIE QUÉBEC



LOCALISATION DES PROJETS UNIVERSITAIRES



Le diamant, précieuse ressource québécoise

FANNY CHAPPELLE (CÉGEP DE L'ABITIBI-TÉMISCAMINGUE)

Le nord du Québec est connu des scientifiques pour son excellent potentiel diamantifère.

En effet, après la découverte de deux cheminées de kimberlite sur la propriété Foxtrot (Renard) en décembre 2001, quarante-deux mille claims ont été enregistrés dans le Moyen-Nord du Québec.

Le projet Renard de Stornoway, situé sur la propriété Foxtrot, sera la première mine de diamants à voir le jour au Québec. Avec 1,6 million de carats produits par an, la future mine placera le Québec au 6^e rang mondial des producteurs de diamant. L'État prévoit des retombées économiques équivalentes à 1 milliard de dollars et la création de plus de 500 emplois.

Les diamants retrouvés dans les cheminées du projet Renard se sont formés en profondeur dans des conditions de pression et température élevées, il y a 47 à 540 millions d'années. Après l'éruption kimberlitique, les glaciers ont érodé les cheminées, laissant derrière eux des dépôts renfermant des diamants.

Après la découverte des cheminées kimberlitiques, plusieurs étapes ont suivi afin de déterminer leurs potentiels diamantifères. L'interprétation des données géologiques et un programme d'échantillonnage en vrac ont permis d'estimer la rentabilité du projet. Afin de tirer profit du minerai, la mine comprendra une fosse à ciel ouvert et des installations souterraines. Il est ainsi prévu que les gîtes Renard 2 et Renard 3 seront exploités à la fois en surface et sous terre, alors que le gîte Renard 4, situé sous le lac Lagopède, ne sera exploité que sous terre.

Le schéma conçu pour l'usine de traitement comprend trois étapes de broyage dans le but d'obtenir une granulométrie idéale, un processus de concentration par méthode de séparation en milieu dense (DMS) et, enfin, la récupération des diamants par identification en présence de rayons X ainsi qu'un procédé de lubrification.

Le diamant est doté de nombreuses propriétés qui en font une pierre précieuse unique en son genre. En plus de sa dureté exceptionnelle, le diamant a un fort indice de réfraction, ce qui en fait une gemme d'une grande beauté. Il est utilisé dans différents domaines, notamment dans la joaillerie, la recherche scientifique et les industries de hautes technologies.

Toutefois, le marché mondial du diamant est entaché depuis quelques décennies. Afin d'éradiquer le commerce des « diamants de la guerre », les pays producteurs de l'Afrique du Sud ont établi un système de certification du diamant brut pour contrôler sa production et sa commercialisation. Depuis 2012, 81 pays ont adopté ce processus qui a permis de prévenir les « conflits en faveur de la paix et de la sécurité ». Le Canada est l'un de ces pays qui ont favorisé la stabilité de pays fragiles. Les diamants produits au projet Renard obtiendront cette certification.

Référence

Kimberley Process

Site : <http://www.kimberleyprocess.com/fr/historique-et-fondements-0>

La pierre architecturale dans les régions de Portneuf, du Lac-Saint-Jean, des Cantons-de-l'Est et de la Côte-Nord

N'GOLO TOGOLA ET RICARDO ESCOBAR (MERN)

Au cours de l'été 2014, nous avons effectué des travaux de terrain dans les régions du Lac-Saint-Jean (22D12, 22E06), de Portneuf (31P01), des Cantons-de-l'Est (31H03) et sur la Côte-Nord (22 I05, 22I06, 22I07, 22I08, 12L03, 12L05, 12L06). Ces travaux consistaient soit à une mise à jour des carrières existantes de pierre architecturale et de pierre concassée, soit à une description détaillée des nouvelles carrières de pierre architecturale et de pierre concassée, dans le but d'élaborer une fiche d'information détaillée sur chacune de ces carrières.

Les travaux de terrain ont été réalisés du 16 juin 2014 au 14 juillet 2014. Au cours de cette période, nous avons visité 32 carrières existantes de pierre architecturale et 10 nouvelles carrières de pierre architecturale et de pierre concassée. Nous avons procédé à un échantillonnage systématique de chacune des carrières visitées dans le but de promouvoir la pierre architecturale du Québec.

Dans la région du Lac-Saint-Jean, nous avons visité des carrières de pierre architecturale dans les secteurs de Chute-du-Diable, de Chute-des-Passes, de Saint-Nazaire et de Bégin. Les diverses lithologies de roche exploitée dans ces différents secteurs comprennent des anorthosites, des norites et des leuconorites faisant partie de la Suite anorthositique du Lac-Saint-Jean de même que des monzonites quartzifères associés aux intrusions granitiques du Pluton de Saint Ambroise.

Dans la région de Portneuf, nous avons visité plusieurs carrières dans le secteur de Rivière-à-Pierre. Les divers types de roche exploitée dans ce secteur sont des farsundites, des mangérites et des mangérites quartzifères de la Suite plutonique de Rivière-à-Pierre.

Dans les Cantons-de-l'Est, nous avons visité quelques carrières de pierre architecturale, de pierre concassée et de pierre industrielle dans le secteur de Saint Armand ainsi que dans le secteur de Bedford. Les types de roche exploitée sont des calcilutites des formations de Strites Pond et de Wallace Creek.

Sur la Côte-Nord, nous avons visité des carrières de pierre architecturale et de pierre concassée entre Sept-Îles et Baie-Johan-Beetz. Les types de roche exploitée sont des anorthosites et des mangérites de la Suite anorthositique de Havre-Saint-Pierre, des gneiss granitiques du Complexe de Manitou, des calcaires de la Formation de Mingan et des dolomies de la Formation la Romaine.

Projet d'acquisition de connaissances sur les granites, les gîtes et la géochimie dans le secteur de Saint-Félicien, région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (SNRC 32A08, 32A09 et 32A10)

CHRISTIAN TREMBLAY, SAMUEL MORFIN
ET RÉAL DAIGNEAULT (CONSOREM-UQAC)

Cette étude qui constitue la deuxième phase du projet d'acquisition de connaissances au Saguenay-Lac-Saint-Jean couvre le secteur sud-ouest du lac Saint-Jean, soit les feuillets SNRC 32A10, 32A09 et, surtout, 32A08. Une attention particulière a été portée aux différents faciès de roches granitiques (au sens large), notamment dans le feuillet 32A08. Les travaux de terrain ont aussi permis une reconnaissance de la géologie plus à l'ouest (feuillets 32A07, 32A06 et 32A11). La zone étudiée se situe dans la portion centrale de la Province de Grenville.

Le Complexe de Barois, l'unité la plus ancienne de la région, occupe la partie ouest de la zone d'étude. Il comprend un ensemble de paragneiss et de granodiorite/charnockite foliés avec, localement, des niveaux d'amphibolites. Dans la partie est de la zone d'étude se trouve le Complexe de Belley, un complexe dominé par des monzonites foliées à phénocristaux de feldspath potassique qui contient aussi des granites et syénogranites communément foliés. Le Complexe de Lachance, une mangérite porphyrique, régulièrement massive, s'injecte dans ces deux grandes unités et forme des massifs de forme arrondie. La Gabbro-norite de Claire, hôte de l'indice du Lac Touladi, est surtout observée dans la Mangérite de Lachance. Au pourtour du lac Saint-Jean, les calcaires ordoviciens du Groupe de Trenton et les shales d'Utica recouvrent le socle grenvillien.

Le grain structural de la région est surtout orienté nord-sud, mais est perturbé par les mangérites du Complexe de Lachance. Plusieurs failles régionales grenvilliennes produisant des zones mylonitisées sont suivies sur plusieurs kilomètres. La structure du graben impose une morphologie NW-SE qui produit de nombreux linéaments de même direction.

D'un point de vue économique, le couloir de Lac-Bouchette (feuillet 32A08) contient le dépôt de silice du Lac-Bouchette ainsi qu'un indice de silice à proximité de la rivière Métabetchouan.

Les travaux de reconnaissance dans les secteurs les plus à l'ouest ont révélé la présence de plusieurs affleurements, principalement des roches métasédimentaires à sulfures et graphite (feuillet 32A07). Des quartzites ont aussi été observés dans ces séquences de paragneiss. Le feuillet 32A06, quoique seulement partiellement cartographié, montre un potentiel intéressant pour la pierre architecturale, avec la présence de très grands massifs de mangérite très peu fracturés.

Minéralisations en métaux de base et précieux de la Ceinture volcano-sédimentaire des Escoumins, Grenville central, Côte-Nord

PIERRE-ARTHUR GROULIER (MEMORIAL UNIVERSITY OF NEWFOUNDLAND), ABDELALI MOUKHSIL (MERN),
APHRODITE INDARES, GREG DUNNING ET STEPHEN J.
PIERCEY (MEMORIAL UNIVERSITY OF NEWFOUNDLAND)

Les régions des Escoumins et du Petit-Saguenay situées au sein de la Province de Grenville (Québec) sont caractérisées par la présence de roches volcaniques et sédimentaires métamorphisées au faciès des amphibolites. Les travaux antérieurs ont permis de définir les grandes unités de la région : le Complexe de Tadoussac et le Groupe de Saint-Siméon. Le Complexe de Tadoussac est formé de migmatites et de gneiss tonalitiques, granodioritiques ou granitiques, alors que le Groupe de Saint-Siméon est constitué d'un assemblage de roches supracrustales métasédimentaires (quartzite, méta-arkose, conglomérats, roches calcosilicatées, métagrauwacke et quelques rares niveaux de marbre et de paragneiss) et métavolcaniques mafiques à felsiques (basalte, basalte andésitique, andésite, dacite et rhyolite). Les métavolcanites mafiques dominent et se présentent sous forme de niveaux plus ou moins massifs d'amphibolites interprétées comme des coulées et des dépôts volcanoclastiques (hyaloclastites, brèches et tuf à cendres, à lapilli, à ponces, à flammes et à bombes). Les faciès felsiques (dacitique à rhyolitique) probablement d'origine volcanoclastique sont observés localement au sein des amphibolites. L'ensemble des roches supracrustales est recoupé par des roches intrusives (dykes, sills et plutons felsiques à ultramafiques). La géochimie des roches intrusives, mais aussi des roches extrusives, indique un contexte d'arc et d'arrière arc. Ce résultat est aussi conforme avec l'âge pinwarien (1492 Ma) obtenu sur un tuf felsique. Un tel contexte géologique est plus que favorable pour la formation de gîtes et d'indices en métaux de base et précieux. Quelques indices de Cu-Au-Ag associés à des veines de quartz dans les roches supracrustales sont déjà connus, les altérations qui leur sont associées (biotite-fluorine-quartz) et les paragenèses minérales (chalcosite-malachite-azurite-chalcopryrite-pyrite) favorisent une remobilisation des métaux contenus au sein des roches volcaniques. À proximité de Sacré-Coeur, des niveaux à quartz, veinules de sillimanite et phlogopite minéralisés en sphalérite-chalcopryrite-pyrite-galène, à l'intérieur de roches métasédimentaires (paragneiss et marbre) directement en contact avec des amphibolites, pourraient représenter d'anciens niveaux exhalatifs de type SEDEX, en raison de la minéralisation qui est concordante avec la séquence. Des roches intrusives mafiques à ultramafiques servant de conduit nourricier et de chambre magmatique pour les roches volcaniques sont aussi présentes et localement minéralisées en Au-EPG-Cu-Ni. Les zones les plus riches sont associées à des zones de cisaillement NE-SW qui ont pu favoriser la circulation de fluides hydrothermaux, entraînant un enrichissement des teneurs. La présence à l'échelle régionale de veines à quartz-épidote-magnétite $\pm$ grenat $\pm$ titanite $\pm$ chlorite $\pm$ amphibole $\pm$ sulfures dans les amphibolites et la découverte de deux nouveaux indices à Cu-Ag $\pm$ Au associés à ces zones d'intense circulation hydrothermale sont typiques des milieux associés aux SMV au sein d'arc et d'arrière arc. Tous ces éléments font de la Ceinture volcano-sédimentaire des Escoumins, un secteur relativement peu exploré, une cible non négligeable pour la recherche de minéralisation en métaux de base et précieux.

Géologie de la région du lac Waconichi (SNRC 32J01) et du lac des Canots (SNRC 32I04)

FRANÇOIS LECLERC, FRANCIS TALLA TAKAM (MERN),
YANNICK DAOUDENE ET CHRISTINE VÉZINA (UQAM)

La révision cartographique de la région du lac Waconichi (feuillet SNRC 32J01) et du lac des Canots (feuillet SNRC 32I04) s'inscrit dans le cadre d'un levé couvrant la région de Chapais-Chibougamau. Les objectifs de ce projet sont : a) améliorer la connaissance géologique du secteur des lacs Chevrillon et du Sauvage, dont la dernière cartographie remonte à 1956; b) caractériser la nature du contact entre les sous-provinces de l'Abitibi et d'Opatica; c) raffiner la cartographie à l'est de la Zone tectonique du Front de Grenville (feuillet SNRC 32I04) à l'aide du récent levé aéromagnétique et de l'ajout de nouvelles données géochimiques et géochronologiques; d) examiner le potentiel pour les minéralisations de types SMV et filonienne aurifère. Le secteur étudié couvre la limite entre les roches volcaniques et sédimentaires de la Sous-province de l'Abitibi, aux faciès des schistes verts et des amphibolites (2,80-2,63 Ga), et les roches volcano-plutoniques de la Sous-province d'Opatica, au faciès des amphibolites (2,81-2,66 Ga). Cette limite est partiellement couverte par une discordance d'érosion, au-dessus de laquelle se trouvent les roches sédimentaires des formations de Chibougamau (2,49-2,45 Ga) et d'Alban (1,95-1,75 Ga). Dans la Sous-province de l'Abitibi, les cibles à privilégier pour l'exploration des SMV se situent au nord du Pluton du lac France où les roches volcaniques mafiques de la Formation de Bruneau comprennent des filonets et des zones de sulfures massifs à sphalérite-galène (Zn-Pb). Sur les flancs nord et sud du Synclinal de Waconichi, les roches volcanoclastiques de la Formation de Blondeau comprennent des tufs à fragments de sulfures massifs et des amas de sulfures massifs pyriteux. Les meilleures cibles pour la minéralisation aurifère filonienne se trouvent sous la forme de veines à quartz-tourmaline-pyrite dans les couloirs de déformation E-O de Faribault et du lac France. Les roches volcaniques de la Formation de Bruneau et les intrusions stratiformes de gabbro apparaissent fortement chloritisées et ankéritisées, tandis que les tufs felsiques pyriteux et les dykes felsiques à phénocristaux de quartz-feldspath sont séricitisés. La cartographie et l'interprétation structurale préliminaire de la région de la baie Pénicouane dans la Sous-province d'Opatica (feuillet SNRC 32J08, au nord du secteur étudié) dévoilent une série de dômes granitoïdes dont la morphologie est soulignée par la présence de lentilles discontinues de roches ultramafiques (péridotites) à mafiques (amphibolites). Dans la partie est du secteur d'étude, les roches archéennes de l'Abitibi et d'Opatica sont oblitérées par la Zone tectonique du Front de Grenville et les intrusions du Parautochtone. Ces roches ont subi le métamorphisme grenvillien au faciès des amphibolites (1,3-1,0 Ga). Les analyses géochronologiques en cours permettront de mieux caractériser l'évolution des assemblages plutoniques et de la déformation.

Évolution tectono-métamorphique de la zone de contact Abitibi-Opatica : apport de la thermochronologie $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

YANNICK DAOUDENE, ALAIN TREMBLAY (UQAM), GILLES RUFFET (UNIVERSITÉ DE RENNES 1 ET CNRS, FRANCE),
JEAN GOUTIER ET FRANÇOIS LECLERC (MERN)

La Province du Supérieur est principalement constituée de ceintures de roches vertes et de ceintures plutoniques de type TTG, amalgamées durant l'orogénèse kénoréenne aux alentours de 2,72-2,68 Ga. Si la géologie de ces unités est globalement bien comprise, la nature de leurs contacts ainsi que l'âge et la durée du ou des épisodes tectono-métamorphiques régionaux qui leur sont associés restent souvent méconnus, comme le contact entre la Ceinture de roches vertes de l'Abitibi et la Ceinture plutonique d'Opatica. Ces informations sont pourtant essentielles si l'on souhaite discuter de l'évolution tectono-métamorphique de ces portions de croûte ancienne ou débattre des modes de déformation crustale à l'Archéen.

À travers l'analyse structurale et métamorphique d'une région localisée entre le lac au Goéland, à 90 km à l'est de Matagami, et Chibougamau, nous montrons que les séries volcaniques et sédimentaires de l'Abitibi reposent sur les roches plutoniques de la Ceinture d'Opatica; l'ensemble étant marqué par une schistosité/foliation régionale est-ouest et découpé par des zones tardives de cisaillement avec décrochement. Du sud vers le nord, en direction du contact avec l'Opatica, les conditions métamorphiques des roches volcaniques et sédimentaires de l'Abitibi augmentent progressivement, passant du faciès des schistes verts à celui des amphibolites. Bien que rarement observé, le contact entre les ceintures de l'Abitibi et d'Opatica ne semble pas marqué par une déformation importante. Nous pensons de ce fait que les roches de l'Opatica forment le soubassement des séries de l'Abitibi.

Des micas et des amphiboles provenant de roches métamorphiques et ignées ont été datés par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Les résultats suggèrent que le métamorphisme régional, associé à la tectonique compressive nord-sud, débute vers 2685 Ma. Entre -2685 et -2632 Ma, les domaines profonds de l'Abitibi et les roches sous-jacentes de l'Opatica atteignent les conditions métamorphiques du faciès des amphibolites et la déformation compressive est accompagnée d'un aplatissement nord-sud et d'un fluage vertical de la matière crustale. Par la suite, lors du refroidissement des roches, il se produit une localisation de la déformation, qui, dès -2600 Ma, se traduit par des mouvements de décrochements sénestres et dextres, le long de corridors de déformation NE-SW et NW-SE respectivement; une caractéristique indiquant que le fluage latéral de la croûte « profonde » est devenu prédominant.

La compilation de nos données thermochronologiques à celles précédemment acquises dans le sud-est de la Province du Supérieur suggère que l'âge du métamorphisme régional et des déformations associées est sensiblement le même dans l'ensemble de la région. Les caractéristiques géochronologiques et structurales de la région étudiée favorisent plutôt un modèle « verticaliste », ce qui est difficilement compatible avec l'hypothèse encore récemment proposée d'une dynamique de subduction au contact entre les ceintures de l'Abitibi et d'Opatica.

Analyse structurale de la Zone de cisaillement de la rivière France et de ses minéralisations aurifères, région de Chibougamau, Québec

CHRISTINE VÉZINA, YANNICK DAOUDENE,
ALAIN TREMBLAY (UQAM) ET FRANÇOIS LECLERC (MERN)

Le camp minier de Chibougamau, situé dans le nord-est de la Sous-province archéenne de l'Abitibi, a constitué le deuxième secteur minier en importance au Québec de 1955 à 2008 (60,09 Mt de minerai ayant produit 994 802 t Cu, 160 t Au et 102 t Ag). Reconnu pour ses gisements filoniens à Cu-Au, ce camp minier est également l'hôte de filons aurifères à quartz-carbonate-tourmaline recoupant des séries volcaniques et sédimentaires métamorphisées au faciès des schistes verts. Les études régionales antérieures ont démontré la relation spatiale entre ce type de gîte aurifère et les zones de cisaillement E-W, mais les relations chronologiques restent à préciser. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la chronologie relative des déformations et d'y établir la place des minéralisations aurifères filoniennes. Pour atteindre cet objectif, l'étude se base sur une analyse structurale détaillée d'un indice filonien aurifère typique du camp minier de Chibougamau, l'indice Monexco, ainsi que sur une caractérisation structurale à l'échelle régionale.

L'indice Monexco est situé à 30 km au nord de Chibougamau, le long de la zone de cisaillement de la rivière France. Les roches volcaniques et sédimentaires des formations de Bruneau et de Blondeau sont recoupées par des dykes quartzofeldspathiques porphyriques et des filons-couches de gabbro. L'ensemble de ces lithologies est déformé au sein d'un corridor de déformation E-W (d'une épaisseur de 150-250 mètres), caractérisé à la fois par une foliation E-W (S2) et une schistosité NE-SW (S3) liée au développement tardif de zones de cisaillement à mouvement décrochant dextre. À une échelle plus régionale, les observations structurales suggèrent l'existence d'un corridor de déformation d'une épaisseur moyenne de 450 mètres, constitué d'un réseau anastomosé de zones de cisaillement; la cinématique essentiellement verticale (D2) ayant été ultérieurement affecté par un mouvement décrochant dextre (D3). La minéralisation aurifère se concentre dans des veines de tension composées de quartz, d'ankérite, de tourmaline et de sulfures aurifères, principalement de la pyrite. Les épontes semblent présenter une minéralisation disséminée en pyrite. Les minéraux d'altération dominants sont la chlorite, la séricite, la tourmaline et l'ankérite. Les veines de tension, principalement orientées N-S et NNE-SSW, ont subi la déformation D3 et sont probablement pénécontemporaines à D2. En précisant la chronologie des déformations et la place des minéralisations filoniennes aurifères au sein d'une zone de cisaillement typique de la région de Chibougamau, cette étude servira de guide régional pour l'exploration de ce type de gisement.

La première croûte continentale du Canada

CHRISTOPHE AZEVEDO, MICHEL JÉBRAK (UQAM),
ANDREA AMORTEGUI (MERN) ET JEAN-FRANÇOIS MOYEN
(UNIVERSITÉ JEAN MONNET)

Le nord-est de la Province du Supérieur (NEPS) est l'un des blocs continentaux néoarchéens les plus grands du monde. Il est formé majoritairement de roches plutoniques felsiques, principalement des tonalites, des granites, des granodiorites et des charnockites ainsi que, plus rarement, des monzonites et des syénites. Cet environnement plutonique différencié témoigne des premiers stades d'évolution magmatique reconnus au sein des cratons archéens. Au cœur du NEPS, le magmatisme évolue d'un stade primaire sodique (suites de TTG; 2830-2740 Ma) à un magmatisme potassique (2740-2680 Ma), souligné par la mise en place d'unités potassiques de granodiorite et de granite. Une troisième étape correspondrait à la mise en place d'unités tardives de syénite et de carbonatite (2680-2640 Ma).

Environ 1 400 échantillons ont été traités à partir d'une base de données de 6 100 échantillons initialement collectés au cours du programme de cartographie Grand-Nord (1998-2003) réalisé par le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles sur l'ensemble du territoire étudié. Outre la possibilité de caractériser les processus magmatiques en cause dans la croissance crustale tardi-archéenne au sein du NEPS, ces données géochimiques présentent également un intérêt afin de tracer des environnements plutoniques favorables aux minéralisations porphyriques, en terres rares et dans des granites à Sn-W.

Les compositions de la plupart des complexes tonalitiques ou diatexitiques peuvent s'interpréter comme un mélange (ou une séparation incomplète) entre solide et liquide témoignant de la fusion partielle de lithologies initialement contrastées (tonalites d'un premier cycle, sédiments...). Dans ce modèle, les suites granitiques tardives peuvent être interprétées comme des secteurs où la phase liquide a été extraite et concentrée. Le NEPS pourrait par conséquent être assimilé à une vaste croûte fondue dont l'extraction de liquide aurait permis la formation de la croûte continentale granitique identifiée sur le terrain.

D'un point de vue métallogénique, l'état d'oxydoréduction des roches intrusives contrôle la précipitation des sulfures et de la magnétite, et donc des minéralisations. Le contenu en FeO a permis de classer les suites plutoniques du NEPS en fonction de leur état d'oxydation. Les minéralisations de types Cu-Au et Cu-Mo se trouvent généralement associées à des intrusifs oxydés et peu fractionnés (série à magnétite). À la différence, les minéralisations de types Sn et Sn-W se trouvent associées aux intrusifs réduits et fractionnés (série à ilménite). Les analyses du fer d'intrusifs différenciés du NEPS semblent montrer un potentiel métallifère favorable pour des minéralisations de types Cu-Au et Cu-Mo dans la région. La majorité des intrusifs analysés appartient à la série évolutive à magnétite suggérant un état d'oxydation important de cette croûte à l'Archéen (rapport $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ moyen de 0,84). Cette croûte archéenne présente un état d'oxydation plus homogène et légèrement plus oxydé que les croûtes continentales phanérozoïques.

Révision des cartes géologiques de la Fosse du Labrador à l'aide de cartes géophysiques de haute résolution et d'images RapidEye

THOMAS CLARK (URSTM-UQAT) ET KATHLEEN O'BRIEN (MERN)

Le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec procède à une révision des cartes géologiques de la Fosse du Labrador (Orogène du Nouveau-Québec) à l'échelle du 1/50 000. À ce jour, les cartes de la moitié nord (environ 45 cartes) de la région ont été révisées. Pour ce faire, nous avons utilisé principalement des cartes magnétiques et spectrométriques de haute résolution provenant de levés aériens réalisés depuis 2009 par Géologie Québec et Ressources naturelles Canada, des cartes magnétiques réalisées lors d'un levé fédéral plus ancien ainsi que des images satellitaires RapidEye. Deux principes sont à la base de cette révision : (1) la stratigraphie établie de la Fosse doit être respectée et (2) la troncature d'une anomalie géophysique par une autre suggère la présence d'une faille. L'application de ces principes a des conséquences importantes; par exemple, chaque unité lithologique cartographiée doit faire partie d'une unité stratigraphique reconnue ou postulée et la superposition structurale d'une unité plus vieille sur une unité plus jeune doit avoir une explication sur la carte, telle que la présence d'une faille de chevauchement ou d'un pli. Cette révision a permis de compléter la géologie dans des secteurs couverts par des dépôts meubles, de suivre des unités géologiques morcelées sur les cartes existantes, de mieux définir des failles et des plis et de mieux comprendre la structuration générale de la Fosse. Elle permettra aussi une évaluation plus juste du potentiel minéral de la Fosse.

La révision des cartes géologiques se fait en deux étapes. Dans un premier temps, le géologue corrige, sur des cartes papier, les contacts géologiques, les noms des unités géologiques, les failles et les plis en se servant principalement des cartes géophysiques de haute résolution (le champ magnétique résiduel total et le gradient vertical) et des images RapidEye. Par après, la géomaticienne corrige les éléments géométriques (polygones et lignes) et les éléments descriptifs (par ex., définition et codes lithologiques des zones) de la base de données SIGÉOM, valide les corrections et assure la diffusion de la carte au public.

Afin d'illustrer les résultats de cette révision, nous présentons quatre cartes adjacentes (24F01 à 24F04) s'étendant de la limite ouest de la Fosse (Province du Supérieur) jusqu'à sa limite est (Zone noyau). Nous comparons la géologie connue précédemment avec celle résultant de la révision et, pour référence, nous montrons la carte du gradient vertical du champ magnétique. Plusieurs sites d'intérêt sont indiqués et commentés.

Potentiel en minéralisation de type or orogénique de la Baie-James

GUILLAUME ALLARD, JEAN GOUTIER ET DANIEL LAMOTHE (MERN)

Un projet d'évaluation de potentiel en minéralisation de type or orogénique a permis de définir des zones de haute favorabilité (ZHF) pour ce type de métallogenèse à la Baie-James (SNRC 33A, 33B, 33C, 33F, 33G et 33H). Ce projet est une mise à jour du rapport EP-2008-01 (Lamothe, 2008).

Méthode

Il existe deux grandes classes de méthode de traitement pour l'évaluation de potentiel :

- ▶ Méthodes empiriques (*data-driven*);
- ▶ Méthodes conceptuelles (*knowledge-driven*).

L'approche utilisée, la logique floue hybride, tient compte à la fois de la méthode empirique et de la méthode conceptuelle. Cette méthode hybride permet de combiner le jugement de l'évaluateur pour l'attribution de valeur floue de favorabilité et l'approche semi-empirique (calculs de probabilité d'association par la méthode du poids de la preuve).

Traitement des données

Le traitement des données a été entièrement réalisé dans Model Builder. Les traitements d'altération (bilan de masse) ont été générés à partir de la norme LithoModèleur du Consorem. Les traitements d'analyse spatiale ont permis d'attribuer une valeur de contraste à 32 différents paramètres qui ont montré une association spatiale positive avec un ensemble de 113 gîtes aurifères (gîtes travaillés, gisement à tonnage évalué et mines) dans le secteur de la Baie-James. Ces paramètres sont regroupés en six grandes classes :

- ▶ contrôle lithologique;
- ▶ contrôle structural;
- ▶ altération;
- ▶ sulfures et métaux;
- ▶ géophysique;
- ▶ environnement secondaire.

Ces différents paramètres ont été pondérés par la technique du poids de la preuve (WOFE) et combinés avec des outils de logique floue.

Résultats

La détermination du seuil minimal de haute favorabilité a été effectuée à partir d'une analyse statistique, en considérant les gîtes connus de la Baie-James. Les ZHF couvrent une superficie de 1 062 km² dont 27 % (288 km²) sont libres de jalonnement en date du 18 octobre 2014. Ces zones de haute favorabilité seront disponibles directement sur GESTIM durant le congrès Québec Mines.

Compilation géologique de la région du lac Mitis, Bas-Saint-Laurent

ROBERT THÉRIAULT, CLAUDE DION
ET STÉPHANE BEAUSÉJOUR (MERN)

Des travaux de cartographie géologique couvrant quatre feuillets à l'échelle de 1/20 000 (22B04-201, 22B05-101, 22C01-202 et 22C08-102) ont été réalisés au cours du mois de juin 2014 dans la région du lac Mitis, dans le Bas-Saint-Laurent. Les nombreux nouveaux accès routiers dans le secteur ont permis d'atteindre un territoire où il existait très peu de données géologiques antérieurement.

La région cartographiée fait partie du Synclinorium de Connecticut Valley-Gaspé de la Ceinture de Gaspé et est constituée principalement de roches sédimentaires siluro-dévonienues déposées dans un bassin intracratonique formé après l'Orogénèse taconique. Les séquences sédimentaires cartographiées appartiennent aux groupes de Cabano et de Chaleurs ainsi qu'aux Calcaires supérieurs de Gaspé. Un rajeunissement des unités est observé vers le nord-est. Les séquences sont caractérisées par une succession de plis ouverts orientés NE-SW, avec la présence commune de failles normales ou en décrochement de même orientation.

Le Groupe de Cabano (Ordovicien-Silurien) se retrouve dans le sud-ouest de la région. Il est constitué de mudstones gris foncé à clivage ardoisier interlités avec des wackes lithiques gris. Le Groupe de Chaleurs (Siluro-Dévonien) repose en discordance d'érosion sur le Groupe de Cabano. Dans la région d'étude, il est constitué des formations d'Awantjish, de Val-Brillant et de Sayabec, soit la partie inférieure de ce groupe, et de la Formation de Saint-Léon, qui représente sa partie supérieure. La Formation d'Awantjish, peu exposée dans les feuillets adjacents, affleure de façon substantielle dans la région d'étude. Elle se compose de mudstones rouges et verts, ceux-ci étant 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, avec localement des niveaux conglomératiques. La partie basale de cette formation consiste en de minces lits de grès fin quartzitique gris foncé interlités avec des niveaux de mudstone gris très foncé typique du sommet de la Formation d'Awantjish. Quant à la Formation de Sayabec, elle est constituée de calcarénite fossilifère et n'affleure que dans l'ouest de la région. Au-dessus repose la Formation de Saint-Léon, une épaisse séquence de siltstone et de grès fin laminaire calcaireux à non calcaireux associés localement à des niveaux de calcisiltite. Un conglomérat calcaire est présent près de la base de l'unité. Les Calcaires supérieurs de Gaspé (Dévonien) affleurent dans le nord-est de la région, où l'on retrouve principalement des calcilitites appartenant à la Formation de Forillon, surmontées par les mudstones et les roches calcaireuses des formations de Shiphead et d'Indian Cove respectivement. Enfin, des filons-couches de gabbro d'âge dévonien appartenant à la Suite intrusive de Lemieux ont été observés par endroits.

Bien qu'aucun indice minéralisé n'ait été observé durant nos travaux de cartographie, il existe tout de même un certain potentiel pour les gîtes de Pb-Zn ainsi que pour les minéraux industriels telles la silice (Formation de Val-Brillant) et l'alumine (Formation d'Awantjish). La région présente toutefois un bon potentiel pour les hydrocarbures, étant donné la présence, entre autres, de nombreuses structures anticlinales.

Compilation géologique des roches siluro-dévonienues du Synclinorium de Connecticut Valley-Gaspé, Appalaches du sud du Québec

MORGANN PERROT ET ALAIN TREMBLAY (UQAM)

Dans les Appalaches du Québec, la majeure partie des roches siluriennes et dévonienues de la Ceinture de Gaspé affleure au sein du Synclinorium de Connecticut Valley-Gaspé (SCVG). Dans le sud du Québec, le SCVG est situé dans le toit de la Faille de La Guadeloupe, une importante faille inverse reliée à l'orogénie acadienne, au Dévonien moyen. Le SCVG comprend les roches sédimentaires et volcaniques du Groupe de St-Francis et des formations de Seboomook, de Frontenac et de la Rivière Clinton. De la base au sommet, le Groupe de St-Francis est constitué de la Formation de Lac Lambton, formée de conglomérats et de roches silico-clastiques affleurant dans la région du lac Saint-François, de la Formation d'Ayer's Cliff, une série de calcaires impurs et de mudstones calcaireux, et de la Formation de Compton, une séquence de grès feldspathiques et de mudslates, elle-même subdivisée en Membre de Milan à la base et Membre de Lac-Drolet au sommet. Les mudstones du Membre de Saint-Ludger (Lebel et Tremblay, 1993) sont ici redéfinis comme un « faciès lithologique » au sein du Membre de Lac-Drolet. Les roches des formations de Seboomook, de Frontenac et de la Rivière Clinton affleurent au sud-est du Groupe de St-Francis, dans le toit de la faille Bella, une faille inverse à pendage SE soulignant le contact entre le Groupe de St-Francis au nord-ouest et la Formation de Frontenac au sud-est. Celle-ci est par ailleurs considérée comme un équivalent latéral du Membre de Milan et se différencie principalement de ce dernier par la présence d'une composante volcanique importante (basalte, gabbro ± rhyolite) intimement associée aux roches sédimentaires. Au sud-est de la Formation de Frontenac reposent les roches volcaniques et sédimentaires de la Formation de la Rivière Clinton, elle-même surmontée par la Formation de Seboomook, une unité considérée comme équivalente à la Formation de Compton dans le Maine (É.-U.). Vers l'extrême sud-est du Québec, ces dernières formations sont en contact tectonique avec les roches protérozoïques (?) à cambriennes (?) du Massif de Chain Lake.

Au sein du SCVG, le métamorphisme régional varie du faciès prehnite-pumpellyite en Beauce, au faciès des schistes verts (zone à biotite) à la frontière Québec-Vermont. La déformation régionale est caractérisée par des plis P1 serrés à isoclinaux déversés vers le nord-ouest dans la région de Sherbrooke. La déformation devient progressivement polyphasée vers la frontière avec les É.-U.; les plis P1 sont repris par une phase de déformation D2 associée à une schistosité S2 et à des plis ouverts à serrés à vergence SE. Ces structures D2 sont elles-mêmes perturbées par une large structure en dôme, localement associée à un clivage de crénulation (S3). Plusieurs intrusions granitiques dévonienues recoupent les roches sédimentaires et volcaniques du SCVG, conduisant à la superposition d'auréoles métamorphiques « tardives » sur les structures régionales.

Référence

LEBEL, D. – TREMBLAY, A., 1993 – Géologie de la région de Lac-Mégantic (Estrie), SNRC 21 E10. Ministère des Ressources naturelles, Québec; DV 93-04.

Prospection glacio-sédimentaire dans la partie sud-est de la Province de Churchill : échantillonnage combiné de sédiments glaciaires et fluvioglaciaires – Résultats préliminaires pour les régions des lacs Saffray (SNRC 24G), Henrietta (SNRC 24H) et Brisson (SNRC 24A)

HUGO DUBÉ-LOUBERT (MERN-UQAM), VIRGINIE DAUBOIS (MERN) ET MARTIN ROY (UQAM)

Les régions ayant subi les grandes glaciations du Quaternaire représentent encore aujourd'hui un obstacle à la cartographie du socle rocheux ainsi qu'à l'exploration minière, en raison de la présence d'une couverture de plusieurs mètres de sédiments glaciaires. Pour ces motifs, de nombreuses campagnes d'exploration ont mis l'accent sur l'échantillonnage des dépôts glaciaires afin de contrer ce problème et de cibler les secteurs ayant un potentiel élevé pour les ressources minérales.

Le Bureau de la connaissance géologique du Québec a entrepris à l'été 2012 un projet d'envergure de cartographie du Quaternaire et d'échantillonnage de sédiment glaciaire (till) et fluvioglaciaire (esker) dans la région au sud de la baie d'Ungava. Le projet poursuit différents objectifs en parallèle : en premier lieu, le projet Quaternaire Ungava permettra d'évaluer le potentiel minier à l'aide d'outils de prospection glacio-sédimentaire. Qui plus est, les données recueillies via l'échantillonnage des sédiments quaternaires seront étayées par une cartographie détaillée à l'échelle de 1/250 000.

Au cours des campagnes de 2012, de 2013 et de 2014, près de 1000 échantillons (till et esker) ont été prélevés et traités afin de caractériser géochimiquement la matrice des tills, au niveau des éléments majeurs et traces. De plus, des concentrés de minéraux lourds ont été réalisés afin d'en prélever les minéraux indicateurs associés à différents types de gisement (intrusions kimberlitiques, métaux de base, sulfures, etc.). Cette présentation expose les résultats de la cartographie, de la géochimie et des concentrés de minéraux lourds (minéraux indicateurs) pour les échantillons prélevés en 2012 (lac Saffray) et en 2013 (lac Henrietta) ainsi que les résultats préliminaires de l'année 2014 (lac Brisson).

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

DANIEL BANDYAYERA, ISABELLE LAFRANCE ET CARL BILODEAU (MERN)

Ce nouveau levé géologique au 1/250 000 a été réalisé à l'été 2014 dans le secteur du lac Brisson, à 225 km au sud-est de Kuujuaq. Le terrain cartographié se trouve dans la partie sud-est de la Province de Churchill et couvre la partie est de la Zone noyau et l'ouest de l'Orogène des Torngat, séparés par le Couloir de déformation de Blumath orienté N-S à NNW-SSE.

La Zone noyau représente un ancien craton archéen déformé et remobilisé au Paléoprotérozoïque, lors des orogènes du Nouveau-Québec à l'ouest et des Torngat à l'est. Les principales unités observées à l'intérieur de la Zone noyau comprennent des gneiss archéens, des migmatites ainsi que des unités volcano-sédimentaires et métasédimentaires. De nombreuses intrusions felsiques paléoprotérozoïques syn- à tarditectoniques recoupent les roches plus anciennes. La plus importante est le Batholite de De Pas, qui s'étend sur plus de 600 km au cœur de la Zone noyau et est interprété comme un arc magmatique continental. La Zone noyau contient également des intrusions kilométriques de gabbro alcalin, de diorite et de syénite, associées à de fortes anomalies magnétiques. Du côté est du Couloir de déformation de Blumath, les roches de l'Orogène des Torngat comprennent des gneiss à orthopyroxène, de composition tonalitique à dioritique, des paragneiss ainsi que des intrusions d'enderbite et de charnockite.

L'agencement structural de la région résulte de la collision oblique entre les cratons de Nain et du Supérieur et de l'écrasement des blocs de la Zone noyau contre l'Orogène du Nouveau-Québec. À l'ouest, la région est traversée en direction N-S à NNW-SSE par la Zone de cisaillement de la rivière George (ZCRG), interprétée comme une faille dextre. À l'est, la Zone noyau est scindée en deux blocs structuraux par la Zone de cisaillement de Moonbase (ZCMB), orientée NW-SE, interprétée comme une faille crustale à mouvement senestre. Une série de failles tardives E-W traverse également la région cartographiée.

Nos travaux ont permis de poursuivre sur plus de 100 km la Ceinture de Tunulic, une ceinture volcano-sédimentaire de largeur kilométrique découverte en 2013 dans la région juste au nord. Les nouveaux sites d'intérêt économique se regroupent dans quatre principaux contextes géologiques : 1) systèmes hydrothermaux associés aux intrusions du Batholite de De Pas; 2) métaux rares associés aux granites et intrusifs alcalins; 3) sulfures en contexte volcanique (Ceinture de Tunulic); et 4) intrusions mafiques-ultramafiques. Un nouvel indice de Ni-Cr a été découvert dans les intrusions ultramafiques de la Suite de Nuvulialuk.

Géologie et potentiel minéral de la région du lac Dalmas, Baie-James (SNRC 23E05, 23E12, 33H08 et 33H09)

PÉNÉLOPE BURNIAUX, MEHDI GUEMACHE, JOSÉPHINE GIGON ET JEAN GOUTIER (MERN)

Le levé géologique au 1/50 000 réalisé durant l'été 2014 dans la région du lac Dalmas (Baie-James) couvre les feuillets SNRC 33H08, 33H09, 23E05 et 23E12. Localisé dans la portion est de la Sous-province de La Grande, le secteur cartographié est composé essentiellement de roches archéennes dont le style tectonique est en dômes et bassins. Les bassins sédimentaires archéens (formations de Dalmas, de Thor et de Mercator) et les ceintures volcaniques (formations de l'Escale et de Trieste) forment plusieurs lambeaux autour de grandes intrusions syn- à post-tectoniques de composition felsique à intermédiaire (suites de Coates et de Joubert, Pluton de la Savonnière et Batholite de Polaris). Les ceintures volcaniques se composent de métavolcanites dont la composition varie de mafique à felsique et de niveaux de formation de fer, principalement au faciès des silicates. Cette région se distingue des autres secteurs de la Sous-province de La Grande par son abondance de volcanites altérées. La partie centre-nord de la région est caractérisée par une quantité significative de filons-couches et de dykes ultramafiques d'épaisseur décamétrique. Quatre sites de datation U-Pb ont été échantillonnés afin de mieux définir les unités volcaniques et sédimentaires, puisque, juste à l'ouest, des volcanites et des plutons datés à 2,8 Ga côtoient des volcanites de 2,7 Ga. Des essaims de dykes mafiques néoarchéens (N-S à NNW) et paléoprotérozoïques (NE-SW et NW-SE) recoupent toutes ces roches. Des travaux sont également en cours afin de caractériser le métamorphisme dans le secteur du lac Dalmas. Celui-ci varie du faciès des schistes verts à celui des amphibolites. Les métasédiments et les volcanites felsiques sont caractérisés par la présence de grenat, de cordiérite, de sillimanite, de staurotite, d'andalou-site et de chloritoïde. Nous avons également identifié de nouvelles zones d'altération et de métasomatisme, caractérisées par des assemblages de quartz-amphibole-diopside-grenat, d'amphibole-diopside-épidote, de séricite-amphibole-grenat-tourmaline, d'amphibole-épidote-calcite et de biotite/phlogopite-calcite-amphibole-pyrrhotite. Les indices déjà connus et les cibles découvertes durant nos travaux montrent que la région possède un potentiel intéressant pour la découverte de minéralisations d'or orogénique, de sulfures massifs volcanogènes polymétalliques, de Cu-Ni-EGP et Cr-EGP dans les intrusions ultramafiques et de lithium associé aux pegmatites à spodumène.

Géologie de la partie ouest du Groupe de Malartic : le secteur du lac De Montigny (SNRC 32C04-NW), phase 4

PIERRE PILOTE, PIERRE LACOSTE, VÉRONIQUE LAFRANCE, JEAN DAVID (MERN), VICKI MCNICOLL (CGC-O) ET RÉAL DAIGNEAULT (CERM-UGAC)

La région du lac De Montigny est située dans la partie méridionale de la Sous-province de l'Abitibi, au nord de la Faille de Cadillac. Au cours de l'été 2014, le projet de cartographie portant sur la révision du Groupe de Malartic a couvert cette région, qui correspond à la demie ouest du feuillet SNRC 32C04, à l'échelle du 1/20 000. Il permettra de faire le lien avec les travaux réalisés dans la partie ouest du Groupe de Malartic (2006-2009) et ceux antérieurs dans le secteur de Val-d'Or.

La région du lac De Montigny est constituée de roches volcaniques (groupes de Malartic et de Louvicourt) et sédimentaires (groupes de Mont-Brun, de Cadillac, de Caste et de Pontiac) d'âge archéen, soit l'extension des unités volcaniques retrouvées à l'est de Val-d'Or, un secteur réputé pour sa fertilité en gîtes de sulfures massifs volcanogènes et aurifères. Les groupes de Malartic et de Louvicourt contiennent ici les formations de La Motte-Vassan (2714 +/- 2 Ma), de Dubuisson (2708 +/- 2 Ma), de Jacola (2706 +/- 2 Ma), de Val-d'Or (2704 +/- 2 Ma) et de Héva (2702 +/- Ma). Le prolongement et l'épaisseur de ces formations sont très variables. L'orientation générale des surfaces stratigraphiques fluctue également, passant de WNW-ESE dans le coin nord-ouest de la carte, à E-W dans sa partie sud. Une schistosité S1, modérément à intensément développée, est communément subparallèle à la stratification S0. L'Anticlinal de La Motte Vassan, un pli P1 d'orientation NW, traverse la région cartographiée. Un clivage S2 orienté E-W recoupe la fabrique S1. Les linéations d'éirement sont contenues dans la fabrique S1 et plongent de façon modérée à abrupte vers l'est. Cette région comprend aussi des cisaillements et des failles longitudinales d'envergure, orientés WNW à E-W et à pendage abrupt vers le nord : La Pause, Parfouru, Rivière Héva, Manneville Sud, Norbenite, Marbenite, « Zone K » et Cadillac. Ces failles contiennent des dykes ou des stocks de composition monzonitique ou tonalitique d'âges très variés qui sont pré-, tardi- ou post-tectoniques et sont spatialement associées à plusieurs mines et indices aurifères (Norlartic, Kiena, Snow Shoe, Sullivan, Goldex, Siscoe, Joubi, Sigma et Lamaque). Les diversités observées dans les styles et les âges de ces minéralisations aurifères illustrent bien l'existence de plusieurs épisodes distincts de minéralisation, qui ont atteint leur apogée à différentes époques.

Deux vastes intrusions, le pluton synvolcanique de Boulamaque (2700 Ma) et celui tardi- à post-tectonique de La Corne (2680-2642 Ma), ainsi que plusieurs petites masses satellites isolées recoupent et perturbent profondément l'architecture volcanique et structurale initiale. Le métamorphisme régional est au niveau des schistes verts, sauf en bordure des intrusions les plus importantes.

Les résultats de ces travaux permettront de mettre en valeur et de caractériser le potentiel minéral de cette région. Ils contribueront également à favoriser la recherche de minéralisations aurifères, appartenant aux clans filoniens précoces ou tardifs dans la Sous-province de l'Abitibi.

Géologie de la région de Parent, Grenville ouest, Québec (SNRC 31O09, 31O10, 31O15, 31O16, 32B01 et 32B02)

ABDELALI MOUKHSIL, FABIEN SOLGADI (MERN),
ABDELAZIZ ELBASBAS, SAÏD BELKACIM ET THOMAS
CLARK (URSTM-UQAT)

La région cartographiée constitue la première phase d'un projet quinquennal de cartographie régionale visant à acquérir de nouvelles connaissances géologiques et métallogéniques dans la région du réservoir Gouin, dans le Haut-Saint-Maurice. Toutes les roches cartographiées font partie de la Province de Grenville. Cette cartographie a été réalisée à l'échelle de 1/50 000 dans les secteurs accessibles par des chemins forestiers et de 1/125 000 dans les secteurs sans accès terrestre. Un levé aéromagnétique récent de haute résolution combiné à la cartographie nous a permis d'identifier et de circonscrire plusieurs unités géologiques.

Des métasédiments, comprenant des paragneiss à grenat (rose lilas), à graphite et à sillimanite, des quartzites à pyrite ainsi que des quantités mineures de marbre et de roches calco-silicatées, occupent une partie du territoire cartographié. La région renferme de nombreuses intrusions de mangérite, de monzonite, de charnockite et de granite. Toutes ces roches sont recoupées par des filons ou des dykes de pegmatite granitique et par des dykes mafiques. D'autres intrusions, localisées ici et là sur le territoire, sont composées de syénite ($\pm$ orthopyroxène $\pm$ clinopyroxène $\pm$ biotite) rose ou grise fortement magnétique, de gabbronorite et de roches ultramafiques (lamprophyre à phlogopite, minette).

Des zones d'altérations hydrothermales métamorphisées ont été identifiées dans plusieurs secteurs et sur plusieurs kilomètres. Ces zones sont constituées de gneiss siliceux à pyrite, et à pyrrhotite avec des traces de chalcopyrite, de roches mafiques riches en grenat (grenatite ou coticule ?), et de roches felsiques blanchâtres à sillimanite et à grenat, dont l'origine est probablement volcanique.

Les roches sont généralement très déformées et montrent des plis isoclinaux correspondant à la phase de déformation D2. La troisième phase de déformation a généré surtout des plis ouverts. Ces deux phases de déformation sont responsables du grain structural de la région (dômes et bassins). Les intrusions et dykes de syénite, de gabbro, de gabbronorite et de pegmatite montrent des structures magmatiques primaires et peuvent être considérés comme syn- à post-grenvilliens. Les roches déformées sont généralement métamorphisées au faciès prograde des granulites, diagnostiqué, entre autres, par la présence ubiquiste de l'orthopyroxène. Des failles majeures inverses, normales, obliques et de décrochement ont été reconnues dans la région. Ces failles correspondent à de larges couloirs mylonitiques, de direction NNE-SSW à N-S. Ces couloirs entourent également la plupart des intrusions syénitiques et pourraient avoir favorisé leur mise en place et celle des autres magmas ultrapotassiques.

La région cartographiée offre un excellent potentiel minéral en raison de ses zones d'altération hydrothermale et de la présence de cibles d'exploration pour les terres rares, les oxydes de fer et titane, le Ni-Cu et la pierre architecturale.

Potentiel de minéralisation en silice au Québec

N'GOLO TOGOLA (MERN)

Les sources de silice sont abondantes au Québec : formations de grès ou de quartzite, veines ou amas de quartz massif et dépôts de sable quartzueux. Ceux-ci se retrouvent autant dans les provinces géologiques de Grenville, du Supérieur, des Appalaches et des Basses-Terres du Saint-Laurent que dans les dépôts quaternaires récents.

La Province de Grenville renferme de nombreux gîtes de silice associés à des quartzites issus d'assemblage de roches métasédimentaires. Il s'agit de niveaux de quartzite purs à très purs qui présentent une teneur moyenne en silice variant de 98,2 % à 99,5 % SiO_2 . Certains horizons de quartzite de haute pureté possèdent par endroits une teneur en silice de 99,7 % SiO_2 .

Dans la Province des Appalaches, les gîtes de silice sont associés à des unités de grès quartzifère. Ce sont notamment des niveaux épais et continus de grès quartzifère ayant une teneur moyenne en silice généralement supérieure à 96 % SiO_2 . Certains horizons de grès quartzifère de haute pureté renferment une teneur en silice de l'ordre de 99,7 % SiO_2 . Par endroits, des veines de quartz massif recoupent les unités de roches sédimentaires. Ces veines de quartz hydrothermal sont des corps géologiques lenticulaires d'extension limitée qui ne dépassent guère 100 m de long par 10 à 20 m de large. Elles présentent parfois des teneurs élevées en silice pouvant atteindre de 98,6 à 99,9 % SiO_2 .

Les gîtes de silice dans la Province du Supérieur sont associés à des unités de grès siliceux (lambeaux de roches sédimentaires) d'âge paléoproterozoïque. Par ailleurs, on y retrouve aussi des filons de quartz minéralisé en substances métallifères qui peuvent également constituer des sources potentielles de silice.

Concernant la Plate-forme du Saint-Laurent, les gîtes de silice sont associés à des unités de grès quartzifère. Les bancs de grès quartzifères les plus purs sont ceux de la Formation de Cairnside (Groupe de Potsdam) qui peuvent contenir jusqu'à 99,3 % SiO_2 .

Les amas de quartz dans les pegmatites granitiques ainsi que les lentilles de quartz constituent également d'autres sources potentielles de silice dans la province géologique de Grenville. Les amas de quartz associés aux pegmatites granitiques, les veines ou filons de quartz hydrothermal injectés dans les quartzites, les marbres et les gneiss granitiques présentent par endroits des teneurs élevées en silice variant de 97,6 à 99,2 % SiO_2 . Le gisement de silice du Lac-Bouchette, encaissé dans une veine de quartz, a déjà fait l'objet d'exploitation dans le passé.

Des dépôts de sable naturel d'origine marine ou deltaïque, fortement remaniés ou dérivés de roches à haute teneur en silice constituent également une des sources de silice au Québec. On extrait de ces dépôts un sable relativement pur par lavage et tamisage, avec des teneurs en silice variant de 95 % à 97 % SiO_2 .

Inventaire des ressources en granulats des régions de Tasiujaq, Aupaluk et de Kangirsuk

ANDRÉ BRAZEAU ET ÉRIC LEDUC (MERN)

Durant l'été 2014, des travaux d'inventaire des ressources en granulats ont été effectués dans les villages nordiques de Tasiujaq, Aupaluk et Kangirsuk. Tous les villages de la côte ouest de la baie d'Ungava sont donc inventoriés.

Le village de Tasiujaq, situé à une latitude de 58°41' nord et une longitude de 69° 56' ouest, a été établi sur les rives du lac aux Feuilles à l'embouchure de la rivière Bédard, soit plus de 70 km à l'intérieur des terres. Le village de compte environ 250 habitants. Le bassin aux Feuilles est reconnu pour ses marées exceptionnelles qui excèdent régulièrement 15 m. Ce phénomène a grandement influencé la mise en place des dépôts de la région.

Le village de Aupaluk, situé à une latitude de 59°18' nord et une longitude de 69° 36' ouest, est la plus petite communauté du Nunavik avec une population de 175 habitants. Il est situé sur la rive sud de la baie Hopes Advance, à 150 km au nord de Kuujuaq. Il est construit sur la plus basse d'une série de terrasses naturelles qui s'élèvent à environ 45 m au-dessus du niveau de la mer. Le relief autour d'Aupaluk est plutôt plat.

Le village de Kangirsuk est situé à une latitude de 60°01' nord et une longitude de 70° 00' ouest, sur la rive nord de la rivière Arnaud (Payne) soit 13 km à l'intérieur des terres. Sa population est d'environ 470 habitants. Le village se trouve entre une falaise rocheuse au nord et une colline rocheuse à l'ouest.

Les régions se trouvent dans la toundra arctique dans la zone de pergélisol continu.

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

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

Les principales sources de granulats sont composées de sédiments grossiers glacio-marins et de sédiments deltaïques. Ils ont été mis en place lors de la dernière déglaciation qui s'est amorcée il y a environ 7 900 ans. La majorité de ces dépôts ont été mis en place au contact des eaux marines de la mer postglaciaire d'Iberville qui ont rapidement ennoyé les terrains encore enfoncés par le passage du glacier. La mer a complètement submergé les terres jusqu'à une altitude de 138 m. Un important esker a été identifié à 4 km au nord de Kangirsuk.

Cartographie des dépôts quaternaires dans la région de Chibougamau (SNRC 32H12, 32H13, 32J01 et 32J08) – Résultats préliminaires

MOHAMED EL AMRANI (MERN) ET OLIVIER LAMARCHE (UQAM)

Au cours de l'été 2014, un levé cartographique des dépôts quaternaires a été entrepris dans les secteurs situés au nord et à l'est de la ville de Chibougamau. Les travaux ont porté sur un territoire qui s'étend sur environ 3 985 km² et couvre quatre feuillets SNRC à l'échelle de 1/50 000 (32H12, 32H13, 32J01 et 32J08).

La présente étude a trois principaux objectifs : 1) faire apparaître les principaux traits de la géomorphologie de la région; 2) décrire les caractéristiques lithologiques, stratigraphiques et sédimentologiques des unités observées; et 3) échantillonner et analyser le till et les sédiments d'esker en vue de proposer des secteurs d'intérêt pour l'exploration minière dans la région.

Les résultats préliminaires indiquent que la couverture sédimentaire a été mise en place lors de la dernière glaciation. Elle est représentée essentiellement par des dépôts glaciaires (till de fond, till d'ablation et till de fusion) suivis de dépôts fluvioglaciaires concentrés dans les vallées. Quelques dépôts glaciolacustres ont été observés par endroits, notamment au nord de la zone étudiée où les grandes étendues de till remanié en surface traduiraient l'influence du lac Ojibway. L'extension de ce paléolac proglaciaire n'est pas encore connue avec précision (niveau maximal évalué à 445 m), mais sa présence dans la région lors du retrait glaciaire a déjà été signalée dans des travaux antérieurs (Prichonnet *et al.*, 1984). Les sédiments postglaciaires sont représentés surtout par des alluvions actuelles, des dépôts de versants et quelques rares dépôts éoliens non différenciés à proximité des dépôts fluvioglaciaires. Dans les zones déprimées, le mauvais drainage a favorisé le développement de tourbières.

Trois écoulements glaciaires ont été identifiés : le premier est un écoulement ancien vers le sud-est (110-140°) peu enregistré notamment par des stries glaciaires. Le deuxième est plus récent, majeur et bien marqué vers le SSW (195-240°). Il est identifié par l'orientation des marques d'érosion glaciaires (stries, broutures, cannelures) et des formes de terrain (drumlins, traînées morainiques derrière abri). Le troisième, assez bien enregistré par des stries (170-190°), est plus récent que le premier, mais il est difficile d'établir sa chronologie relative par rapport au deuxième écoulement. Ces mouvements mis en évidence également à l'ouest et au nord de la région étudiée (Prichonnet et Beaudry, 1990, Paradis et Boisvert, 1995) traduiraient un déplacement du centre de dispersion du nord-ouest (baie d'Hudson) au nord-est (Nouveau-Québec) (Prichonnet *et al.*, 1984).

Références

- PARADIS, S.J. – BOISVERT, E., 1995 – Séquence des écoulements glaciaires dans le secteur de Chibougamau-Némiscau, Québec. Commission géologique du Canada; Recherches en cours, 1995-C, pages 259-264.
- PRICHONNET, G. – MARTINEAU, G. – BISSON, L., 1984 – Les dépôts quaternaires de la région de Chibougamau, Québec. Géographie physique et Quaternaire, volume 38, numéro 3, pages 287-304.
- PRICHONNET, G. – BEAUDRY, L. M. – 1990 – Évidence d'un écoulement glaciaire sud, antérieur à l'écoulement sud-ouest du Wisconsinien supérieur, région de Chapais, Québec. Commission géologique du Canada; Recherches en cours, partie C, étude 90-1C, pages 331-338.

État des nouvelles compilations géoscientifiques au Québec

GHYSLAIN ROY, PIERRE LACOSTE, SIMON AUCLAIR,
MONA BAKER, CHARLES ST-HILAIRE, 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.

Présentation des données géophysiques publiées en 2014

RACHID INTISSAR ET SIHAM BENAHEMED (MERN)

Géologie Québec a poursuivi ses campagnes de levés géophysiques aéroportés à grande échelle dans différentes provinces géologiques durant l'année 2013/2014, notamment le Grenville et le Churchill. Le nombre de kilomètres linéaires parcouru dans la dernière année est de l'ordre de 277 310 km et s'étend sur une superficie d'environ 69 860 km². 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 les sociétés privées, et de favoriser l'exploration minière. Ces données permettent également de stimuler l'investissement privé en exploration avec la génération de cibles d'intérêt.

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

- ▶ **DP 2014-04** : Levé magnétique aéroporté couvrant en partie ou en totalité 21 feuillets SNRC au 1/50 000 dans le secteur du Réservoir Gouin, Province du Grenville. Levé réalisé par Geo Data Solution;
- ▶ **DP 2014-03** : Levé magnétique et spectrométrie aéroporté couvrant en partie ou en totalité 44 feuillets au 1/50 000 dans le secteur nord de l'Orogène de l'Ungava, Province de Churchill. Levé réalisé par Fugro Airborne Surveys;
- ▶ **DP 2014-02** : Levé magnétique et spectrométrie aéroporté couvrant en partie ou en totalité 16 feuillets au 1/50 000 dans le secteur nord de la rivière George, Province de Churchill. Levé réalisé par Eon Geosciences;
- ▶ **DP 2014-01** : Levé magnétique et spectrométrie aéroporté couvrant en partie ou en totalité 25 feuillets au 1/50 000 dans le secteur sud de la rivière George, Province de Churchill. Levé réalisé par la société Fugro Airborne Surveys.

Ces deux derniers levés complètent la couverture de la Province de Churchill Sud-Est entreprise ces dernières années en matière de levés magnétiques et spectrométriques de haute résolution.

Géologie et potentiel minéral de la région du lac Holmes (SNRC 32C15) : résultats préliminaires

HANAFI HAMMOUCHE (MERN) ET ABDELALI KHARIS (URSTM)

Un levé géologique au 1/20 000 a été réalisé durant l'été 2014 dans la région du lac Holmes, au sud de la ville de Lebel-sur-Quévillon. Les travaux couvrent la moitié nord du feuillet 32C15. La région est composée presque exclusivement de roches archéennes. De rares dykes mafiques d'âge protérozoïque recoupent ces dernières.

Une vaste surface du terrain étudié est occupée par des plutons syncinématiques affiliés au Complexe d'Attic (2677 Ma), ceinturés par des métavolcanites. Celles-ci sont plus répandues dans la partie nord-est et appartiennent au Groupe de Quévillon (2716 à 2718 Ma). Les analyses préliminaires montrent que ces volcanites correspondent à des metabasites tholéiitiques, des méta-andésites calco-alcalines et des méta-andésites basaltiques transitionnelles à tholéiitiques. Des sills de métagabbro et de roches ultramafiques s'intercalent dans la séquence volcanique. Des équivalents de ces roches sont présents au sud, mais leur degré de métamorphisme est plus élevé. Les roches sont fortement recristallisées et contiennent souvent une grande quantité de grenat, alors que les coussins des laves basaltiques sont fortement étirés et boudinés et renferment du grenat et de l'épidote.

Il y a peu d'affleurements dans l'ouest du secteur étudié, où dominent des méta-andésites calco-alcalines et des roches sédimentaires.

Le Pluton de Holmes, l'intrusion la plus importante, s'étend sur environ 22 km x 12 km. Au centre, ce pluton est composé de tonalite fine foliée à gneissique et de lambeaux de gneiss, en plus d'une multitude de petites intrusions granodioritiques. En périphérie, il est constitué de tonalite à grain moyen et grossier. Plus à l'est, le pluton de Cuvillier présente les mêmes faciès et semble apparenté au Pluton de Holmes.

Le grain structural, grossièrement E-W, est contrôlé par les intrusions syndéformations. La foliation régionale (S2) est en général E-W à ENE-WSW et inclinée vers le nord, ce qui donne au Pluton de Holmes l'apparence d'un dôme déversé vers le sud. Le contact avec la séquence volcanique au nord correspond à un cisaillement ductile NW-SE, avec d'importantes linéations minérales et d'éirement à fort pendage vers le nord. Au sud, le contact est aussi un cisaillement de direction E-W, mais avec des linéations subhorizontales bien développées. La déformation D2 est présente dans l'ensemble de la région, sous la forme de plis intrafoliaux syndéformations.

Le métamorphisme varie du nord au sud, du faciès des schistes verts au faciès des amphibolites.

Plusieurs niveaux rouillés ainsi que des formations de fer sont observés à l'intérieur des métavolcanites. Des zones à sulfures (Py-Po-Cp) y sont parfois associées.

La région possède un potentiel intéressant pour les minéralisations suivantes :

- minéralisations aurifères orogéniques
- minéralisations de type SMV;
- minéralisations de Cu-Ni-EGP dans les roches ultramafiques.

Étude structurale et métamorphique du Complexe d'Attic (phase 1) : la région du lac Holmes, Lebel-sur-Quévillon, Québec

NICOLAS REVELLI, YANNICK DAOUDENE (UQAM), HANAFI HAMMOUCHE (MERN) ET ALAIN TREMBLAY (UQAM)

La Province du Supérieur regroupe plusieurs sous-provinces amalgamées aux environs de 2,72 Ga et 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 sujette de débats. Par exemple, sur la base de données sismiques, le contact entre les sous-provinces de l'Abitibi et d'Opatika est 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 ni par un contraste métamorphique significatif, suggérant ainsi que ces deux sous-provinces ne représentent en réalité qu'une seule et même portion de croûte archéenne exposant des domaines crustaux différents. De même, dans de nombreux secteurs de la Sous-province de l'Abitibi, des roches intrusives de type TTG se trouvent au cœur de vastes antifformes ceinturées de roches vertes. C'est le cas du Complexe d'Attic, délimité par le Front de 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 la Sous-province d'Opatika, pourrait constituer une fenêtre structurale exposant une série crustale représentant le « socle » des séries abitiennes. L'objectif de ce doctorat, entrepris au début de l'été 2014, est d'examiner une telle hypothèse.

Pour amorcer ce travail, la bordure nord-ouest du Complexe d'Attic a été étudiée dans le cadre de la cartographie géologique du lac Holmes entreprise par le MERN. Dans cette région, le pluton tonalitique de Holmes recoupe les séries volcaniques et plutoniques mafiques du Groupe de Quévillon. La foliation régionale S2, globalement est-ouest à pendage vers le nord, est présente dans le pluton de Holmes et les roches encaissantes. Des plis synchisteux avec S2 comme surface axiale sont aussi observés dans l'ensemble de ces lithologies. La bordure nord du pluton est marquée par une zone de cisaillement subverticale orientée NO-SE dont la cinématique reste à préciser. Cependant, de part et d'autre de ce cisaillement, les conditions métamorphiques varient du faciès des schistes verts au nord à celui des amphibolites au sud, suggérant un affaissement relatif du bloc nord. Nos observations et interprétations préliminaires sont que le pluton de Holmes serait une intrusion syncinématique (D2) s'étant mise en place à la faveur de la zone de cisaillement de la bordure nord. L'acquisition de données géochronologiques (datations U-Pb en cours) et l'analyse détaillée des conditions métamorphiques régionales devraient permettre de limiter l'évolution tectonique et métamorphique de la région du lac Holmes. Dans les prochaines années, la cartographie géologique d'autres secteurs du Complexe d'Attic permettra de bonifier la compréhension de l'architecture crustale, non seulement de la région de Lebel-sur-Quévillon, mais aussi de la croûte archéenne de l'Abitibi en général.

Caractérisation structurale et métallogénique de l'indice aurifère Malartic Lakeshore, Abitibi, Québec

FRANCIS GUAY (UQAC), PIERRE PILOTE (MERN)
ET RÉAL DAIGNEAULT (CERM-UQAC)

Ce projet de maîtrise réalisé à l'UQAC, en collaboration avec le MERN, a pour objet la propriété Malartic Lakeshore, détenue à 100 % par la Corporation minière Golden Share. La propriété est située dans la zone volcanique sud de la Sous-province archéenne de l'Abitibi (feuille SRNC 32D01), à environ 0,5 km au sud du lac Malartic. Le secteur à l'étude se compose de deux vastes affleurements décapés; l'affleurement Ouest mesure 150 m x 40 m et l'affleurement Est fait 90 m x 65 m. Le métamorphisme est au faciès schiste vert.

Stratigraphiquement, les roches de la propriété s'insèrent dans la partie inférieure du Groupe de Malartic. On y retrouve principalement des roches volcaniques mafiques et des volcanoclastites felsiques. Ces roches sont moyennement à fortement déformées. L'affleurement Ouest présente une importante flexure de la schistosité principale, qui passe de N160° à N105° sur une distance d'environ 70 mètres. Sur l'affleurement Est, le contact déformé entre les volcanites mafiques (basalte) et les volcanoclastites felsiques (tuf rhyolitique) est interprété comme étant la faille de la rivière Héva, une faille régionale majeure à décrochement dextre.

L'affleurement Ouest présente une densité exceptionnelle de dykes centimétriques à décimétriques de composition felsique à mafique, pouvant être regroupés en cinq familles distinctes. Ces dykes présentent des relations de recoupement qui permettront d'établir une chronologie relative entre la minéralisation aurifère, le magmatisme et la déformation. Des datations U-Pb sont en cours pour déterminer l'âge de certains de ces dykes et des lithologies-hôtes.

De multiples veines d'extension décimétriques composées de quartz, de carbonates, de chlorite et de feldspath traversent l'affleurement Ouest. Ces veines, fortement déformées et subparallèles à la schistosité, sont minéralisées en pyrite, en chalcopryrite et en galène. Elles présentent des teneurs en or allant jusqu'à 178 g/t sur 0,6 m dans une rainure (données de Golden Share). Des grains d'or sont localement visibles. Les veines de quartz sont recoupées par toutes les familles de dykes, à l'exception des dykes synvolcaniques de gabbro.

Nos travaux de terrain réalisés à l'été 2014 ont porté principalement sur la prise de mesures structurales, l'échantillonnage des différentes lithologies et la cartographie de détail de différents secteurs. Les travaux en cours et à venir porteront sur la lithogéochimie et l'altération des différentes unités, la caractérisation des fabriques structurales et de la déformation ainsi que sur les descriptions pétrographiques en lame mince, afin de déterminer la chronologie relative des événements et le contexte de mise en place de la minéralisation.

Évolution structurale de la Faille de Cadillac : relations avec les minéralisations aurifères orogéniques et caractérisation du Groupe de Piché, Sous-province de l'Abitibi, Québec

PIERRE BEDEAUX (UQAC), PIERRE PILOTE (MERN),
SILVAIN RAFINI (CONSOREM) ET RÉAL DAIGNEAULT
(CERM-UQAC)

La Faille de Cadillac (FdC), considérée comme une faille majeure dans la Province du Supérieur, s'étend de l'Ontario au Québec. Plusieurs événements de déformation y sont documentés : raccourcissement, extension et décrochement. Cependant, leurs relations chronologiques et leur intégration dans un modèle tectonique ne font pas consensus. Des minéralisations aurifères importantes sont associées spatialement à la FdC, mais leurs relations temporelles avec la déformation sont encore mal comprises. Enfin, le Groupe de Piché, qui constitue l'empreinte physique de la FdC, ainsi que la nature de ses contacts sud et nord restent encore peu connus. Ce projet, soutenu par le MERN, vise : (1) à synthétiser les styles structuraux observés le long de la faille et les intégrer dans un modèle d'évolution structurale; (2) à tenter d'intégrer la minéralisation aurifère orogénique dans ce modèle; (3) à caractériser l'unité lithotectonique de Piché.

Au Québec, la FdC peut être découpée en tronçons en fonction de son orientation : les segments ouest et est sont orientés est-ouest, tandis que le segment central est orienté vers le sud-est. Une schistosité est-ouest à fort pendage vers le nord est développée régionalement. Elle est associée à des plis isoclinaux P1 et des zones de cisaillement inverses, indiquant un régime de raccourcissement. La linéation d'étirement associée est globalement à composante verticale. Dans le segment central, la schistosité régionale tend à se paralléliser aux failles sud-ouest. Dans le segment ouest, l'allongement vertical des objets dans la schistosité régionale ainsi qu'une fabrique secondaire subhorizontale tardive indiquent un régime en extension postérieur au raccourcissement. À proximité de la FdC et d'autres failles de deuxième ordre, des plis mineurs en Z, des objets de formes sigmoïdes, des relations CS ainsi que des variations de plongée de la linéation d'étirement confortent la présence d'un mouvement de décrochement tardif. Un clivage secondaire, orienté nord-est, est associé à cette phase et constitue le plan axial de la flexure de la FdC entre les segments ouest et central.

Le Groupe de Piché présente une épaisseur variable à l'échelle régionale. Les lithologies ultramafiques sont dominantes, bien que des roches basaltiques, voire andésitiques, soient localement prépondérantes. La déformation est généralement très développée, surtout près des contacts, mais est parfois totalement absente, notamment au cœur de l'unité.

Dans le segment est, les relations de recoupement entre les veines à quartz-tourmaline et différents éléments structuraux indiquent que la minéralisation associée à ce type de veine s'est mise en place avant et pendant l'épisode de raccourcissement ainsi que pendant le décrochement dextre.

Évolution de la Sous-province du Pontiac dans la région de Val-d'Or-Malartic : métamorphisme, déformation et minéralisation aurifère

NICOLAS PIETTE-LAUZIÈRE, CARL GUILMETTE (UL),
PIERRE PILOTE (MERN) ET STÉPHANE PERROUTY
(UNIVERSITÉ WESTERN)

Des travaux de terrain ont été effectués à l'été 2014 en collaboration avec le MERN dans la Sous-province du Pontiac entre Val-d'Or et Malartic, afin de caractériser la relation entre les minéraux métamorphiques, les épisodes de déformation et les aspects régionaux de la minéralisation aurifère rencontrée dans le secteur de Malartic. Les objectifs principaux de ce projet de maîtrise sont de contribuer à la compréhension des contextes géodynamiques dans lesquels a évolué cette sous-province géologique et de clarifier la relation temporelle entre le pic métamorphique et la minéralisation aurifère omniprésente le long de sa frontière nord, soit la Faille de Cadillac. Le projet comprend un levé détaillé de la région, lequel servira de cadre aux études thermobarométriques, structurales et géochronologiques.

Le gradient métamorphique, d'apparence continue, est caractérisé par l'augmentation de la quantité des différents porphyroblastes du nord au sud. Le long de ce gradient, les roches métasédimentaires du Pontiac sont d'abord caractérisés par la présence de biotite et de muscovite, puis par l'apparition graduelle de porphyroblastes de grenat, suivi de la staurotide. Les grains de staurotide sont progressivement remplacés vers le sud par des micas. De plus, le développement du grenat et de la staurotide apparaît fortement relié à la composition du protolithe. Les observations préliminaires suggèrent que la majorité des minéraux métamorphiques sont contenus et associés à la foliation principale. La biotite et la muscovite sont alignées selon la foliation principale, ces minéraux matérialisant une linéation d'étirement. Les staurotides sont enveloppées par cette foliation et enregistrent parfois une rotation antihoraire, suggérant une cinématique senestre. Les micas remplaçant la staurotide sont aussi alignés selon la foliation principale. Aucune structure de grande envergure comme des failles et des plis n'a été directement observée sur le terrain, mais une anomalie de même orientation que les linéations d'étirement tend à suggérer la présence de structures régionales importantes et complexes. Les travaux à venir comprennent un levé thermobarométrique détaillé ainsi que des datations U-Pb sur zircon et monazite et Lu-Hf Sm-Nd sur grenat, dans le but de limiter la relation temporelle entre l'enfouissement des roches métasédimentaires et les minéralisations aurifères de la région.

Environnement géologique à la mine Marbridge

VÉRONIQUE LAFRANCE (UQAC), PIERRE PILOTE (MERN),
PHILIPPE PAGÉ (CRCMM) ET RÉAL DAIGNEAULT
(CERM-UQAC)

La mine Marbridge est située dans la partie sud-est de la Sous-province de l'Abitibi, à environ 60 km au nord-ouest de la ville de Val-d'Or (feuillelet SNRC 32D08-0102). De 1962 à 1968, cette mine a été exploitée par deux sociétés, Falconbridge Nickel Mines et Marchant Mining Company, qui ont extrait plus 700 000 tonnes de minerai à 2,28 % Ni et 0,17 % Cu de quatre lentilles minéralisées associées à des komatiites. Stratigraphiquement, le secteur Marbridge se situe à la base du Groupe de Malartic, dans la Formation de La Motte-Vassan (2714 Ma). Il est coïncé entre les plutons de Preissac (2681-2660 Ma) au sud, de La Corne (2680-2642 Ma) à l'est et de La Motte (2647 Ma) au nord. Le métamorphisme régional atteint le faciès des amphibolites.

Les roches entourant la mine Marbridge font partie d'une zone de déformation intense qui se caractérise par des tectonites de type L, c'est-à-dire qu'elles exhibent des linéations d'étirement très fortement développées. La schistosité principale S1, communément orientée NW-SE, est reprise par un clivage de crénulation S2, globalement E-W.

L'étude lithogéochimique des diverses unités du secteur a permis la reconnaissance de deux suites distinctes : (1) une suite calco-alcaline, composée d'unités andésitiques, dacitiques et rhyolitiques et de diverses roches volcanosédimentaires associées, et (2) une suite tholéiitique, laquelle comprend essentiellement des coulées komatiitiques, des intrusions ultramafiques et des basaltes. L'existence de ces deux suites magmatiques, quasi synchrones, suggère la coexistence ou la transition rapide d'environnements tectoniques de type subduction (marge active ou îles en arc) et d'extension (bassin arrière arc ou marge passive). De plus, la présence d'unités volcaniques felsiques intensément altérées en séricite et en chlorite ainsi que la forte altération en épidote des andésites et des basaltes environnants suggèrent l'existence d'un système hydrothermal précoce de type SMV dans ce secteur.

Nos travaux à venir porteront sur le traitement des données lithogéochimiques, sur la reconnaissance et l'étendue des diverses altérations établies, sur la description pétrographique des unités volcaniques ainsi que sur l'importance et l'impact géométrique des principaux éléments structuraux. Finalement, toutes ces données seront intégrées afin de reconstituer la séquence probable des événements géologiques dans le secteur de la mine Marbridge. Cette reconstitution nous permettra de cibler des points d'intérêt pour l'étude de différents styles de minéralisation en terrains de niveau métamorphique comparable.

Les minéralisations aurifères tardi-archéennes associées à la Faille Porcupine-Destor : la propriété Duquesne-Ottoman, Abitibi, Québec, Canada

SACHA LAFRANCE ET MICHEL JÉBRAK (UQAM)

Les minéralisations aurifères de la Ceinture de roches vertes de l'Abitibi se présentent dans une grande variété de style et de contexte géologique. Dans le district minier de Duparquet (Québec, Canada), les modèles volcano-gènes, d'intrusifs felsiques porphyriques (mine Beattie) et de cisaillements aurifères coexistent le long de la Faille de Porcupine-Destor. Ce district apparaît comme un secteur-clé où les relations entre ces différents modèles peuvent être déchiffrées. À partir d'observations sur le terrain, cette étude tentera d'établir les relations entre le gîte d'or de type « orogénique » et les intrusions felsiques porphyriques observées à proximité et dans la région.

Le terrain d'étude est situé au nord de la Faille de Destor-Porcupine, dans une zone de transpression, une résultante d'une courbure locale de la faille. La déformation est marquée par des failles subsidiaires de 10 m de largeur en moyenne. Ces zones de déformation sont généralement orientées 070N à 090N avec un pendage de 75 ° à 90 ° et des linéations d'étirement plongeant à environ 60 ° vers l'est. Elles montrent un mouvement dextre et inverse.

Les roches du secteur comprennent majoritairement des volcanites mafiques, avec des rhyolites et des komatiites en plus faible proportion. Cet assemblage appartient au groupe de Kinojévis (2718 Ma). On observe aussi des masifs et des enclaves de porphyre quartzofeldspathique synorogénique (2689 Ma), des intrusions syénitiques et des roches volcano-sédimentaires de type « Timiskaming » tardi-orogéniques (2700-2687 Ma).

Les minéralisations sont présentes au sein des volcanites mafiques cisailées et en bordure des porphyres quartzofeldspathiques déformés. La minéralisation hydrothermale dans les failles subsidiaires est caractérisée par un essaim de veines de quartz et de dolomie ferrifère déformées et une dissémination de séricite et de pyrite. Un bilan de masse et une étude microscopique montrent des gains en CO₂, en K, en S et en SiO₂ ainsi qu'en Mo, en W, en As et en Sb (éléments traces). La minéralisation aurifère est postérieure aux intrusions porphyriques quartzofeldspathiques et se concentre surtout dans les basaltes tholéitiques physico-chimiquement plus perméables et réactifs. La concentration de minéralisation aux contacts entre les basaltes et les porphyres pourrait s'expliquer par un contraste de compétence.

Est-ce que cette minéralisation de type « orogénique » est génétiquement associée aux intrusifs felsiques porphyriques observés sur le terrain? Se compare-t-elle aux autres coexistences gîtologiques similaires observées dans d'autres districts miniers, comme celui de Malartic (Québec, Canada)? La chronologie des événements démontre que ces minéralisations de type « orogénique » ne semblent pas être génétiquement liées aux porphyres synorogéniques. Dans ces conditions, le district de Duparquet est polyphasé.

Étude structurale et métallogénique des minéralisations aurifères de la région de Belleterre, Abitibi-Témiscamingue, Québec

MAHAMED KOÏTA, MARC RICHER-LAFLÈCHE ET LYAL B. HARRIS (INRS-ETE)

La région de Belleterre, située à environ 150 km au sud de Rouyn-Noranda, fait partie de la Sous-province tectonique de Pontiac. Les minéralisations sont encaissées dans les roches volcano-sédimentaires du Groupe de Belleterre, dans le sud-est de la ceinture de Belleterre-Angliers. De nombreux dykes de lamprophyre calco-alcalin et d'intrusifs felsiques (grano-diorite et QFP) recoupent les roches volcaniques et sont également observés dans la majorité des indices aurifères du secteur.

Depuis le début des années 1930, la région de Belleterre est reconnue pour la présence de minéralisation aurifère filonienne. Certains filons furent exploités à l'ancienne mine Belleterre qui a produit plus de 960 000 onces d'or à partir d'un minerai dont la teneur moyenne était de 13,7 g/t. L'étude structurale et métallogénique des gîtes et des indices aurifères de la région de Belleterre démontrent que les roches supracrustales archéennes de ce secteur renferment toujours un potentiel aurifère prometteur.

Les assemblages volcano-sédimentaires métamorphisés au faciès des schistes verts contiennent trois principaux types de veines aurifères : les veines de cisaillement, les veines à remplissage de faille et les veines d'extension. Cependant, toutes ces veines sont contrôlées par des structures montrant une orientation générale E-O ou NE-SO et un pendage abrupt vers le sud ou le sud-est. Les veines occupent un ou plusieurs plans de fracture ou de cisaillement parallèles qui sont également observés en s'éloignant des secteurs connus.

Les veines montrent une paragenèse multiphasée typiquement riche en sulfures (Py, Po, Sp, Ga, Cp...) avec du quartz, de l'ankérite, de la calcite, de l'électrum et de l'or; l'or est étroitement associé aux sulfures. Toutefois, la pyrite est le sulfure dominant dans certaines veines et la pyrrhotite, dans d'autres, en dépit du faciès métamorphique des schistes verts qui caractérise cette région.

Assemblage du craton du Supérieur – Contraintes liées aux données géophysiques

LYAL B. HARRIS (INRS-ETE) ET JEAN H. BÉDARD (CGC-Q)

Des études antérieures dans la partie sud du craton du Supérieur au Canada ont documenté l'accrétion systématique du N au S pendant le Néoarchéen, de terranes dont plusieurs sont considérés exotiques, résultant de processus tectoniques associés à la subduction. Nous démontrons que cette interprétation uniformitariste n'est pas compatible avec les données géophysiques régionales. En effet, les données gravimétriques, géochronologiques et de tomographie sismique suggèrent l'accrétion E-O antérieure, au Mésoarchéen, du craton du Supérieur occidentale et orientale. Un modèle alternatif est proposé pour expliquer la fragmentation et le réassemblage ensuite de ce craton composite précoce dit « Supérieur I », sous l'effet combiné de panache(s) mantellique(s) ascendante(s) et de tractions exercées à la base des racines cratoniques profondes en raison de l'écoulement mantellique.

Les bords du gradient horizontal des données gravimétriques de l'anomalie de Bouguer à différentes profondeurs dans la croûte (« worms » gravimétriques) et les données de tomographie sismique illustrent des structures dans la croûte profonde et le manteau lithosphérique sous-continentale (MLSC) qui représentent des limites de terranes néoarchéens obliques à -E-O qui ont déjà été établies à partir de la géologie en surface et des images aéromagnétiques. Dans le sud-ouest du Supérieur, les données de tomographie sismique révèlent une structure majeure -N-S dans le MLSC, qui sépare le craton du Supérieur en deux domaines ouest et est. On note également un changement des âges modèles établis par Hf sur zircon, de 3,5 Ga à 3,1 Ga (Lu et al., 12th SGA Biennial Meeting, 2013) de part et d'autre de cette structure dans la Sous-province de Wabigoon. Cette structure et d'autres structures transverses parallèles sont soulignées par des « worms » gravimétriques de l'anomalie de Bouguer dans les terranes accrétés. La présence de ces structures transversales parallèles dans de multiples terranes exotiques accrétés serait une coïncidence extraordinaire. Une explication plus plausible pour ces données veut que les fragments continentaux dans le sud-ouest de la Province du Supérieur et les terrains juvéniles intercalés comme l'Abitibi seraient issues du démembrement partiel d'un craton hétérogène plus ancien (Supérieur I), plutôt que d'être des bassins océaniques exotiques et des marges de type andéen sans aucun lien entre eux. Les données de tomographie sismique dans le sud-est du Supérieur présentées en images 3D montrent également l'existence de rifting de ce craton plus ancien. L'accrétion de terranes à la bordure avant du terrane de la Baie d'Hudson dérivant vers le sud dans le sud-ouest du Supérieur, la fermeture du rift de l'Abitibi, et la déformation régionale sont interprétés comme étant le résultat de la traction mantellique sur les racines lithosphériques profondes du terrane de la Baie d'Hudson, et non le résultat de processus de tectonique des plaques.

Vénus est présentée comme un analogue pour les processus envisagés sur la Terre à l'Archéen, puisqu'il s'agit d'une planète où il n'existe aucune évidence de tectonique des plaques mais qui montre néanmoins des évidences de dérive « continentale », d'orogénèse, et de tectonique d'indentation et d'échappement / extrusion latérale de type himalayen.

Étude de données multiparamétriques provenant de carottes de forage d'exploration du gisement Bracemac-McLeod, Matagami – Statistiques multivariées et vecteurs d'exploration

ALEXANDRE BOURKE, NATHALIE SCHNITZLER, PIERRE-SIMON ROSS, ERWAN GLOAGUEN (INRS-ETE), BASTIEN FRESIA, ROBERT BOUCHER, ROBERT NAMOUR ET PASCAL LESSARD (GLENCORE)

Le forage représente une dépense importante des programmes d'exploration avancés, et pourtant, on en tire peu d'information, hormis la description visuelle des carottes faite par un géologue. Le laboratoire de caractérisation physique, chimique et minéralogique des roches (LAMROC) de l'INRS a été conçu dans l'optique de valoriser ces carottes de forage. Il permet l'analyse de plusieurs paramètres quasi simultanément avec une résolution spatiale élevée, et ce, de manière non destructive.

Depuis 2010, le LAMROC a analysé la densité, la susceptibilité magnétique, la minéralogie d'altération et la géochimie de plus de 15 000 mètres de carottes de forage dans les régions de Matagami et de Chibougamau. Ceci représente plus de 50 000 points de mesure (plus de 25 000 pour la géochimie). La grande quantité de données et la diversité des paramètres analysés permettent des approches variées quant à leur étude et leur interprétation. Dans le cadre de ce projet, qui bénéficie du soutien logistique de Glencore, les analyses effectuées au gisement Bracemac-McLeod, dans le district minier de Matagami (SMV), visent l'analyse statistique multivariée et l'élaboration de vecteurs d'exploration.

Statistiques multivariées : Les techniques d'analyse par statistiques multivariées permettent notamment de regrouper les données ou les points de mesure en fonction des réponses de chaque paramètre. Cette analyse est dépendante du prétraitement effectué sur les données brutes et de l'*a priori* de l'utilisateur. Cette approche est utilisée pour aider à la discrimination lithologique et à la caractérisation de l'altération.

Vecteurs d'exploration : La caractérisation du halo d'altération autour d'un gisement peut mener à l'élaboration de vecteurs d'exploration, c'est-à-dire qu'on peut déterminer comment la concentration de certains éléments (vecteurs géochimiques) ou la variation de composition de certaines familles de minéraux (vecteurs minéralogiques) évoluent en fonction de la distance du gisement.

- ▶ **Vecteurs minéralogiques :** Les deux familles de minéraux visés sont les micas blancs et les chlorites. La spectrométrie infrarouge permet de mesurer si les micas blancs s'enrichissent ou s'appauvrissent en aluminium et si les chlorites deviennent magnésiennes ou ferrières en s'approchant du gisement.
- ▶ **Vecteurs géochimiques :** La concentration de certains éléments, comme le fer, la silice, le potassium, le magnésium et l'aluminium, peut être mesurée par fluorescence à rayons X (FRX). L'évolution spatiale de ces concentrations permet l'élaboration de vecteurs géochimiques.

Volcanologie et altération, Formation de Waconichi, Membre de Lemoine, Chibougamau (Sous-province de l'Abitibi) : implications pour l'exploration

ALEXANDRE R. BOULERICE, PIERRE-SIMON ROSS (INRS-ETE), PATRICK MERCIER-LANGEVIN (CGC-Q), SYLVAIN LÉPINE (RESSOURCES COGITORE) ET FRANÇOIS LECLERC (MERN)

La Formation de Waconichi (Groupe de Roy) est le principal hôte connu pour les gisements polymétalliques de sulfures massifs volcanogènes (SMV) dans la région de Chibougamau. On y retrouve notamment le gîte du lac Scott et l'ancienne mine Lemoine, le deuxième gisement de SMV le plus riche en termes de teneur exploité au Canada, après celui d'Eskay Creek en Colombie-Britannique.

Dans le secteur à l'étude, la Formation de Waconichi (Membre de Lemoine) est bordée au nord par le Complexe synvolcanique du Lac Doré et au sud par les basaltes de la partie supérieure de la Formation de Waconichi. L'objectif principal du projet de maîtrise en cours à l'INRS-ETE est de reconstruire l'architecture volcanique du Membre de Lemoine au nord-est de l'ancienne mine du même nom. Pour ce faire, plus de 150 affleurements ont été étudiés, environ 15 000 m de carottes de forage ont été décrits et près de 260 nouveaux échantillons ont été analysés (900 au total) et étudiés en lame mince.

Les différentes unités du secteur, soit la Rhyolite Alpha, la Rhyolite porphyrique du Lac Coco, la Dacite de Lemoine, l'Andésite de Lemoine, la Dacite porphyrique de Marelle ainsi que la Rhyolite de Lemoine et le Hangingwall QFP (HwQFP), ont ainsi pu être caractérisées en détail. Le niveau stratigraphique sur lequel reposait la lentille Lemoine correspond au contact entre la Rhyolite de Lemoine (éponte inférieure), l'Andésite de Lemoine et le HwQFP. La cartographie détaillée a permis d'approfondir la compréhension de l'histoire de mise en place de ces unités dans le secteur à l'étude. La base de la séquence volcanique est constituée de la Rhyolite Alpha, suivie de la Rhyolite de Lemoine, de la Dacite de Lemoine, de l'Andésite de Lemoine et du HwQFP. De même, nos travaux illustrent bien la nature intrusive de certaines unités subvolcaniques, soit la Rhyolite du Lac Coco ainsi que la Dacite de Marelle, deux unités porphyriques à phénocristaux de quartz bleuté et de feldspath idiomorphe. La Rhyolite Alpha correspond à une unité subvolcanique intrusive dans la Rhyolite de Lemoine, alors qu'à l'est, elle forme une unité extrusive à la base de la séquence volcanique. La Rhyolite Alpha se serait ainsi mise en place en deux événements, lesquels sont séparés par l'épanchement de la Rhyolite de Lemoine.

La présence d'unités effusives et intrusives de même que la distribution spatiale des unités extrusives signalent la proximité d'un centre volcanique felsique qui représente une composante clé dans la formation d'un SMV.

Géologie, styles de minéralisation et d'altération de l'indice aurifère Mustang, Ceinture de roches vertes de la Basse-Eastmain, Province du Supérieur, Québec

ANNE-MARIE BEAUCHAMP (INRS-ETE), BENOÎT DUBÉ (CGC-Q), MICHEL MALO (INRS-ETE), PAUL ARCHER, JÉRÔME LAVOIE ET FRANCIS CHARTRAND (MINES VIRGINIA)

L'indice aurifère Mustang se trouve sur la propriété Wabamisk appartenant à Mines Virginia, à 60 km au sud de la mine Éléonore (Goldcorp). Localisée dans la Ceinture de roches vertes de la Basse-Eastmain, dans la Province du Supérieur, la structure a été exposée en surface et suivie en forage sur 570 mètres latéralement et jusqu'à 250 mètres en profondeur. La veine et son enveloppe minéralisée varient de quelques centimètres à six mètres en largeur. Les valeurs obtenues pour la veine atteignent jusqu'à 23,28 g/t Au sur 4,6 m (en rainure) et 22,65 g/t Au sur 2,25 m (en forage). De plus, les sondages réalisés dans le secteur Mustang à l'hiver 2014 ont démontré la présence d'autres structures aurifères au nord, qui semblent être subparallèles à la veine Mustang.

La veine Mustang (N240/80°) est une veine de quartz encaissée dans les roches métasédimentaires turbiditiques (faciès des schistes verts) de la Formation d'Aclair, localisée au sommet de la séquence stratigraphique. La séquence sédimentaire a subi au moins trois phases de déformation, incluant une première phase de plissement NNW (P1) replissée pour former des plis orientés ENE (P2). La foliation principale (S2) est de direction ENE et son plan axial est similaire à celui des plis P2. La phase de déformation D3 est caractérisée par un clivage de crénulation SW. La veine Mustang est laminée, subparallèle au litage et plissée en S. Elle s'est mise en place précocement durant la déformation régionale D2, le long d'un flanc de pli P2 ayant subi l'effet d'un cisaillement senestre. La veine et les épontes altérées contiennent plusieurs grains d'or visibles agglomérés et remobilisés dans les plans de la schistosité principale (S2), de 1-10 % d'arsénopyrite et de pyrrhotite ainsi que des traces de pyrite et de chalcoppyrite.

L'indice Mustang présente des analogies sur le plan des styles de minéralisation, des altérations et de la déformation avec les gisements syndéformations encaissés dans des séquences de turbidites (p. ex., Meguma en Nouvelle-Écosse et Bendigo-Ballararat en Australie). Tout comme la mine Éléonore, l'indice Mustang illustre le potentiel des assemblages métasédimentaires de la Baie-James d'être l'hôte de minéralisation aurifère importante.

Géologie et caractéristiques structurales du gisement aurifère Roberto, propriété Éléonore, Province du Supérieur, Baie-James, Québec, Canada

ARNAUD FONTAINE (INRS-ETE), BENOÎT DUBÉ (CGC-Q),
MICHEL MALO (INRS-ETE), VICKI MCNICOLL (CGC-O)
ET TONY BRISSON (GOLDCORP)

Le gisement Roberto, une découverte majeure à la Baie-James, comprend des réserves prouvées et probables de 4 millions d'onces d'or (teneur de 6,5 g/t) et des ressources présumées de 4,1 millions d'onces d'or (teneur de 9,6 g/t). Localisée à quelques kilomètres au sud de la limite entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca, la minéralisation est principalement encaissée dans des sédiments clastiques d'âge timiskaming, à l'intérieur d'un corridor orienté N-S de 70-80 m de largeur. Ce dernier comprend cinq à six zones minéralisées à haute teneur (> 3 g/t). Associée typiquement à une altération potassique et à une signature Au-As-B, la minéralisation principale (type Roberto) comprend un stockwerk et des zones de remplacement constitués d'un assemblage de quartz-dravite-microcline-phlogopite-arsénopyrite-löllingite-pyrrhotite ainsi que des veines de quartz-diopside-arsénopyrite. Une grande partie de la minéralisation aurifère est antérieure au pic métamorphique, comme elle est aussi antérieure ou précoce par rapport à la déformation principale (D2). Elle est principalement confinée dans une enveloppe N-S à fort pendage, coplanaire avec un pli P2 et concentrée dans sa charnière.

Les relations structurales confirment que : 1) la phase de plissement P2 se superpose sur la minéralisation; 2) des niveaux stratigraphiques spécifiques restreignent le développement de la minéralisation de type Roberto; 3) certaines pegmatites sont tardi-orogéniques, puisqu'elles sont non déformées et incorporent des fragments métamorphisés et foliés de type Roberto. En profondeur, la minéralisation de type Roberto et son encaissant subissent des changements texturaux importants sous l'effet du métamorphisme prograde. La cartographie sous terre a permis de mieux définir des zones de forte déformation E-W, parfois mylonitiques, recoupant la séquence stratigraphique. Des minéralisations aurifères (zones *hangingwall*) sont contrôlées géométriquement par ces structures et se caractérisent par des veines de quartz-tourmaline en échelon, des disséminations à arsénopyrite-pyrrhotite-pyrite, des veines de quartz à or visible démembrées et une altération diffuse (silice et épidote). Ces zones sont interprétées comme tardives lors de D2 à synchrones à D3, car elles modifient la schistosité S2 préexistante et incorporent parfois des fragments de pegmatites (2616-2603 Ma). Ces zones de cisaillement sont probablement présentes au sein de la Formation volcanique de Kasak (2704 ± 1,1 Ma), des conglomérats polygéniques (2702 ± 3 Ma) et de l'intrusif du Lac Ell (2705 ± 1,9 Ma). Ces observations suggèrent que la phase de déformation D2 est reliée à l'enfouissement, lors du trajet prograde de la séquence turbiditique, tandis que la phase de déformation D3 est associée au trajet rétrograde, lors de l'exhumation tardi-orogénique.

À l'échelle régionale, un corridor N-S recoupant des sédiments clastiques d'âge timiskaming au sommet de la Formation de Low, des zones de forte déformation E-W de même que la présence de deux phases de plissements d'origines distinctes et d'altération potassique ou calcique proximale avec As et B sont des métallotectes d'exploration importants à la Baie-James, en particulier s'ils sont situés à proximité du contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca.

Caractérisation pétrographique et géochimique de la Pyroxénite de Baie Chapus, Baie-James : un exemple de minéralisation en Fe-Ti-V dans la Province du Supérieur

ANNE-AURÉLIE SAPPIN, MICHEL G. HOULÉ (CGC-Q),
JEAN GOUTIER (MERN) ET VICKI MCNICOLL (CGC-O)

La Pyroxénite de Baie Chapus a été découverte en 1996 durant les travaux de cartographie régionale effectués par le MERN dans le secteur du réservoir Robert-Bourassa, à la Baie-James. Elle fait partie d'une série d'intrusions ultramafiques situées dans la Sous-province de La Grande, dans la Province du Supérieur.

La Pyroxénite de Baie Chapus est une intrusion à composition ultramafique-mafique d'environ 1 km x 3 km qui s'est mise en place dans des tonalites, à proximité de la ceinture volcano-sédimentaire de Yasinski. Elle est composée principalement de pyroxénite, de pyroxénite à plagioclase et de pyroxénite à olivine, mais également de gabbro, de péridotite et de dunite. La minéralogie primaire comprend essentiellement des pyroxènes (en particulier le clinopyroxène) qui représentent les phases cumulatives principales et des quantités variables d'olivine totalement serpentinisée, de plagioclase généralement interstitiel et de magnétite comme phase accessoire. Cependant, quelques accumulations significatives de magnétite ont été retrouvées près de la partie sommitale de l'intrusion. Elles forment une zone de magnétite qui s'étend sur au moins 70 mètres et dont l'épaisseur est estimée à quelques mètres. Ce niveau de magnétite titanifère et vanadifère, titrant jusqu'à 66,0 % $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{total})}$, 9,19 % TiO_2 et 0,74 % V_2O_5 , est composé de magnétite riche en Ti (340-49860 ppm) et en V (1310-7300 ppm) et pauvre en Cr (< 260 ppm), Al (< 140 ppm) et en Ni (< 450 ppm).

Les magmas à l'origine de cette intrusion auraient été contaminés par la croûte continentale au cours de leur remontée, comme le suggèrent la présence d'enclaves felsiques et la signature géochimique des éléments en traces. Dans l'ensemble, les roches ultramafiques et mafiques sont riches en éléments lithophiles fortement incompatibles (HILE), comparativement aux éléments lithophiles modérément incompatibles (MILE). Mais, elles sont moins riches en Nb et, localement, en Ta par rapport aux autres HILE ainsi qu'en Hf-Zr-Ti par rapport aux autres MILE.

Bien que la minéralisation en Fe-Ti-V observée jusqu'à présent semble relativement modeste, la composition des magnétites analysées est similaire à celles des magnétites dans les intrusions vanadifères de McFaulds Lake (Ontario), de Pipestone (Manitoba) et des complexes du Lac Dorée et de la Rivière Bell en Abitibi (Québec). À la lumière de ces résultats, on peut suggérer que ce secteur de la Baie-James possède un potentiel pour accueillir ce type de minéralisation et que celui-ci devrait certainement être pris en considération lors d'un programme d'exploration relié aux intrusions mafiques et ultramafiques dans le secteur.

Minéralisation aurifère du gîte Orfée, Baie-James (Québec)

ADINA BOGATU, FRANÇOIS HUOT (UL), JEAN GOUTIER (MERN), CARL GUILMETTE, ANTOINE RHÉAUME-OUELLET ET GEORGES BEAUDOIN (UL)

Le gîte Orfée (>0,2 Mt à 14,5 g/t Au), découvert par Mines d'Or Virginia en 1998, est situé dans les roches du Groupe de Guyer (2820 à 2806 Ma), à la Baie-James (SNRC 33G/06). Deux zones aurifères, soit Orfée et Orfée-Est, sont associées à une formation de fer oxydée à silicatée et à des sédiments graphiteux riches en sulfures, lesquels sont bordés au nord par des amphibolites et au sud par des wackes de la Sous-province de La Grande. Cet assemblage lithologique, métamorphisé au faciès des amphibolites, se trouve à 300 mètres au nord du contact entre les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca.

L'étude vise à décrire l'ensemble des caractéristiques géologiques des deux indices et à concevoir un modèle métallogénique en vue d'interpréter la mise en place de l'or dans un contexte orogénique. L'échantillonnage des diverses lithologies permettra de caractériser les assemblages minéralogiques, l'affinité des roches magmatiques, la nature et l'intensité des altérations et la composition des isotopes stables comme l'O et le S, en plus d'obtenir des données géochronologiques (U-Pb, Re-Os).

Au nord, les amphibolites basaltiques sont composées de hornblende, de plagioclase et, localement, de biotite et de grenat. Elles sont foliées selon une orientation est-ouest. Cette unité inclut quelques niveaux glomérporphyriques et est recoupée par un dyke dioritique porphyrique (plagioclase) avec des enclaves mafiques. Ce dyke, qui a subi la foliation principale, recoupe une altération envahissante à grenat, à hornblende, à chlorite et à pyrrhotite dans les amphibolites. Il est lui-même étiré et boudiné dans un corridor mylonitique fortement aurifère, d'orientation est-ouest, riche en graphite et en pyrrhotite au contact entre la formation de fer et les amphibolites. La formation de fer oxydée à silicatée est composée d'une alternance de niveaux à quartz-plagioclase, à magnétite et à grunérite-hedenbergite-hornblende-grenat-sulfures. Les zones de déformation quasi verticales, à mouvement dextre, semblent expliquer l'épaississement local et le boudinage de la formation de fer. Au sud, les wackes, composés de quartz, de plagioclase et de biotite, présentent deux foliations métamorphiques. Les amphibolites, la formation de fer et les wackes sont injectés par une grande variété de veines de quartz déformées. Des pegmatites cisailées et boudinées recoupent les wackes et les amphibolites.

La géochronologie de la mise en place du dyke dioritique et des pegmatites ainsi que l'étude de l'altération hydrothermale, du métamorphisme et de la déformation structurale permettront de développer un modèle métallogénique de la mise en place de la minéralisation aurifère à Orfée, en considérant l'histoire géodynamique du contact La Grande-Opinaca.

Contact Opinaca-La Grande : une étude métamorphique et tectonique

ANTOINE RHÉAUME OUELLET, CARL GUILMETTE (UL), JEAN GOUTIER (MERN), FRANÇOIS HUOT ET ADINA BOGATU (UL)

La compréhension des phénomènes archéens ayant mené à l'assemblage actuel de la Province du Supérieur est encore fragmentaire. À la Baie-James, le contact entre les sous-provinces d'Opinaca et de La Grande, hôte de nombreux indices aurifères, n'y fait pas exception quant à sa nature et son évolution. L'étude en cours a pour objectif la caractérisation des lithologies, du style de déformation et de l'évolution métamorphique des sous-provinces dans le but d'évaluer la pertinence des modèles géodynamiques proposés jusqu'à maintenant. Ce projet s'inscrit dans le cadre des travaux de cartographie entrepris par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles dans la région.

La Sous-province de La Grande est un ensemble volcano-plutonique archéen. Elle est formée majoritairement d'un socle tonalitique ancien (3,45 à 2,79 Ga) sur lequel se sont développées, dès 2,88 Ga, des séquences volcano-sédimentaires injectées d'une variété d'intrusions ultramafiques à felsiques. La région est caractérisée par un grain structural E-O et un agencement en dômes et bassins. Les conditions métamorphiques dans la Sous-province de La Grande varient des schistes verts à l'ouest aux amphibolites à l'est. La Sous-province d'Opinaca représente un grand bassin sédimentaire néoarchéen en marge de la Sous-province de La Grande. Elle est constituée principalement de grauweekes et de diverses intrusions granitiques syntectoniques. Le style structural de la Sous-province d'Opinaca correspond à des dômes et bassins ovoïdes. Le gradient métamorphique radial atteint le faciès des granulites au cœur du bassin et les conditions d'anatexis sont généralisées. Le contact entre les deux sous-provinces est associé à un couloir de déformation intense avec de fréquents décrochements qui est injecté d'intrusions felsiques à intermédiaires tardi-tectoniques.

Les travaux accomplis jusqu'à maintenant consistent en une campagne d'échantillonnage régional réalisée conjointement avec le MERN, pendant les travaux de terrain de l'été 2014. L'échantillonnage s'est effectué le long de deux transects recoupant le contact dans les régions du lac Dalmas et du poste Lemoyne, au sud de la Grande Rivière. Des échantillons supplémentaires provenant des indices Corvet-Est et Orfée et des archives du MERN seront également étudiés. La suite du projet comprendra l'étude pétrographique microscopique des échantillons, l'analyse géochimique totale, l'analyse de la chimie minérale à la microsonde électronique, l'analyse modale et texturale par SEM-MLA et l'étude géochronologique des grenats (Lu-Hf et Sm-Nd), ainsi que des zircons et des monazites (U-Pb). Ces données seront utilisées afin de réaliser un levé thermobarométrique et des pseudosections. À terme, il s'agit de quantifier les conditions métamorphiques dans les deux sous-provinces, synthétisées sous forme de trajectoires P-T-t, et de mettre en évidence le contexte dans lequel elles ont été assemblées.

Caractérisations géochimiques des unités métasédimentaires des sous-provinces de La Grande et d'Opinaca, Baie-James

QUENTIN DUPARC (UGAC) ET JEAN GOUTIER (MERN)

La géochronologie et les observations de terrain (faille, discordance, contact entre les formations) sont, pour l'instant, les seuls outils disponibles pour corrélérer les formations sédimentaires de la région au nord-est de la Sous-province de La Grande. Le but de cette étude est de tester de nouveaux outils de corrélation pour les roches sédimentaires archéennes déformées et métamorphisées, des outils plus rapides et à moindre coût qu'une datation U-Pb. Dans un premier temps, ce projet consiste en la synthèse géologique de la Sous-province de La Grande. De récents travaux (Duparc, 2014) ont montré que les outils de corrélation les plus fiables sont de nature géochimiques.

Les spectres des terres rares ont été employés pour caractériser les unités métasédimentaires. La diagenèse et le métamorphisme sont présumés ne pas affecter les spectres des terres rares, ce qui semble très intéressant pour une étude de corrélation. Les spectres des terres rares des grès montrent que chaque formation possède une signature caractéristique, puisque les sources qui composent une formation ont leurs propres signatures. Cette méthode semble être discriminante et moins coûteuse pour établir rapidement des corrélations entre des formations archéennes.

Une étude statistique des données géochimiques permet également de distinguer des unités géologiques présentant des caractéristiques mégascopiques similaires. L'analyse en composantes principales et, par la suite, l'analyse de la variance sont des outils essentiels dans une étude de comparaison des formations. Ils permettent d'affirmer, quantitativement et objectivement, à quel point un groupe d'échantillons représentatifs d'une formation est significativement différent d'un autre. D'autres outils statistiques, tels qu'une analyse comparative par permutation utilisant des matrices de distances, une classification automatique hiérarchique ou même des indices de dissimilarité, pourraient également être utiles à la comparaison ou à la dissociation des unités sédimentaires.

Ces différents tests statistiques pourraient aussi permettre la comparaison de différentes populations de roches felsiques (p. ex., tonalites, granites), de roches mafiques (p. ex., komatiites) ou de groupes d'intrusions prédéfinies afin d'identifier une série magmatique ou de distinguer des intrusions. La réanalyse plus précise des éléments en traces et des terres rares de nombreux échantillons de la banque de données du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec permet de contribuer à une telle étude de corrélation.

Caractérisation d'une zone d'altération hydrothermale dans le Batholite de De Pas, Province de Churchill, Québec

PIERRE-HUGUES LAMIRANDE (UL), CARL BILODEAU (MERN) ET FRANÇOIS HUOT (UL)

Les travaux de cartographie régionale effectués par le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles à l'été 2014 dans la région du lac Brisson (SNRC 24A), au sud-est de la Province de Churchill, ont permis de définir une nouvelle zone d'altération hydrothermale minéralisée. Cette zone de quelques kilomètres de long est associée aux roches de la Suite intrusive de De Pas, un ensemble de granitoïdes syntectoniques paléoprotérozoïques (1,84-1,81 Ga) affleurant sur plus de 600 kilomètres dans la partie centrale de la Zone noyau. Le présent projet vise à définir la minéralogie des différents faciès échantillonnés, la distribution spatiale de ceux-ci, les possibles relations qu'ils partagent et leur potentiel économique respectif.

Plus précisément, le secteur d'étude s'étend sur environ 800 mètres de longueur par 350 mètres de largeur et est situé en bordure d'un important linéament magnétique régional. La zone d'altération se trouve approximativement au contact entre deux lithologies riches en magnétite, soit une monzodiorite quartzifère porphyrique et une unité interprétée comme étant de composition gabbroïque. La phase la plus abondante est une roche métasomatique mésocrate à grains fins et à texture hétérogène, qui semble également avoir subi une altération potassique. Par endroits, ce faciès est grenu, prend localement une couleur rose et se compose de clinopyroxènes allongés et isolés dans une matrice de plagioclases. Les corridors altérés de plusieurs dizaines de mètres de puissance sont caractérisés par une forte altération potassique. Ils présentent parfois une texture bréchique avec des amas complexes millimétriques à centimétriques de quartz avec des bordures de dissolution et de corrosion atypiques, presque toujours entourés d'un fin liséré de magnétite. Ces amas pourraient être issus d'un phénomène de remplacement hydrothermal, comme le suggère également la présence de cavités centimétriques remplies d'épidote et de calcite. La nature exacte des unités encaissantes demeure toutefois à déterminer.

De fins amas disséminés de pyrite, renfermant parfois de la chalcopyrite, ont été observés dans la plupart des unités, mais sont plus abondants dans les corridors à forte altération. Les mêmes phases altérées ont été retrouvées à trois différents endroits au sud du secteur d'étude, suggérant un prolongement sur plus de six kilomètres de la zone d'altération et de son potentiel économique. La typologie de la minéralisation reste à déterminer, à savoir si ces sulfures associés à des zones d'altération potassique et à magnétite appartiennent à un système IOCG ou de type porphyre à cuivre.

Évolution tectono-métamorphique de l'Orogène des Torngat – Churchill Sud-Est : l'application du grenat comme géothermobaromètre et géochronomètre

**BENOIT CHARETTE (UNIVERSITÉ DE WATERLOO),
CARL GUILMETTE (UL) ET DANIEL BANDYAYERA (MERN)**

La Province de Churchill Sud-Est est un bloc archéen remodelé au Paléoprotérozoïque lors de deux orogènes. À l'est, l'Orogène des Torngat se produit lors de la collision de la Zone noyau et de la Province de Nain, entre 1,87 et 1,82 Ga. À l'ouest, l'Orogène du Nouveau-Québec résulte de la collision entre la Zone noyau et la Province du Supérieur, entre 1,82 et 1,77 Ga. De cette accretion successive de cratons archéens s'ensuit trois phases tectono-métamorphiques dans le secteur de l'Orogène des Torngat : un événement D1 de convergence produisant des conditions métamorphiques au faciès des granulites considérées comme le pic métamorphique (1,87-1,86 Ga); un événement D2 de transpression produisant de grands cisaillements et un métamorphisme variant du faciès des amphibolites à celui des granulites (1,85-1,82 Ga); une période de refroidissement et de soulèvement D3 (1,82-1,78 Ga).

L'étude tectono-métamorphique en cours vise à préciser l'évolution métamorphique de l'Orogène des Torngat dans sa portion occidentale ainsi qu'à déterminer l'influence que cette collision eut sur la Zone noyau. Cette étude permettra non seulement de connaître les conditions d'enfouissement (pression) et l'état thermique (température) des roches métamorphiques maintenant exposées, mais aussi de reconstruire l'évolution de ces conditions tout au long de l'orogénèse. À partir des modélisations d'équilibres de phases minérales (pseudosections), il sera possible de retracer le chemin pression-température-temps-déformation (P-T-t-D) des différentes sections de l'orogène, grâce aux textures métamorphiques, aux relations avec les phases de déformation et à la datation de plusieurs systèmes isotopiques tels que U-Pb sur zircon et monazite ainsi que Lu-Hf et Sm-Nd sur grenat.

Les données à ce jour indiquent que la portion québécoise de l'Orogène des Torngat a atteint des conditions maximales de 9,0-12,0 kbar et 850-1000 °C, telles que préservées dans des pyroxénites à grenat. Les datations Lu-Hf et Sm-Nd sur grenat indiquent des conditions de croissance vers 1839 ± 5 Ma ainsi qu'un refroidissement à approximativement 800 °C vers 1820 ± 12 Ma. Les conditions rétrogrades de cristallisation du néosome ont été déterminées à partir d'échantillons de métasédiments migmatitisés qui indiquent des pressions et températures de 5,5-8,0 kbar et de 650-800 °C. La datation U-Pb des monazites et des zircons d'une diatexite à grenat-sillimanite permet de limiter la cristallisation des liquides anatectiques vers 1822-1815 Ma. Les résultats préliminaires semblent indiquer qu'il existe une évolution distincte entre la Zone noyau et le cœur de l'Orogène des Torngat. Toutefois, leur exhumation semble conjointe, exposant deux blocs qui aurait subi des conditions anatectiques pendant près de 20 Ma avant leur refroidissement vers 1820 Ma, coïncidant avec l'amorce de l'Orogénie du Nouveau-Québec.

Les mylonites de la rivière George et de Moonbase, Zone noyau, Nunavik : porphyroclastes, linéations et recristallisation dans des zones de cisaillement crustales

**MYRIAM CÔTÉ-ROBERGE, CARL GUILMETTE (UL),
BENOIT CHARETTE (UNIVERSITY OF WATERLOO),
DANIEL BANDYAYERA, MARTIN PARENT
ET SIMON BOURASSA (MERN)**

La Province du Churchill, située dans le Nord québécois, est la province géologique la moins connue du Québec. Constituée d'un socle archéen, cette région a la particularité d'avoir subi deux orogénèses au cours du Paléoprotérozoïque, lui donnant sa structure tripartite. Ainsi, la Zone noyau forme un bloc central de 200 km de largeur, lequel est soudé aux cratons archéens du Supérieur à l'ouest et du Nain à l'est par, respectivement, les orogènes du Nouveau-Québec et des Torngat.

Les études de reconnaissance disponibles suggèrent que la Zone noyau a subi une migmatitisation lors de l'Archéen, puis des phases de recristallisation au Paléoprotérozoïque, le degré de métamorphisme passant du faciès des amphibolites au faciès des granulites. Par la suite, entre 1,84-1,81 Ga, les batholites de DePas et de Kuujuaq se sont mis en place, formant un arc magmatique du nord au sud de la province. La région s'est stabilisée vers 1,75 à 1,65 Ga, avant une phase d'intrusions plutoniques de granite et d'anorthosite de 1,45 à 1,2 Ga.

De nombreuses zones de cisaillement reflétant des collisions obliques sont présentes dans toute la région, y compris les failles crustales de la Rivière Georges, de Moonbase, d'Ablotviak, de Falcoz et de Mistastin River.

Ce projet de fin d'études a pour but de caractériser les microstructures de deux de ces zones, soit la Zone de cisaillement de la Rivière George (ZCGR) et celle de Moonbase (ZCMB). Malgré qu'elles apparaissent comme deux branches d'un même cisaillement, les deux zones montrent des caractéristiques fondamentalement différentes, comme l'absence de linéation dans la ZCMB. Des échantillons orientés ont été recueillis sur le terrain sur une dizaine d'affleurements représentatifs au cours de l'été 2014 par une équipe du MERN. L'étude pétrographique de ces échantillons permettra de répertorier les microstructures dans l'objectif de comprendre ce qui différencie les deux zones. À partir des résultats obtenus, nous tenterons d'interpréter ces différences en ce qui concerne les températures et les profondeurs de déformation, les taux et les quantités finies de déformation, l'orientations dans le champ de contrainte et la nature du matériel cisailé. Les cartes aéromagnétiques, les photos prises sur les affleurements ainsi que les géofiches de chaque affleurement seront également utiles à la compréhension de nos observations.

En conclusion, cette recherche permettra une meilleure connaissance des caractéristiques propres aux deux types de déformation, facilitera leur reconnaissance sur le terrain et précisera le contexte de l'évolution tectonique de la région.

Caractérisation pétrologique et géochimique de la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk, partie sud-est de la Province de Churchill, Québec

ROCÍO PEDREIRA PÉREZ, PHILIPPE PAGÉ (UQAC),
DANIEL BANDYAYERA (MERN)
ET SARAH-JANE BARNES (UQAC)

La Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk est localisée proche du contact entre la Zone noyau et l'Orogène des Torngat, dans la partie sud-est de la Province de Churchill (feuilles 24H10 et 24H15). Cette suite est formée de plusieurs intrusions kilométriques orientées N-S qui se sont mises en place le long du corridor de déformation de Blumath. Elle est composée de roches mafiques et ultramafiques métamorphisées qui recoupent la séquence sédimentaire clastique paléoprotérozoïque du Groupe de Lake Harbour, séquence dominée par des paragneiss, des quartzites ou une alternance de ces deux lithologies. Certains de ces niveaux de paragneiss de la base contiennent des sulfures disséminés (3-15 %). Les intrusions mafiques-ultramafiques sont le résultat d'une activité magmatique accrue dans un domaine intraplaque continental associée aux plumes mantelliques. Il s'agit d'un contexte intéressant d'un point de vue économique pour la formation de minéralisations en Ni-Cu et éléments du groupe du platine (EGP).

Une cartographie et un échantillonnage systématique de ces intrusions ont été effectués durant l'été 2014, avec ~150 points d'observation. Par la suite, cinquante échantillons ont été sélectionnés pour des analyses pétrographiques et lithogéochimiques. Nos observations montrent que la Suite mafique-ultramafique de Nuvulialuk est dominée par deux groupes de roche, des faciès périclitiques et des faciès mafiques (pyroxénites et gabbros). Les roches ultramafiques montrent des textures variées allant du cumulat à olivine (cristaux de ≤ 5 cm) au mésocumulus à olivine et pyroxène (cristaux de 2-3 cm et ≤ 30 cm, respectivement) alors que les roches mafiques sont plutôt massives. La déformation est variable, résultant en des faciès peu déformés jusqu'à des zones localement mylonitisées. La foliation montre deux directions préférentielles : i) NE-SW ($\sim N30^\circ E$) et ii) WNW-ESE ($\sim N310^\circ E$), avec un pendage variable entre 50° et 90° . De plus, des plis $\sim N180^\circ E$ et $\sim N275^\circ E$ avec un pendage faible ($5-25^\circ$) ont été observés.

D'après les résultats préliminaires provenant de huit échantillons prélevés en 2013 par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, quatre groupes ont été déterminés : i) wehrlite avec Pd = 17 ppb et Pt = 11 ppb, ii) pyroxénite avec Pd = 12 ppb et Pt = 8 ppb (en moyenne), iii) amphibolite avec Pd = 6 ppb et Pt = 3 ppb et iv) gabbro avec Pd < 0,5 ppb et Pt = 2,5 ppb.

Les travaux à venir viseront à caractériser la pétrographie, la chimie minérale et la géochimie afin d'évaluer le potentiel économique de ces intrusions et de déterminer le contexte de leur mise en place.

Les EGP du dépôt Delta de la Ceinture de Cape Smith (Nord-du-Québec) : quand le métamorphisme influence le potentiel économique

PIERRE-JEAN MISSON, SARAH-JANE BARNES
ET PHILIPPE PAGÉ (UQAC)

Le métamorphisme régional entraîne de nombreux processus qui peuvent influencer un dépôt en redistribuant les métaux en présence. Dans certains cas extrêmes, la minéralisation peut être entièrement modifiée et les métaux remobilisés. La Ceinture de roches vertes de Cape Smith, dans le Nord-du-Québec, a subi un métamorphisme au faciès des schistes verts supérieur ($400-450^\circ C$). Notre projet veut déterminer si le métamorphisme régional a modifié la minéralogie et s'il a redistribué les métaux des lentilles de sulfures massifs à Ni-Cu-EGP du dépôt Delta (50 km à l'ouest de la mine Raglan).

Les observations pétrographiques des sulfures massifs montrent que la minéralisation est toujours magmatique (pyrrhotite, pentlandite, chalcopryrite), mais recristallisée (joints triples, yeux de pentlandite). Les analyses de géochimie sur roche totale confirment l'origine magmatique des sulfures massifs. L'ablation laser (LA-ICP-MS) des sulfures couplée à la géochimie sur roche totale a permis de réaliser des bilans de masse afin d'évaluer quelle phase contrôle les métaux au sein de la minéralisation. Les bilans de masse montrent des similitudes et des anomalies dans la distribution des métaux par rapport aux autres gisements magmatiques : (i) les EGPI (Os, Ir, Ru) généralement contrôlés en quasi-totalité par la pyrrhotite et la pentlandite sont, à Delta, contrôlés à 20-80 % par ces mêmes sulfures; (ii) le Rh généralement contrôlé à 40 % par la pyrrhotite et la pentlandite est, à Delta, contrôlé à seulement 10 % par ces mêmes phases; (iii) le palladium généralement contrôlé à 40 % par la pentlandite est, à Delta, contrôlé jusqu'à 80 % par la pentlandite; (iv) les éléments chalcophiles (Ag, Cd, Zn) généralement faiblement contrôlés ($<5\%$) par la chalcopryrite sont, à Delta, contrôlés à plus de 30 % par la chalcopryrite. En conséquence, les bilans de masse montrent clairement une redistribution de certains métaux dans le dépôt. Cette redistribution s'observe par la présence d'EGPI dans des minéraux du groupe du platine (MGP) comme la sperrylite ($PtAs_2 \pm Rh$) qui, à Delta, incorpore l'Ir, l'Os et, plus ou moins, le Ru.

Le dépôt Delta est associé aux sills du système nourricier des basaltes komatiitiques qui ont formé les gisements de l'horizon Raglan. Les sills sont censés être plus pauvres en métaux comparativement aux dépôts associés aux coulées. Cependant, nos résultats montrent que le métamorphisme régional a pu redistribuer les EGP et favoriser leur exsolution sous la forme de MGP. Les EGP étant plus intéressants économiquement sous la forme de MGP, le caractère métamorphique d'un dépôt, même faible (schistes verts), ne doit pas être négligé, car il pourrait modifier substantiellement le caractère économique du dépôt.

Modélisation de diagrammes de phases comme outil d'exploration pour les gîtes d'oxydes de fer à cuivre-or dans les terrains métamorphiques de forte intensité : application à la Province de Grenville

PIERRE-HENRI TRAPY, FÉLIX GERVAIS (POLYTECHNIQUE MONTRÉAL), LOUISE CORRIVEAU (CGC-Q) ET ABDELALI MOUKHSIL (MERN)

L'intérêt grandissant pour les gisements hydrothermaux de type oxydes de fer-cuivre-or (ou IOCG selon l'abréviation anglaise) dans les terrains métamorphiques de forte intensité demande le développement de nouveaux outils d'exploration. Dans les terrains non métamorphiques, les gisements IOCG sont caractérisés par une altération hydrothermale avancée qui modifie profondément la composition des roches. Les assemblages minéralogiques produits par cette altération se classent de façon systématique en différents types. Les compositions chimiques de ces roches ne dépendent pas des protolites et leur degré de métamorphisme devrait aussi produire des paragenèses spécifiques. Nous présentons les résultats préliminaires de modélisation d'équilibres de phase métamorphique visant à prédire les assemblages formés aux faciès des amphibolites supérieures à granulite pour différents types d'altération hydrothermale. Les résultats des modélisations seront par la suite comparés aux assemblages observés dans des roches de la région du réservoir Gouin, dans la Province de Grenville. Il est attendu que les résultats de ce projet de doctorat fourniront de solides fondations à l'élaboration d'outils d'exploration efficaces pour les gisements de types IOCG dans la Province de Grenville, au Québec.

Caractérisation des terres rares dans les apatites d'un dépôt Fe-Ti-P du Lac à Paul, dans la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean

WILLIAM CHARTIER-MONTREUIL, SARAH DARE (UNIVERSITÉ D'OTTAWA-UQAC), SARAH-JANE BARNES (UQAC) ET ROSS STEVENSON (UQAM)

Cette étude vise à étudier les éléments de terres rares (ETR) dans les apatites présentes dans des zones riches en P-Ti à l'intérieur de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (1,1-1,0 Ga), sur la propriété du Lac à Paul, et ce, afin de déterminer la composition du ou des magmas parents et d'étudier la cristallisation fractionnée dans ce type de gisement. L'étude 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 de la société Ariane Phosphate est l'hôte d'un gisement au stade de la mise en valeur. Celui-ci comprend 590 Mt de minerai (ressources mesurées et indiquées) à 71 % P_2O_5 (Règlement 43-101). La minéralisation est présente dans la péridotite nelsonitique, une roche composée en général d'oxydes de fer, d'apatite et d'olivine dans des proportions variant entre 20-35 %. Deux zones minéralisées ont été répertoriées : la zone au nord correspond à une nelsonite massive à granulométrie fine contenant 7-12 % de P_2O_5 et la zone au sud, à une gabbronorite nelsonitique à granulométrie grossière à mégacristalline avec 4-6 % de P_2O_5 . Cette étude a comme objectifs : 1) d'établir si l'apatite contenue dans le gisement est bien l'hôte principal des ETR; 2) de vérifier si la distribution des ETR dans les apatites est homogène ou, si ce n'est pas le cas, de définir les facteurs qui influencent leur distribution; 3) de déterminer les relations pétrogénétiques entre les deux zones; 4) de retracer le ou les magmas parents. Pour ce faire, des échantillons seront prélevés le long de la coupe stratigraphique du gisement ainsi que sur un même horizon stratigraphique. Ils seront analysés, entre autres, par microsonde et par ablation au laser (LA-ICP-MS). Les échantillons recueillis seront également soumis à des analyses isotopiques (samarium et néodyme, strontium et rubidium) pour tenter de déterminer si les magmas parents de chacune des zones à l'étude sont cogénétiques.

Cette étude devrait ainsi améliorer notre compréhension de la formation de ce type de gisement.

Caractérisation du gisement de P-Ti du Lac à Paul, partie nord de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean (Québec) : stratigraphie et chimie minérale

JEAN-DAVID PELLETIER, SARAH-JANE BARNES (UQAC-MAGNET), PHILIPPE PAGÉ (UQAC), SARAH DARE (UNIVERSITÉ D'OTTAWA) ET HUGUES GUÉRIN-TREMBLAY (ARIANNE PHOSPHATE)

Mis en valeur par Arianne Phosphate depuis 2008, le gisement de P-Ti (apatite-ilménite-magnétite) du Lac à Paul se situe dans la portion nord-est de la Suite anorthositique de Lac-Saint-Jean. Ce corps minéralisé stratiforme, subvertical et d'une épaisseur de 100 à 350 m est suivi d'est en ouest sur près de 4 km. Le projet de recherche vise à caractériser la pétrographie et la chimie minérale d'une série d'échantillons prélevés le long d'une section N-S, perpendiculairement à la stratigraphie du gisement. Les observations faites jusqu'à maintenant indiquent que les roches du gisement présentent diverses variations au niveau de la texture (granulométrie, taux de recristallisation), des proportions modales, de la composition des minéraux et, finalement, de la structure (intensité de la foliation et failles).

Les résultats de la cartographie montrent que le gisement est divisé en deux domaines. Le domaine nord correspond à une péridotite nelsonitique contenant un cumulat d'apatite (20-35 %, 0,5-2 mm) et d'olivine (20-35 %, 0,5-2 mm) qui baigne dans une matrice constituée de 20-35 % d'oxydes en mailles de filet (ilménite/magnétite ~ 3/2). Cette péridotite nelsonitique est interlitée avec des niveaux d'anorthosite, de troctolite et de norite contenant eux aussi de l'apatite (8-15 %). Ces derniers sont constitués de plagioclases généralement mauves à texture protoclastique et coronitique formant des lits d'épaisseurs variables (< 2-50 cm), souvent boudinés. L'apatite est la plupart du temps associée avec les oxydes, mais se retrouve aussi couramment en inclusion dans l'olivine et le plagioclase. De plus, elle semble plus abondante en bordure du rubanement des plagioclases dans la péridotite nelsonitique. Le domaine sud est constitué de norite, de leuconorite et de troctolite grossière à pegmatitique contenant une matrice nelsonitique (8-15 % d'apatite). Ce domaine présente une homogénéité des teneurs en apatite, mais est hétérogène du point de vue de la granulométrie.

Les roches au nord du gisement regroupent des norites, des gabbro-norites, des troctolites et des pyroxénites litées, à grains moyens et à texture granoblastique qui sont particulièrement enrichies en ilménite (15-30 %), mais pauvres en apatite (1-3 %). Les roches au sud du gisement (anorthosite, leuconorite, troctolite et leucotroctolite) sont davantage apparentées à celles du gisement, du moins par leur contenu en apatite (4-10 %) et l'aspect des plagioclases (mauves, protoclastiques).

Les résultats préliminaires de la chimie minérale révèlent une variation selon la stratigraphie, mais des analyses supplémentaires seront nécessaires pour mieux définir cette variation.

Méthodologies de la découverte minière au Québec au 21^e siècle

MYRIAM BOUKACHABIA (UNIVERSITÉ DE LORRAINE-UQAT-UQAM) ET MICHEL JÉBRAK (UQAM)

Le Québec est un important producteur minier, aussi bien au Canada que sur la scène internationale. Depuis près de 100 ans, le secteur minier au Québec est en croissance : on y découvre plus d'un gisement exploitable par an. Cette croissance est majoritairement due à la réussite des sociétés œuvrant dans le domaine de l'exploration, qui jouent un rôle essentiel pour assurer la continuité de nouvelles exploitations minières. De plus, la recherche progresse en termes d'innovation, permettant ainsi aux sociétés minières de se focaliser sur des systèmes de plus en plus précis. Est-ce le cas au Québec? Quels processus peuvent expliquer un tel taux de découverte? Voici les questions auxquelles nous tenterons de répondre lors de notre étude.

Une enquête a été menée auprès de quatorze sociétés juniors québécoises, sur une sélection de projets miniers, de mars à juin. Cette enquête avait pour but de collecter des informations sur les méthodes qu'elles ont utilisées ainsi que sur les moyens qu'elles ont mis en œuvre lors des récentes découvertes de gisements potentiels au Québec. Les résultats ont ensuite été comparés au travail de Sillitoe (publié en 1996) sur les gisements de la côte Pacifique durant la période 1970-1995. Cette comparaison a permis de mettre en évidence les différences entre les sociétés juniors du Québec et les sociétés majeures. Les résultats font également ressortir l'évolution des méthodes de découverte d'un gisement et des stratégies d'exploration utilisées sur le terrain au cours des vingt dernières années.

Actuellement, le modèle théorique d'exploration est un modèle linéaire basé sur une exploration minière stratégique et tactique. D'après les résultats de notre étude, il en ressort un modèle quelque peu différent. Le modèle d'exploration au Québec n'est pas linéaire, mais « ponctué » dans le temps. En effet, le milieu de l'exploration connaît très souvent des périodes d'inactivités plus ou moins longues, causées par un certain nombre de facteurs externes. L'essentiel du potentiel minéral à l'échelle mondiale est découvert au cours de périodes relativement restreintes qui se succèdent dans le temps de manière cyclique, correspondant à des booms miniers. Ces derniers sont liés à des facteurs de complexité variable tels que les besoins de l'économie, les capacités techniques de l'industrie minière et l'augmentation des cours des métaux, qui vont ainsi déterminer la fréquence, l'ampleur et la durée de ces booms miniers.

Méthode d'exploitation par bloc foudroyé

STÉPHANE TREMBLAY (UL)

L'intérêt pour les méthodes d'exploitation souterraine en vrac ne cesse de s'accroître. Ces méthodes sont les seules capables d'offrir une production de minerai en continu, à un niveau élevé et à un faible coût d'exploitation, ce qui explique la popularité de ces méthodes. Elles sont utilisées afin d'extraire le minerai de gisements à basse teneur lorsqu'il se trouve à des profondeurs inatteignables par une mine à ciel ouvert.

La méthode par bloc foudroyé se définit comme étant l'effondrement contrôlé d'une zone minéralisée sans recourir à des travaux continus de forage et de dynamitage. Elle tire plutôt avantage de la fracturation naturelle du massif rocheux, de la fissuration induite par la redistribution des contraintes, de la résistance limitée de la roche à ces contraintes et de la force gravitationnelle.

Si toutes les conditions favorables sont réunies, la méthode d'exploitation par blocs foudroyés est de loin la plus avantageuse des méthodes souterraines. Cette méthode est encore peu connue au Québec. Par contre, l'industrie minière se dirige vers un contexte où l'exploitation par blocs foudroyés sera susceptible d'être, dans bien des cas, la seule méthode de minage permettant d'assurer une rentabilité.

Développement d'une nouvelle technologie verte pour la revégétalisation de rejets miniers de mines d'or en utilisant des microorganismes symbiotiques spécifiques associés à l'épinette blanche

MARTIN BEAUDOIN-NADEAU, AIDA AZAIEZ ET DAMASE KHASA (UL)

Les pratiques traditionnelles de revégétalisation des mines sont connues comme étant dispendieuses. Les recherches des dernières décennies ont démontré les bénéfices nutritionnels apportés aux plantes par plusieurs champignons symbiotiques et bactéries associées à leurs racines dans le sol. Pour cette raison, il y a maintenant un intérêt grandissant, autant en agriculture qu'en foresterie, d'utiliser ces microorganismes comme biofertilisants pour améliorer la croissance et la nutrition des plantes.

Dans ce projet de recherche, nous avons examiné le rôle et l'importance des microorganismes du sol – rhizobactéries (PGPR) et champignons ectomycorhiziens (ECM) – à favoriser la santé, la croissance et la nutrition de l'épinette blanche (*Picea glauca*) sur les rejets miniers riches en biotite de la mine d'or Sigma-Lamaque, en Abitibi. Le projet a été divisé en trois volets. Premièrement, la structure des communautés de champignons ECM associés aux racines d'épinette blanche a été analysée dans quatre écosystèmes différents à proximité du site minier. Les résultats ont montré que le site minier avait une communauté ECM significativement différente à celles de la bordure de forêt, de la forêt naturelle et de la pépinière forestière. Deuxièmement, une expérience en laboratoire a été effectuée afin de sélectionner *in vitro* des champignons ECM prometteurs, soit ceux favorisant démontrant une excellente croissance sur des résidus miniers. Les résultats ont démontré que les deux champignons ECM isolés de racines d'épinettes blanches en santé sur le site minier (*Cadophora finlandia* et *Tricholoma sculpturatum*) avaient une meilleure croissance en milieu liquide pauvre avec stériles broyés que le champignon ECM provenant de la forêt naturelle (*Hebeloma crustuliniforme*). Troisièmement, une expérience en serre comprenant la croissance de semis d'épinette blanche sur des rejets miniers a été réalisée et la performance de différents traitements de champignons ECM et PGPR a été évaluée. Après 32 semaines de croissance, l'inoculation des semis avec le *C. finlandia* et le *T. sculpturatum* avait contribué significativement à l'amélioration de la santé des épinettes blanches, tandis que le *H. crustuliniforme* n'avait eu aucun effet. De plus, le *Pseudomonas putida*, un PGPR isolé sur le site minier, avait facilité considérablement la croissance aérienne des semis.

Nos résultats suggèrent que les champignons ECM et PGPR adaptés aux conditions du site jouent un rôle très important sur la santé et la croissance de l'épinette blanche sur des rejets miniers riches en biotite. La prochaine étape sera de confirmer nos résultats sur le terrain. S'ils sont positifs, nous proposerons une nouvelle technologie verte pour la revégétalisation des anciens sites miniers abandonnés.

Caractéristiques des formations superficielles de la partie sud du projet PACES en Chaudière-Appalaches

MARTIN ROY, ROBERT-ANDRÉ DAIGNEAULT,
SYLVAIN MILETTE, GUILLAUME THIERY, MARC-ANDRÉ
HURTUBISE, ÉRIC LEDUC, NANCY HORTH
ET MÉLINA DUBOIS-VERRET (UQAM)

La cartographie des formations superficielles d'une partie importante de la région de Chaudière-Appalaches a été effectuée dans le cadre d'un projet PACES en 2013-2014. Ces travaux ont produit douze cartes (échelle de 1/50 000) qui donnent un aperçu détaillé de la distribution spatiale des grands ensembles de sédiments meubles de surface dans cette région. Les travaux indiquent que la vaste majorité des formations superficielles est associée à la dernière glaciation. Dans la partie amont de la rivière Chaudière et de certains de ses affluents, des formations quaternaires anciennes non différenciées ont été observées; ils couvrent moins de 1 % de la superficie cartographiée. Le till constitue l'unité cartographique la plus étendue, occupant près de 60 % du territoire. Le till en couverture continue (37 % du territoire) forme une couverture généralement sans forme particulière qui recouvre les zones basses des Appalaches. Le till en couverture mince et discontinue (22 %) est présent principalement sur les flancs des principaux reliefs appalachiens. Les dépôts juxtaglaciaux (esker, moraine, terrasse de kame) et proglaciaires (épandage subaérien et subaquatique) couvrent 1 % de la région. Ces unités, qui constituent une source importante de matériau granulaire, se concentrent principalement dans la région des monts Notre-Dame, au sud-ouest de Sainte-Marie. Les dépôts de la mer de Champlain qui occupent 15 % du territoire se retrouvent dans les Basses-Terres du Saint-Laurent et le piémont appalachien, à une élévation inférieure à 185 m. En surface, ils sont formés principalement de sédiments littoraux et sublittoraux (11 %), lesquels recouvrent souvent des unités marines de texture plus fine (dépôts marins d'eau profonde et dépôts deltaïques). Dans les Appalaches, des sédiments associés au développement de lacs d'obturation glaciaire occupent 1 % du territoire. Les unités mises en place postérieurement à la dernière glaciation se subdivisent en sédiments organiques (5 %), en sédiments alluviaux (3 %) et en sédiments éoliens (2 %). Globalement, ces travaux viennent renforcer le cadre physique de la géologie du Quaternaire des Appalaches, notamment en apportant de nouveaux détails sur les événements qui ont marqué la dernière glaciation, en plus de préciser le contexte paléogéographique de la déglaciation régionale.

Réévaluation de la géologie et des modèles d'exploration pour l'or au sud du camp minier de Chibougamau (Abitibi)

STÉPHANE FAURE (CONSOREM)

Le segment de Caopatina-Desmaraisville, au sud des camps miniers de Chibougamau et de Chapais, a fait l'objet d'une révision géologique et d'une évaluation pour les minéralisations aurifères. Des sociétés membres du CONSOREM ont partagé d'importantes bases de données géologiques, lithogéochimiques et géophysiques. Ces données ont été regroupées avec celles du SIGÉOM, puis traitées et analysées afin de produire une nouvelle carte géologique de haute résolution. Les faits saillants sont : 1) la reconnaissance des formations de Waconichi (porteuse de sulfures massifs volcanogènes [SMV] dans le camp de Chibougamau) et de Gilman sur une vaste région au sud-ouest du Pluton de La Dauversière; 2) la mise à jour de plusieurs horizons de volcanoclastites calco-alcalines, latéralement très étendus et souvent conducteurs, dans la Formation d'Obatogamau; 3) la corrélation du complexe de dykes de gabbro et pyroxénite du secteur du gisement de Philibert (1,4 Mt à 5,3 g/t Au) avec celui de Cummings, connu dans la région de Chapais et Chibougamau. Ces corrélations sont expliquées, entre autres, par l'effet de l'anticlinal de La Dauversière qui traverse le centre de la région d'est en ouest.

L'étude a aussi porté sur : 1) les SMV à or et 2) les minéralisations disséminées à sulfures et or ou à or dans des veines de quartz-carbonate et associées à des intrusions synvolcaniques ou syntectoniques. Le contexte qui semble le plus favorable pour les minéralisations de SMV est celui du Complexe du Lac des Vents (2798-2759 Ma), un ensemble de laves et de pyroclastites felsiques reconnu sur 40 km qui ceinture la partie sud du Pluton d'Eau Jaune (synvolcanique). Les amas semi-massifs à massifs de pyrite, de pyrrhotite ou de pyrite-pyrrhotite, parfois aurifères, sont interdigités dans des volcanoclastites calco-alcalines fertiles pour les SMV d'après des critères géochimiques. Selon la nouvelle interprétation, il s'agit d'un des plus importants complexes felsiques de l'Abitibi, comparable en dimension à ceux des camps de Matagami, de Selbaie et de Val-d'Or.

Dans le secteur de l'ancienne mine Joe Mann (production : 4 754 375 t à 8,26 g Au/t et ~0,3 % Cu), la réinterprétation géologique met en évidence un vaste complexe d'intrusions felsiques à intermédiaires minéralisées, lequel est coïncé dans un large couloir de déformation ductile-cassant et altéré sur une largeur de 3 à 5 km. Deux groupes d'intrusion s'y distinguent d'après les spectres de terres rares (ETR). Le groupe 1 montre des caractéristiques géochimiques très proches du Pluton de La Dauversière (synvolcanique, 2720 Ma), alors que le groupe 2 présente des signatures comparables au Pluton de Boisvert (syntectonique, 2697 Ma).

Opportunité pour les sulfures massifs volcanogènes riches en Ag

LUCIE MATHIEU (CONSOREM)

Les SMV (sulfures massifs volcanogènes) associés à l'activité volcanique sont généralement exploités pour le Cu, le Zn et, parfois, le Pb. Certains présentent des teneurs intéressantes en Au et en Ag. Ce projet documente les principaux paramètres qui influent sur la composition en Ag des lentilles de sulfures massifs de type SMV.

Il est bien connu que le Cu est mobilisé par les fluides les plus chauds et que le Zn et le Pb sont contrôlés par le pH. L'étude des paramètres physico-chimiques nous apprend également que l'Ag semble être mis en solution par des fluides relativement chauds. Il est possible que les paramètres physico-chimiques contrôlent la quasi-totalité du système. Cependant, ces paramètres sont difficiles à définir dans les cellules hydrothermales fossiles et, de ce fait, difficilement utilisables en exploration.

Les contraintes minéralogiques, comme celles imposées par la galène et les minerais de cuivre gris (*fahllore*), permettent de comprendre les corrélations observées entre le Pb et l'Ag dans les SMV et d'établir des corrélations entre l'Ag et l'As, le Bi, le Cu, le Pb, le Zn et le Sb. Le calcul normatif mis au point à partir des données minéralogiques a permis d'obtenir de bons résultats sur les données de Hackett River, indiquant que la piste minéralogique est fiable et pourrait mener à une meilleure compréhension des amas de sulfures massifs.

Les caractéristiques des roches encaissantes semblent également jouer un rôle crucial. Les roches felsiques sont souvent associées aux SMV argentifères, soit parce qu'elles sont souvent poreuses et peuvent favoriser la formation de SMV de type « subsurface », soit parce qu'elles sont riches en Pb et en Ag et pourraient ainsi permettre la formation d'une plus grande quantité de galènes argentifères. En examinant les données géochimiques de l'Abitibi, on observe une corrélation entre les concentrations élevées en Ag, en Zn et peut-être en Bi des roches encaissantes et la présence de SMV argentifères.

Ce projet montre que la piste minéralogique est prometteuse pour l'exploration. Le test effectué en Abitibi témoigne aussi que des corrélations sont possibles entre la composition géochimique de l'encaissant et celle des SMV, ouvrant un nouveau champ de possibilités pour l'exploration des SMV.

Charlevoix - une région sculptée par le ciel?

JEAN-MICHEL GASTONGUAY (OBSERVATOIRE DE L'ASTROBLÈME DE CHARLEVOIX) ET PIERRE VERPAELST (OBSERVATOIRE DE LA GÉOSPHERE DE CHARLEVOIX)

Charlevoix constitue une destination touristique de choix, en grande partie à cause de son relief et de son climat, mais aussi en raison de son patrimoine culturel. Cependant, encore peu de gens savent que Charlevoix possède des caractéristiques géologiques uniques au Québec, et même au Canada, par son histoire géologique et les événements tectoniques et catastrophiques qui l'ont modelée et la modèle encore de nos jours.

La région de Charlevoix, c'est la rencontre de trois provinces géologiques importantes en Amérique du Nord :

- ▶ les roches précambriennes du Bouclier canadien au nord du Saint-Laurent;
- ▶ les roches paléozoïques de la Plate-forme du Saint-Laurent qui se trouvent juste au sud du Bouclier, principalement près de la rive nord du fleuve Saint-Laurent;
- ▶ les roches des Appalaches dont on retrouve des traces à l'île aux Coudres.

Toutes ces roches ont été témoins d'un impact météoritique qui a bouleversé la géologie, à partir de Petite-Rivière-Saint-François jusqu'à Saint-Siméon. Découvert en 1966, l'étude de l'astroblème de Charlevoix a permis d'identifier des structures et des roches typiques d'un impact météoritique. Son pic central et ses fosses annulaires sont parmi les structures les plus visibles et accessibles dans le monde.

Le projet de géoparc de Charlevoix a pour objectif de mettre en valeur le patrimoine géologique de cette région, en particulier la structure de l'impact et la relation entre les trois provinces géologiques présentes dans ce secteur. Il vise aussi à faire connaître les dépôts et les formes laissés par les glaciers ainsi que les phénomènes géologiques actuels qui constituent des risques naturels tels l'érosion des berges, les glissements de terrain et les tremblements de terre.

Le projet de géoparc ne vise pas que la mise en valeur du patrimoine géologique. Il peut intégrer le riche patrimoine préhistorique, historique et culturel de Charlevoix. C'est pourquoi le projet fera appel à un partenariat avec la Réserve de la biosphère de Charlevoix, l'Observatoire astronomique de Charlevoix ainsi que la communauté d'affaires de la région.

Géoparcs : à quoi ça sert?

PIERRE VERPAELST (COMITÉ NATIONAL CANADIEN POUR LES GÉOPARCS) ET DOMINIQUE RICHARD (MERN)

Un géoparc est une aire géographique comprenant des sites de patrimoine géologique qui font partie d'un concept intégré de protection, d'éducation et de développement socioéconomique durable. Le Réseau mondial des géoparcs soutenu par l'UNESCO a été créé en 1999. Les géoparcs permettent de mettre en valeur le patrimoine géologique pour les générations actuelles et futures. Le développement des géoparcs se fait généralement à partir de la base, c.-à-d. d'initiatives locales. Il vise à protéger et à expliquer le patrimoine géologique et minier. L'activité géotouristique et le développement socioéconomique y sont encouragés. Un géoparc devient ainsi un outil de développement régional. Il ne se limite pas à la mise en valeur de la géologie; il peut également inclure des sites d'intérêt archéologique, historique, culturel et environnemental (faune et flore).

Le Réseau mondial des géoparcs compte actuellement 111 géoparcs répartis dans 30 pays, dont deux en Amérique du Nord : le géoparc de Stonehammer au Nouveau-Brunswick, créé en 2009, et le géoparc de Tumbler Ridge en Colombie-Britannique. Plusieurs projets sont en cours au Canada, dont cinq au Québec : Charlevoix, Haute-Gaspésie, Percé, Anticosti et Saguenay.

Cumulats ophiolitiques de King Mountain, Terrane de Cache Creek, Colombie-Britannique – Résultats préliminaires

ANNE-SOPHIE CORRIVEAU (INRS-ETE), JEAN H. BÉDARD (CGC-Q), ALEXANDRE ZAGOREVSKI (CGC-O) ET MARC RICHER-LAFLÈCHE (INRS-ETE)

Le Terrane de Cache Creek s'étend du nord au sud de la Colombie-Britannique, sur près de 1 300 km. Ce vaste terrane comprend, entre autres, des complexes mafiques et ultramafiques, des calcaires et des cherts marins. Cet assemblage a longtemps été considéré comme celui d'une chaîne de volcans sous-marins ou d'un plateau océanique. Or, la géochimie de la plupart des laves et des roches hypabissales, l'abondance d'harzburgites mantelliques et la juxtaposition de fragments démembrés de croûte au manteau suggèrent un contexte de *core complex* d'arrière-arc. Dans le cadre de la reconstruction de l'environnement géodynamique du terrane de Cache Creek orchestrée par le projet GEM2 de Ressources naturelles Canada, une attention particulière sera portée à la séquence litée de cumulats ophiolitiques de King Mountain, où une section dans la croûte inférieure est bien préservée et exposée. L'analyse des variations dans la séquence litée au niveau des textures, de la minéralogie, de la géochimie et de la thermométrie permettra d'en préciser le contexte tectono-magmatique. À cette fin, une section continue d'environ 350 m a été échantillonnée. La séquence de cumulats est formée de lits décimétriques et majoritairement isomodaux de composition gabbroïque à noritique. À des intervalles de 1 à 2 m se trouvent des lits gabbroïques contenant de 2 à 10 % de sulfures riches en fer, y compris de la pyrrhotite. La foliation minérale est généralement parallèle au litage. Des charnières de plis isoclinaux ainsi que des lits boudinés sont observés, impliquant une forte déformation plastique à haute température. La présence de dykes de basalte à trondhjémite plissés à des degrés variables indique que cette déformation est synmagmatique. Des veines d'hornblendite sont boudinées et transposées dans la foliation gabbroïque pour créer un gabbro à lentille de hornblende. L'ensemble de l'affleurement est sillonné de veines tardives de trondhjémite avec, localement, des corridors métriques de bréchification où la hornblende s'incorpore à la roche encaissante. L'absence d'olivine et l'uniformité des lithologies suggèrent une chambre magmatique à l'état stable (*steady-state*). Dans cette optique, les lits enrichis en sulfures reflètent-ils l'atteinte répétée du point de saturation en soufre ou sont-ils le fruit d'injections de fluides tardifs? Le cas échéant, y aurait-il un lien avec le système hydrothermal d'où proviennent les veines de hornblende et de trondhjémite?

Intégration et interprétation des informations tridimensionnelles pour les gisements de métaux de base, de métaux précieux et de terres rares

LI ZHEN CHENG, BAHMAN ABBASSI (UQAT)
ET PIERRE MARTZ (UNIVERSITÉ DE LORRAINE, FRANCE)

À travers les interprétations tridimensionnelles sur trois types de minéralisation, nous démontrons que certaines anomalies géophysiques peuvent révéler la présence de ressources minérales, que certaines donnent plutôt des indications structurales alors que d'autres aident à comprendre un contexte géologique. Une intégration des informations de sources multiples (géophysique, géologie et géochimie) est essentielle et nous permet une interprétation plus réaliste.

Le dépôt des sulfures massifs d'Iso se trouve près du contact entre des roches volcaniques felsiques (rhyolite) et des roches mafiques (andésite). Il se compose de grains fins de pyrite-sphalérite-chalcoppyrite massives, avec des quantités mineures de galène, de magnétite, d'argent et d'or. En nous basant sur une forte anomalie électromagnétique et gravimétrique au-dessus du dépôt, nous avons pu reconnaître, à partir d'inversions 3D, la zone économique (riche en Cu) et la partie principale de la minéralisation. Le modèle physique coïncide parfaitement avec le modèle géologique connu.

Le dépôt Newton est une minéralisation Au-Ag de type épithermal associée à des intrusions felsiques dans un terrain volcano-sédimentaire. La minéralisation aurifère se présente sous forme disséminée de pyrite et de marcasite dans des veines quartz-séricite (zone phyllique). Une série de modélisations 3D (magnétique, conductivité et chargeabilité) démontre que les anomalies géophysiques réfèrent à différentes sources. L'intégration des résultats avec des mesures de propriétés physiques soutient l'hypothèse qu'il y a un système porphyrique sous-jacent à la minéralisation, au-dessous du dépôt Newton.

Le complexe alcalin-carbonatitique de Montviel contient une minéralisation en ETR et Nb qui est disséminée dans la calciocarbonatite et la ferrocronatite, au cœur de l'intrusion alcaline. Trois inversions (non contraintes) de données magnétiques à différentes échelles (régionale, de l'intrusion et du cœur carbonatitique de l'intrusion) ont été effectuées. Les résultats illustrent clairement des structures verticales et le contexte géologique de Montviel.

Études audiomagnétotellurique et pétrophysique du gîte de sulfures massifs Champagne

MARC RICHER-LAFLÈCHE (INRS-ETE) ET DANY BOILARD
(GOLDEN HOPE MINES ET EXPLORATION DANY BOILARD)

Nous vous présentons les résultats d'une étude audiomagnétotellurique (AMT) et pétrophysique réalisée en 2013-2014 dans le secteur du gîte Champagne (Saint-Magloire de Bellechasse), étude qui avait pour but de préciser la nature de puissantes anomalies de haute conductivité électrique détectées par un levé héliporté de type VTEM (levé TDEM).

Le gîte de sulfures massifs Champagne de Golden Hope Mines est un gîte de type hybride montrant certaines caractéristiques propres aux gîtes de type Sedex et d'autres propres aux gîtes de type SMV. Il est encaissé dans les roches du Groupe de Magog, plus spécifiquement près de la base de la Formation de Beauceville (Paradis *et al.*, 1995). Les ressources historiques du gîte Champagne seraient de l'ordre de 250 000 tonnes à des teneurs de 2,7 % Zn, 0,45 % Pb, 0,4 % Cu, 4 g/t Au et 19,7 g/t Ag (Bergman, 1954). Les sulfures massifs comprennent principalement de la pyrite, un peu de pyrrhotite ainsi que des proportions variables de sphalérite, de chalcoppyrite et de galène.

La présence de failles, d'unités d'argilites et de bandes de roches riches en matières organiques (graphite) complique l'interprétation des unités géoélectriques. Les principaux conducteurs déterminés lors du levé VTEM sont de type formationnel et l'inversion de ces données génère des modèles irréalistes ne reflétant aucunement les caractéristiques géologiques du terrain (pendage, stratigraphie). L'inversion des données AMT de haute résolution permet de générer une imagerie de la résistivité électrique du terrain reflétant les principaux contrastes lithologiques entre les volcanoclastites, les shales, les dykes dioritiques et les sulfures massifs.

Les données pétrophysiques montrent que les sulfures massifs de Champagne ont une très faible résistivité électrique (1,55 +/- 0,32 Ω m), mais une très forte chargeabilité électrique (441 +/- 102 mV/V). Les unités de shales-mudstones organiques, en partie responsables des anomalies formationnelles (fortes valeurs de conductivité électrique régionale), ont une résistivité de l'ordre de 130 Ω m et une chargeabilité de 97 mV/V. Les dykes mafiques et les volcanoclastites montrent des valeurs de résistivité électrique élevées de 3 758 et 5 042 Ω m respectivement et de faibles valeurs de chargeabilité électrique (10 et 26 mV/V). Ces contrastes électriques de plusieurs ordres de magnitude permettent de bien distinguer les différentes unités géologiques associées au gîte Champagne.

Assurance et contrôle de la qualité (QA/QC) des analyses géochimiques

MARIE-FRANCE BEAULIEU, GUILLAUME ALLARD
ET PATRICE ROY (MERN)

Le système d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité (QA/QC) permet d'estimer la justesse et la précision ainsi que de diminuer l'erreur associée aux processus d'analyses. Compte tenu du travail et des coûts engendrés lors des campagnes de cartographie du BCGQ, l'implantation d'un système de QA/QC fiable représente un investissement mineur garantissant un certain niveau de qualité des données.

Le processus de QA/QC comporte deux étapes principales. La première étape, avant l'analyse, consiste en l'insertion systématique d'échantillons de contrôle et en des procédures d'échantillonnage conformes. La seconde étape, après l'analyse, est la vérification de la liste des résultats : déceler toute anomalie; s'assurer que tous les échantillons ont été traités et qu'ils n'ont pas été mélangés; et vérifier que les valeurs sont justes et précises.

Lors de la première étape, avant l'analyse, l'utilisation de blancs, de matériaux de référence (standards) et de duplicatas, est une mesure de contrôle incontournable pour s'assurer de la qualité analytique des données. Leur insertion doit être systématique dès le début de la cueillette d'échantillons. Leur taux combiné doit représenter au minimum 10 % du nombre total des échantillons, soit environ de 2 à 5 % pour les blancs et les matériaux de référence, et au minimum 5 % pour les duplicatas. Le traitement des valeurs obtenues pour ces échantillons permet de déceler la présence de contamination, une mauvaise calibration ou un biais analytique. Il sera aussi possible d'établir la représentativité et la répétabilité des valeurs analytiques. L'utilisation de 3 à 7 matériaux de référence certifiés représentatifs de la lithologie et similaires aux teneurs escomptées est recommandée. Une alternance de matériaux de référence commerciaux (CRM) et de matériaux de référence internes (*Matrix-matched*) permet d'obtenir une bonne précision et de réduire les coûts.

Lors de la seconde étape, après l'analyse, la vérification des échantillons de contrôle devrait être appliquée systématiquement pour toutes analyses géochimiques. De plus, un système de QA/QC peut être bonifié par plusieurs actions, y compris la vérification des valeurs du système de contrôle interne du laboratoire. La vérification des pulpes et des rejets, la réanalyse des échantillons à haute teneur, l'utilisation des bilans de masse, la compatibilité des teneurs des différents éléments selon le type de roche analysé et les différents rapports d'élément sont également de bons indices de la validité des résultats.

Un système de QA/QC est inutile s'il n'est pas vérifié comme il se doit et si aucune action corrective n'est appliquée en fonction des erreurs détectées. Lorsque qu'un problème analytique survient, plusieurs correctifs peuvent résoudre le problème, notamment l'augmentation de la masse de l'échantillon, la réduction de la taille des particules, une meilleure séparation, la modification de la méthode d'homogénéisation des pulpes, de fusion, de digestion et/ou d'analyse sont quelques exemples d'actions correctives qui peuvent réduire grandement les problèmes d'analyse.

Acceptabilité sociale : définition, facteurs et autres pistes de réflexion

VÉRONIQUE YELLE (MERN)

L'acceptabilité sociale est au cœur de la réussite et de la durabilité des projets miniers. La faisabilité des projets sur les plans technique et économique ne suffit plus, ceux-ci doivent aussi être faisables socialement. Qu'est-ce que l'acceptabilité sociale? Comment la définit-on? Quels sont les facteurs qui l'influencent? Et qui doit-on prendre en compte?

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*

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

CPESI : Corporation de protection de l'environnement de Sept-Îles

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

CRÉ : Conférence régionale des élus

CRÉBJ : Conférence régionale des élus de la Baie-James

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-d'œuvre 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

FQRNT : Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies

GC-DLG : Géomatique Canada - Division des levés géodésiques

GC-GSD: Geomatic Canada - Geodesic Survey Division

GEOTOP UQAM-McGILL : Centre de recherche en géochimie et en géodynamique de l'Université du Québec à Montréal et de 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 : Institut national de la recherche scientifique

INRS-ETE : Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau, Terre et Environnement

IRME : Institut de recherche en mines et en environnement

LAGAGE : Laboratoire de Géologie appliquée et Géo-Environnement

LERME : Laboratoire d'études des ressources minérales et énergétiques

MDDELCC : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques

MERC: Mineral Exploration Research Centre

MERN : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles

MISA : Mines, innovations, solutions et applications

MPMPS: Mineral potential maps production system

NRC: National Research Council Canada

NTS: National Topographic Series

OGS: Ontario Geological Survey

PDAC: Prospectors and Developers Association of Canada

SPCPM : Système de production des cartes de potentiel minéral (MRN)

UL : Université Laval

UQAC : Université du Québec à Chicoutimi

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



Énergie et Ressources
naturelles

Québec

